

## الباب الثالث

### التراكيب الثانوية في الصخور

#### الفصل الخامس

#### الطيات والفوالق والفواصل

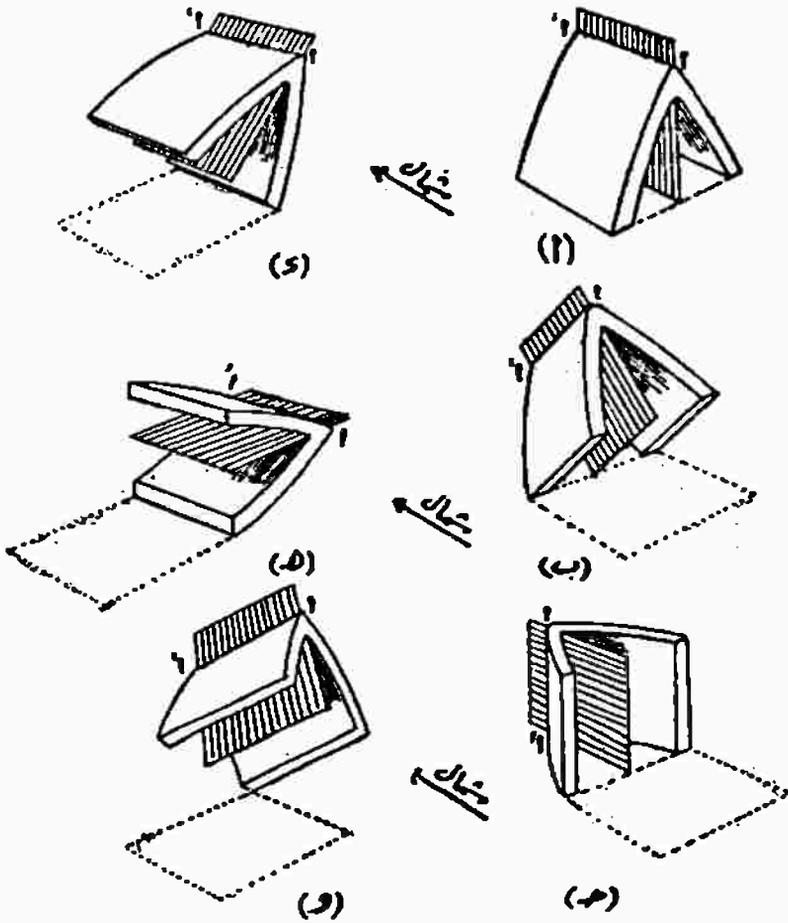
يمكن تقسيم التراكيب الثانوية الهامة في الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :  
أولاً - الطيات (Folds) ثانياً - الفوالق (Faults) ثالثاً - الفواصل (Joints)

#### أولاً - الطيات

الطيات هي ثنيات وتموجات في صخور القشرة الأرضية ، وتوجد هذه التراكيب بصفة خاصة في التكاوين الطبقيّة مثل الصخور الرسوبية والبركانية والصخور المتحولة الناتجة عنها . كذلك قد توجد الطيات في بعض الصخور التارية التي على شكل جدد أو ألواح .

#### أجزاء الطية

١ - مستوى محور الطية (Axial Plane) أو سطح محور الطية: هو ذلك المستوى أو السطح الذي يقسم الطية إلى قسمين متماثلين تقريباً . وفي بعض الطيات يكون مستوى المحور رأسياً كما في الشكل (٨٨ - أ ، ب ، ج) وفي غيرها يكون مائلاً كما في شكل (٨٨ - د ، و) ، بينما في البعض الآخر



(شكل ٨٨)

بعض المتجهات المختلفة لمحاور ومستويات محاور الطيات  
١-٦ = المحور . الأجزاء المخططة تدل على مستويات المحور

يكون مستوى محور الطية أفقياً كما في شكل (٨٨ - هـ) وبالرغم من أن مستوى المحور في كثير من الطيات يكون عادة تام الاستواء ، إلا أنه في بعض الأحيان يكون سطحاً محدباً أو مقعراً . ويتحدد اتجاه مستوى محور الطية بخطوط المنحرف (التي هي عبارة عن خطوط تصويرية ناتجة عن تقاطع مستوى

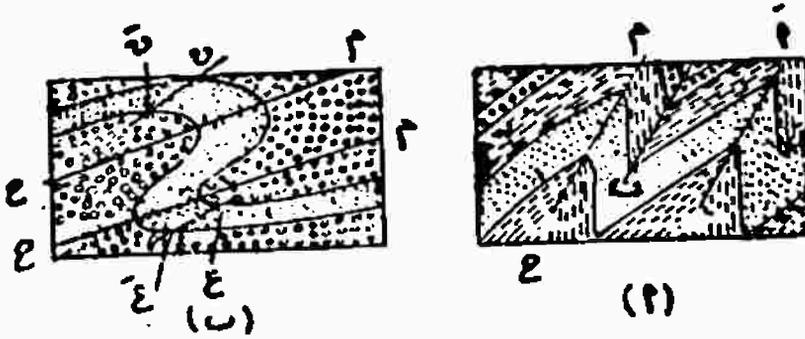
المحور مع المستوى الأفقى ) ومقدار واتجاه الميل ، وفى شكل ( ٨٨ ) يشير اتجاه الشمال ناحية الركن العلوى من اليد اليسرى أما فى الشكل ( ٨٨-ب، ج ) فإن مستوى محور الطية تنجّه خطوط مضرّبة إلى الشمال بينما ميله فى وضع رأسى . وفى الشكل ( ٨٨-د ) فإن مستوى المحور تنجّه خطوط مضرّبه إلى الشمال ، بينما تميل بمقدار ٤٥ درجة ناحية الغرب . ويتضح من الشكل ( ٨٨-و ) أن مستوى المحور تنجّه خطوط مضرّبه إلى الشمال ، بينما تميل بمقدار ٦٠ درجة ناحية الغرب ، ويظهر من الشكل ( ٨٨-هـ ) أن مستوى محور الطية فى وضع أفقى . وإذا كان مستوى المحور سطحاً محدباً أو مقعراً فإن الميل أو خطوط المضرّب أو كليهما قد يختلف وضعهما من مكان لآخر .

٢- محور الطية : (Axis) هو تقاطع مستوى المحور مع أى طبقة من الطبقات المكوّنة للطية ، وهذا التقاطع عبارة عن خط ، وفى الشكل ( ٨٨ ) يمثل الخط ١-٢ محور الطية ومن البدينى وجود محور لكل طبقة ، كما أنه يوجد لكل طية عدد لا حصر له من المحاور . وحيث إن هذه المحاور تكون عادة متوازية ، لذلك يكون محور واحد كافياً لتحديد اتجاه الطية . وفى بعض الطيات، مثل الطيات البسيطة ، تكون المحاور أفقية كما فى شكل ( ٨٨-د، هـ ) بينما فى بعض الطيات الأخرى ، مثل الطيات الغاطسة ، تكون المحاور مائلة كما فى شكل ( ٨٨-ب، و ) ، وأحياناً تكون محاور بعض الطيات رأسية كما فى شكل ( ٨٨-ج )

٣- جناحا الطية (Limbs) : يعرف جانبا الطية بالجناحين ، ويمتد جناح الطية من مستوى المحور لطية معينة إلى مستوى محور الطية التالية . فعلى سبيل المثال فى الشكل ( ٨٩-١ ) يمثل الخط ( اب ) جناح الطية ، ويمكن اعتباره إما الجناح الغربى للطية المحدية ، أو الجناح الشرقى للطية المقعرة المجاورة ، أى أن كل جناح يكون مشتركاً بين طيتين متجاورتين .

٤ - قمة الخطبة (Crest) وخط القمة ومستوى القمة: بالرغم من أنه في أغلب الأحيان يقع محور الطية في أعلى نقطة لها كما في شكل (٨٩-١) ، إلا أن ذلك ليس ضرورياً ، فمثلاً في الشكل (٨٩-٢) يلاحظ أن الخط م-ح يمثل مستوى المحور ، بينما الخط ق-ق' يمثل أعلى نقطتين على الطية المحدبة وتسمى هاتان النقطتان بالقمة أو الهامة . ويسمى الخط الواصل بين أعلى نقط على سطح الطية المحدبة لطبقة ما في عدد لا حصر له من القطاعات الرأسية بخط القمة (Crest line) ، ومن الواضح أنه يوجد خط قمة لكل طبقة على حدة ويسمى المستوى أو السطح الذي يحتوي على جميع خطوط القمة للطبقات المكونة للطية بمستوى القمة (Crest plane) والذي يمثله الخط ق-ق' في الشكل (٨٩-٢) .

ومعظم الدراسات الجيولوجية لا تهتم كثيراً بالتمييز بين القمة والمحور أو بين مستوى القمة ومستوى المحور لأن هذا التمييز ليس له أهمية إلا من الناحية الأكاديمية . ولكن في حالة دراسة تجمعات البترول والغاز الطبيعي في تراكيب الطيات المحدبة يصبح التمييز بين مستوى القمة ومستوى المحور أمراً بالغ الأهمية ، وذلك لأن تجمعات البترول والغاز الطبيعي في بعض الطيات المحدبة



(شكل ٨٩)

أجزاء الطية

م-ح = مستوى المحور . ا-ب = جناح الطية

ق-ق' = مستوى القمة - ع-ع' = مستوى القاع

يتحدد موضعها في مستوى القمة دون التقييد بالمحور ومستوى المحور ، و معظم حقول البترول ينطبق عادة مستوى المحور على مستوى القمة للطيات المحدبة.

٥ - قاع الطية (Trough) وخط القاع ومستوى القاع : قاع الطية هو النقطة التي تمر بأدنى منسوب للطية المقعرة ، ويوجد قاع لكل طبقة من الطبقات المكونة للطية المقعرة كما في شكل (٨٨ - ب) ، والخط الواصل بين نقط القاع في عدد لا حصر له من القطاعات الرأسية للطبقة يسمى بخط القاع (Trough line) ، أما المستوى الذي تقع عليه خطوط قيعان الطبقات المكونة للطية فيسمى مستوى القاع (Trough plane)

٦ - طول الطية (Length) : هو مقدار امتدادها على طول خطوط مضرب طبقات الطية ويختلف الطول اختلافاً كبيراً وقد يصل إلى عشرات أو مئات من الكيلومترات .

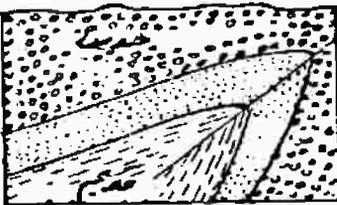
٧ - عرض الطية (Width) : تسمى المسافة بين قمتين متتاليتين بعرض الطية المقعرة ، بينما تعرف المسافة بين قاعين متتالين بعرض الطية المحدبة ، أما عرض الطية فهو يعادل مرة ونصف عرض الطية المحدبة أو المقعرة ، ويتفاوت عرض بعض الطيات من عدة كيلومترات إلى بضعة مئتمترات ، وأحياناً تغطي الطيات مساحات شاسعة وفي هذه الحالة يصل عرضها لعشرات الكيلومترات .

## تصنيف الطيات

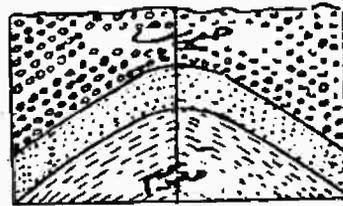
يعتمد تصنيف الطيات أساساً على مظهرها أو شكلها في القطاعات الرأسية المتعامدة على خطوط مضرب الطية . وتصنيف الطيات طبقاً لشكلها في القطاعات الرأسية يعتمد على اتجاهات مستوى محور الطية ، واتجاهات أجنحتها وفيما يلي وصف موجز للأنواع المختلفة الهامة من الطيات .

## ١ - طية محدبة (Anticline) . . . . .

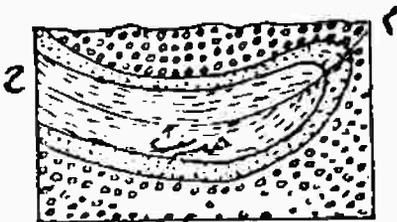
هي طية يميل جناحها عادة إلى الخارج بعيداً عن مستوى محور الطية كما في شكل (٩٠-١) ، وفي بعض الطيات المحدبة يميل الجناحان في وضع أفقي كما في شكل (٩٠-٢) وفي هذه الحالة يكون مستوى المحور أفقياً وتسمى بالطية المحدبة المضطجعة (Recumbent Anticline) وهناك بعض الطيات المحدبة المعقدة التركيب كما في شكل (٩٠-٣) وعندما يتآكل السطح العلوي لطية محدبة تشتمل على مجموعة من الطبقات ، فإنه يظهر عادة في مركز الطية الطبقات الأقدم عمراً ، بينما يظهر على الجانبين الطبقات الأحدث عمراً . والطيات المحدبة ذات أهمية كبيرة كخزانات طبيعية للبتروكيمياويات والغاز الطبيعي ، وخاصة إذا كانت هذه التراكيب مغلقة وتشتمل على صخور ذات مسامية عالية مثل الصخور الرملية ، أو تحتوي على فجوات كبيرة مثل الصخور الجيرية والدولوميتية . وإذا كانت هذه التراكيب كبيرة وظاهرة



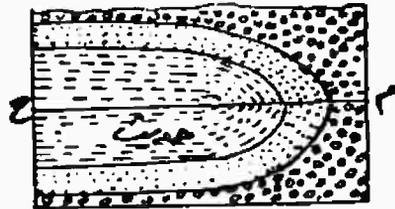
(أ)



(ب)



(ج)

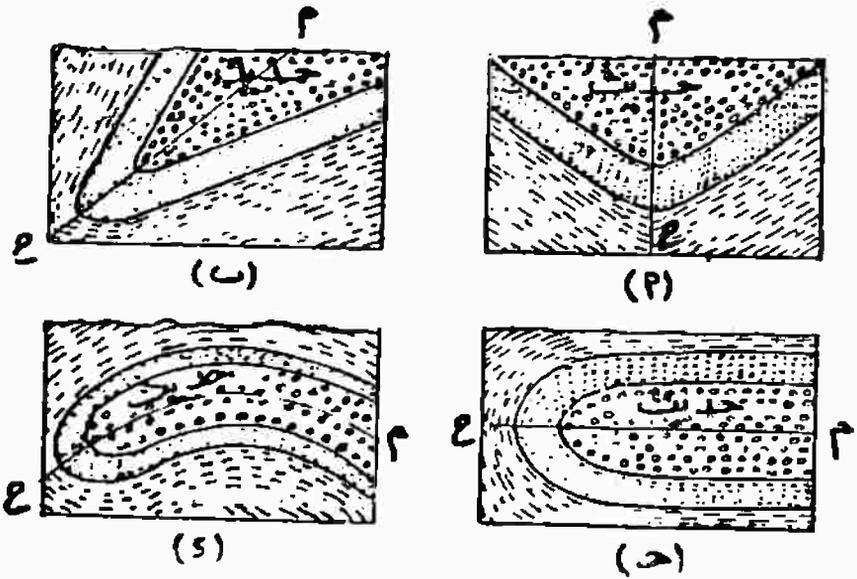


(د)

(شكل ٩٠)

بعض أنواع الطيات المحدبة (انتكلين)

(مح = مستوى المحور)



(شكل ٩١)  
 بعض أنواع الطيات المقعرة (سينكلين)  
 م ح = مستوى المحور

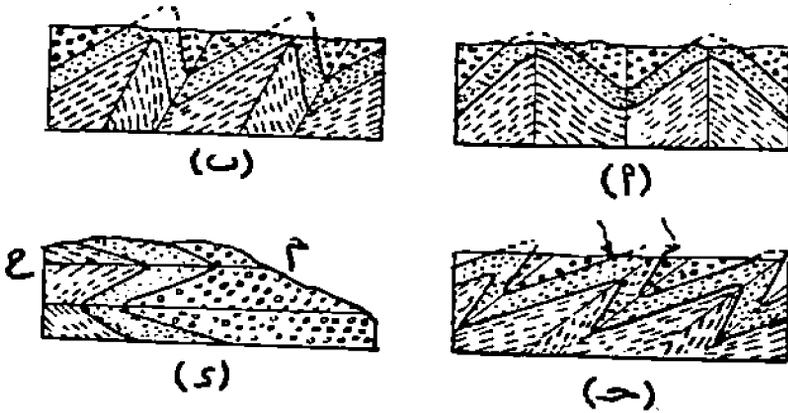
على سطح الأرض فإنه يمكن تحديدها بالمساحة الجيولوجية الدقيقة أو من الصور الجوية ، أما إذا كانت التراكيب مدفونة تحت صخور أخرى فإنه يمكن عادة الكشف عنها بالطرق الجيوفيزيقية .

٢ - طية مقعرة . . . . . (Syncline)

هي طية يميل جناحها عادة إلى الداخل في اتجاه مستوى محور الطية كما في شكل (٩١-١) ، وفي بعض الطيات المقعرة يميل الجناحان في اتجاه واحد كما في شكل (٩١-ب) وأحياناً يكون الجناحان في وضع أفقي كما في شكل (٩١-ج) وفي هذه الحالة يكون مستوى المحور أفقياً وتسمى بالطية المقعرة المضطجعة وعندما تتعرض الطية المقعرة لعوامل التجوية فإنه يظهر عادة في مركزها الطبقات الأحدث عمراً ، بينما يظهر على جانبيها الطبقات الأقدم عمراً .

٣ - طية متماثلة وطيّة غير متماثلة: (Symmetrical and asymmetrical fold):  
 الطية المتماثلة هي تلك التي يكون مستوى محورها رأسياً ويمثل جناحاها في  
 اتجاهين متضادين بزوايا متماثلة ، ويكون الجناحان متساويان في الطول كما في  
 شكل (٩٢-١) .

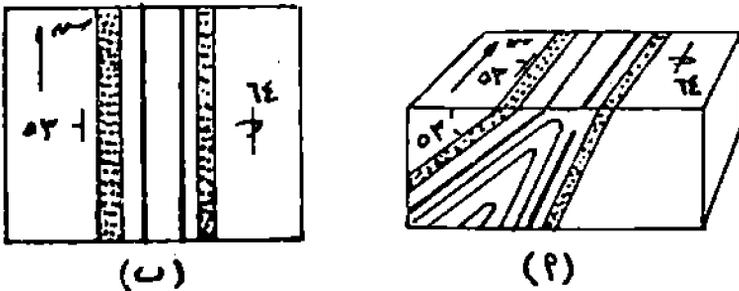
أما الطية غير المتماثلة فيكون مستوى محورها مائلا ويميل جناحاها في  
 اتجاهين متضادين بزوايا متماثلة كما أن الجناحين قد يختلفان في الطول  
 كما في شكل (٩٢-ب) .



(شكل ٩٢)

بعض أنواع الطيات

- (١) طية متماثلة .
- (ب) طية غير متماثلة .
- (٢) طية متكئة .
- (د) طية منطجة .



(شكل ٩٣)

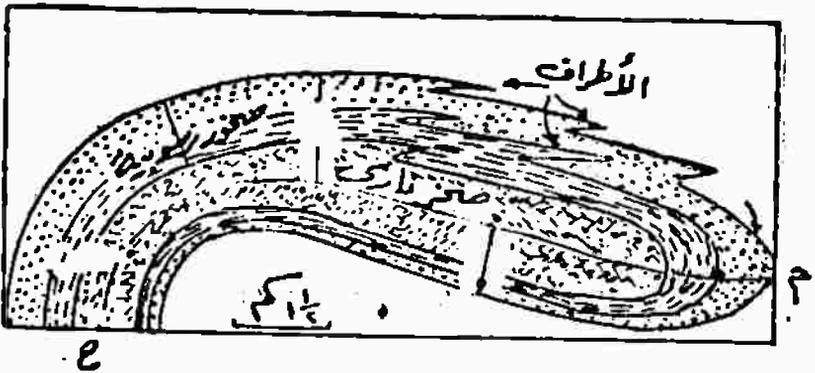
علامات الميل والضرب في حالة طية متكئة  
 (١) شكل مجسم . (ب) الخريطة

## ٤ - طية متكئة (Overturned fold) . . . . .

هي طية يكون مستوى محورها مائلاً ويميل جناحها في نفس الاتجاه بزوايا تكون عادة غير متساوية كما في شكل (٩٢ - ح). وجناح الطية المعكوس هو ذلك الذراع الذي تعرض لدوران أكبر من ٩٠ درجة حتى يصبح في وضعه الحالي . وفي الخرائط الجيولوجية الحديثة تستخدم إشارات خاصة تدل على خطوط مضرب واتجاهات ومقدار ميل الطبقات لتوضيح الطيات المتكئة في شكل (٩٣) .

## ٥ - طية مضطجعة (Recumbent Fold) . . . . .

هي طية يكاد يكون مستوى محورها أفقياً كما في شكل (٩٢ - د) ويوجد هذا النوع من الطيات على نطاق كبير في جبال الألب . وتسمى أجزاء الطية المضطجعة بمصطلحات معينة كما في شكل (٩٤) ، وتكون الطبقات في الجناح المقلوب عادة أقل سمكاً من الطبقات المائلة في الجناح العادي ، والقوس المنحني هو ذلك الجزء المنحني من الطية المحصور بين الذراع المقلوب والذراع العادي . وكثير من الطيات المضطجعة في جبال الألب تحتوى على صخور متبلورة من حقبة الحياة القديمة في مركزها ، وتغلفها

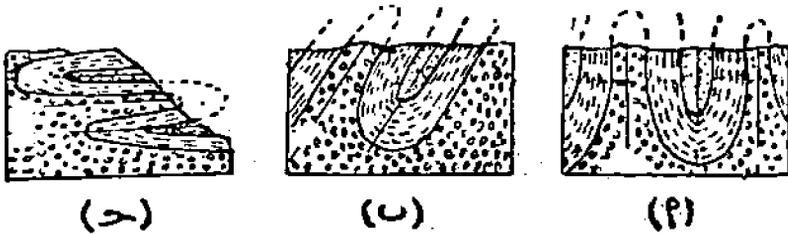


(شكل ٩٤)  
طية مضطجعة محببة

صخور من حقب الحياة المتوسطة ، وبذلك يوجد مركز ظاهر من الصخور المتبلورة بداخل قشرة من الصخور الرسوبية . وفي حالة الطية المضطجعة التي تتكون من نوع واحد من الصخور ، فإنه يستخدم أيضاً التعبيران المركز والقشرة للدلالة على الأجزاء الداخلية والخارجية من الطية على الترتيب . وكثير من الطيات المضطجعة ترتبط بها طيات محدبة مضطجعة إضافية على شكل نتوءات صغيرة تسمى بالأطراف . (Digitations)

٦ - طية متساوية الميل . . . . . (Isoclinal fold)

هي طية يتماثل جناحها في اتجاه ومقدار زاوية الميل ، وتسمى طية رأسية متساوية الميل إذا كان مستوى المحور رأسياً . وعندما يتعرض هذا النوع من الطيات لعوامل التعرية ، وتتآكل الأجزاء العلوية للطية ، تظهر أجنحتها على شكل طبقات متكررة ذات ميل كبير وقد تكون رأسية كما في شكل (٩٥ - ١) . والطية المتكئة متساوية الميل هي طية يكون مستوى محورها مائلا كما في شكل (٩٥ - ب) أما الطية المضطجعة متساوية الميل فإن مستوى محورها يكاد يكون أفقياً كما في الشكل (٩٥ > ) .



(شكل ٩٥)

طية متساوية الميل

(١) طية متساوية . (ب) طية غير متساوية

٧ - طية مستتة . . . . . (Chevron fold)

بالرغم من أن معظم الطيات تنحرف قليلا إلى أعلى في حالة الطيات

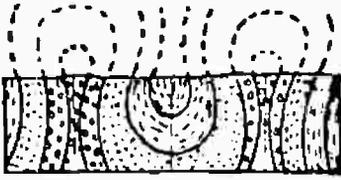
المحدبة ، وإلى أسفل في الطيات المقعرة ، إلا أنه قد تتقابل فيها أجنحتها بزوايا حادة عند القمة والقاع وبذلك يتخذ قطاعها الرأسي شكل الخط المتعرج بزوايا حادة ويسمى هذا النوع بالطيات المستنة كما في شكل (٩٦ - ١) وتنشأ هذه الطيات من إجهادات القص في طبقات متجانسة أو نتيجة تعرض صخور ذات لدونة عالية لضغوط شديدة .

#### ٨ - طية مروحية الشكل ..... (Fan fold)

هي طية تشبه في قطاعها الرأسي شكل المروحة ، وفي حالة الطية المحدبة مروحية الشكل يميل الجناحان في اتجاهين متضادين إلى الداخل ناحية مستوى المحور كما في شكل (٩٥ - ب) وذلك على عكس اتجاهات ميل الجناحين للطية المحدبة العادية . ومن الناحية الأخرى ، فإن الطية المقعرة مروحية الشكل يميل جناحاها في اتجاهين متضادين إلى الخارج بعيداً عن مستوى المحور وذلك على عكس الطية المقعرة العادية . وهذا النوع من الطيات ليس شائع الوجود .

#### ٩ - طية وحيدة الميل ..... (Monocline)

في المناطق التي تنتشر بها الهضاب (مرتفعات سطحها العلوى منبسط) حيث تكون الطبقات أفقية أو مائلة بزوايا صغيرة جداً ، قد تنشئ الطبقات على نطاق محلي ويصبح ميلها كبيراً مكونة طية وحيدة الميل كما في شكل (٩٦ - ج) . وفي هذا النوع من الطيات قد تميل الطبقات بزوايا متفاوتة من درجات قليلة إلى ٩٠ درجة ، كما قد يختلف ارتفاع نفس الطبقة على جانبي الطية من مئات إلى آلاف الأمتار . وفي نفس الوقت قد يختلف معدل ميل الطبقة من مكان لآخر كما قد تتكرر الطية لمسافات قصيرة ثم تختفي ثانية .



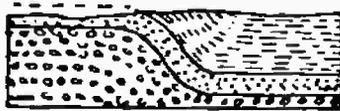
(ب)



(٢)



(د)



(٣)

(شكل ٩٦)

(ب) طية مروحية

(١) طية سننة

(د) طية مصطية

(٣) طية وحيطة الميل

## ١٠ - طية مصطية (Structural terrace) . . . . .

تنشأ هذه الطية عندما ينشوه قطاع محدود من طبقات مائلة بزاوية كبيرة ليصبح في وضع يكاد يكون أفقياً كما في شكل (٩٦-د) ويوجد هذا النوع من التراكيب عادة بالمناطق التي تعرضت لإجهادات قص ذات شدة متوسطة ، وهذه الطيات ذات أهمية خاصة لأنها تراكيب مناسبة للتجمعات الاقتصادية للبتروول والغاز الطبيعي .

## ١١ - الميل الإقليمي (Regional dip) . . . . .

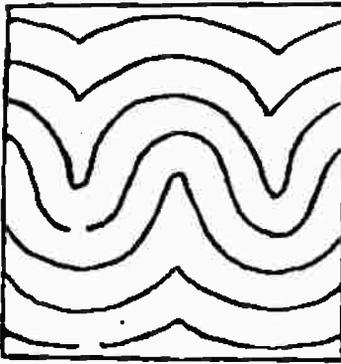
يوجد الميل الإقليمي بالمناطق التي تغطي برواسب ذات امتداد شاسع وميل متوسط في اتجاه واحد على نطاق إقليمي كبير ، وهذه الرواسب قد يوجد عليها كثير من الطيات التي كانت موجودة قبل ميل الطبقات على للنطاق الإقليمي ، أو التي تكونت بفعل الضغوط التي أدت إلى نشأة الميل الإقليمي . وهذه التراكيب ذات انتشار واسع ولها أهمية كبيرة كمصادر للبتروول والغاز الطبيعي في مناطق كثيرة بأحاء العالم .

## ١٢ - طية مطبقة . . . . . (Closed or tight folds)

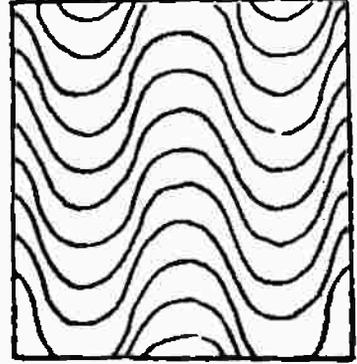
هي طية تقارب جناحاها وقد يصل هذا التقارب إلى حد التوازي ، وهذا النوع من الطيات يكون التشوه فيها شديداً لدرجة تؤدي إلى انسياب بعض الطبقات الضعيفة ، وينشأ عن ذلك زيادة في سمك الطبقات عند القمة أو عند القاع كما في شكل ( ٩٧ ) وهناك نوعان من الطيات المطبقة هما :

أ - الطيات المطبقة التي تكون قممها أكثر سمكاً من كل من القاع والجناحين ويعرف هذا النوع بالطيات المتشابهة (Similar folds) كما في شكل (٩٧-أ)

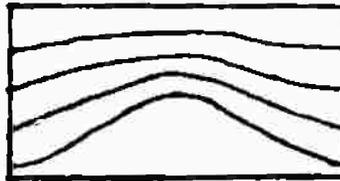
ب - الطيات المطبقة التي يكون قاعها أكثر سمكاً من كل القمة والجناحين ويسمى هذا النوع بالطيات المترققة (Supratenuous folds) كما في



(أ)



(ب)



(ج)

(شكل ٩٧)

(أ) طية متشابهة (ب) طية متوازية

(ج) طية مترققة

شكل (٩٧ - ج) وجدير بالذكر أنه إذا كانت الصخور المكونة لمجموعة من الطيات متشابهة في سلوكها الميكانيكى ، فإنها عندما تتعرض للضغوط الشديدة فإنها تتجمع دون أن يصحب ذلك انسياب لبعض الطبقات ، ويتبع عن ذلك أن يكون سمك الطبقات متساوياً في جميع أجزاء الطية التي تسمى في هذه الحالة بالطيات المفتوحة أو المتوازية (Open or parallel folds) كما في شكل (٩٧ - ب) .

### ١٣ - طية انزلاقية . . . . . (Drag folds)

إذا تواجدت طبقة ضعيفة (Incompetent) مثل الصلصال أو الطين الصفحي محصورة بين طبقتين من الصخور القوية (Competent) مثل الصخور الرملية ثم تعرضت هذه المجموعة من الصخور لإجهادات قص فإن الصخور الضعيفة تنشأ بها طيات عديدة صغيرة الحجم ومعقدة الشكل وتسمى بالطيات الانزلاقية كما في شكل (٩٨) وتميل المستويات المحورية لهذه الطيات بزاوية حادة على مستوى التطاق للصخور القوية . وهذه الطيات أكثر وضوحاً على أجنحة الطيات الكبيرة نتيجة لانزلاق الطبقات الواحدة وراء الأخرى ، وكذلك تنشأ الطيات الانزلاقية في أسفل الكتل الصخرية المندفعة فوق سطح القوالت المعكوسة . ويتضح من شكل (٩٨) أنه إذا تصورنا



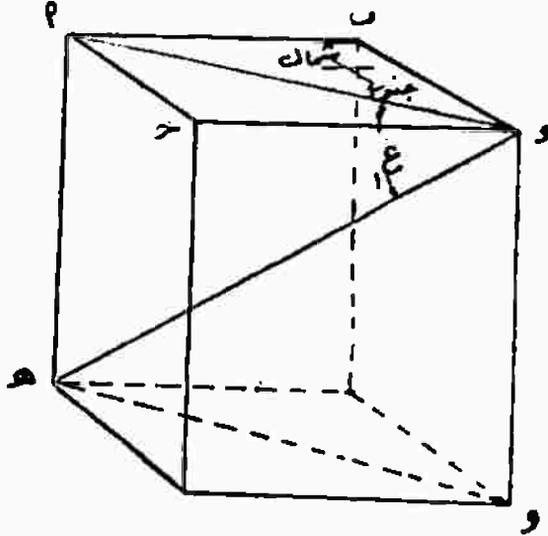
(شكل ٩٨)

طيات انزلاقية ناشئة بمعدل القصر وانزلاق الطبقات الواحدة وراء الأخرى

دائرة في الصخور الضعيفة تشوهت إلى شكل بيضاوي فإننا نجد أن آثار مستويات محور الطيات الانزلاقية تكون موازية للمحور الطويل للشكل البيضاوي كما أن الزوايا الحادة المحصورة بين مستويات المحور للطيات الانزلاقية ومستويات التطابق الرئيسية تشير إلى اتجاه الحركات التفاضلية .

١٤ - طية غاطسة أو منحدرة . . . . . (Plunging fold) هي طية يميل فيها محور الطي عن المستوى الأفقي . وفي بعض الطيات يكون محور الطي أفقياً كما في شكل ( ٨٨ - ١ ، ٥ ، ٥ ) بينما في أنواع أخرى يكون المحور مائلاً كما في شكل ( ٨٨ - ب ، ج - و ) ويتحدد اتجاه محور الطية بمقياسين هما أثر المستوى الرأسى المار بالمحور على المستوى الأفقي والزاوية المحصورة بين المحور وأثر هذا المستوى كما في شكل ( ٩٩ ) .

ويتضح من شكل ( ٩٩ ) أن الخط ( ا د ) يتجه ناحية شمال غرب ، وبالتالي فإن نفس اتجاه المسقط الأفقي للخط ( هـ د ) . وزاوية انحدار



( شكل ٩٩ )

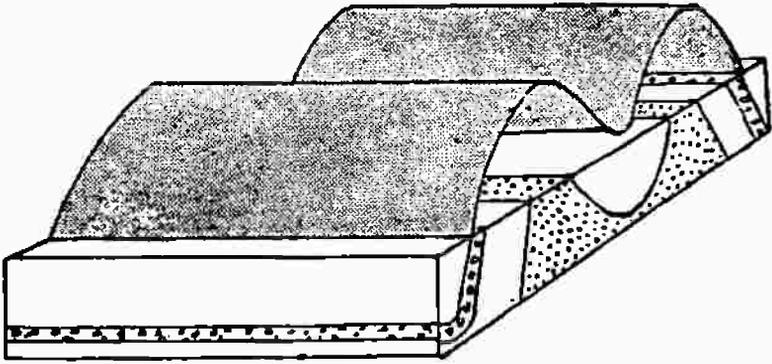
محور الطية

د د = المحور . ا د = مضرب المسقط الأفقي للمحور

ع - زاوية النطس

التراكيب والخرايط الجيولوجية

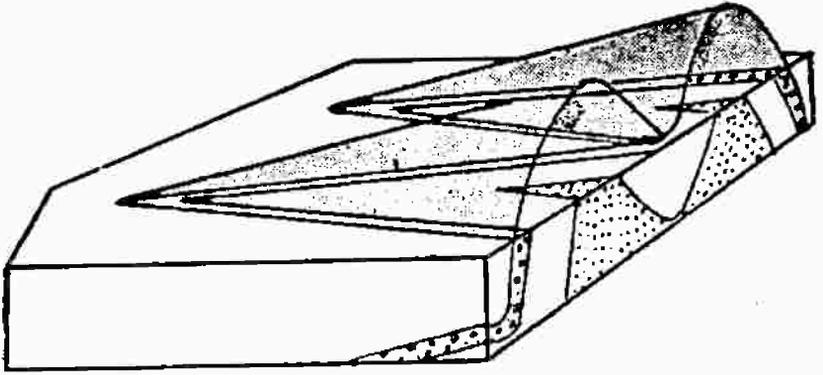
أو غطس الخط ( د هـ ) وتعادل الزاوية ( ع ) وهى تلك الزاوية المحصورة بين ( اد ، د هـ ) المقاسة على المستوى الرأسى ( اد وهـ ) . وبالرغم من أن الطيات الغاطسة الكبيرة لا يمكن مشاهدتها مباشرة ، ولكن يمكن بسهولة التعرف عليها من أشكال مواضع ظهورها فى الخرائط الجيولوجية . وتمثل الشكل ( ١٠٠ ) شكل مجسم لطية غير غاطسة ، وتظهر فيها خطوط مضرب الأجنحة المقابلة لبعضها البعض متوازية وبين شكل ( ١٠١ ) رسم مجسم لطيات غاطسة ، حيث تتقابل خطوط مضرب الأجنحة فى اتجاه غطس الطية المحدبة بينما تتباعد فى اتجاه غطس الطية المقعرة ويسمى الجزء من الطية الذى تظهر فيه الطبقات المكونة للطية أكبر مقدار من الانحناء « أنف الطية » ( Nose of the fold ) والنقط الواصلة بين أنف جميع الطبقات تمثل محور الطية .



( شكل ١٠٠ )

طية غير غاطسة

وفى حالات كثيرة تتغير زاوية غطس الطية على امتداد خطوط المضرب ، وأحياناً ينعكس اتجاه غطس الطية . والطية الغاطسة المزدوجة هى التى ينعكس اتجاه غطسها فى حدود المنطقة التى توجد بها ، وكثير من الطيات الغاطسة إذا تبعتها لمسافات كبيرة تصبح طيات غاطسة مزدوجة . ويوضح شكل ( ١٠٢-١ ) خريطة جيولوجية لطية محدبة غاطسة مزدوجة محورها فى اتجاه شمال



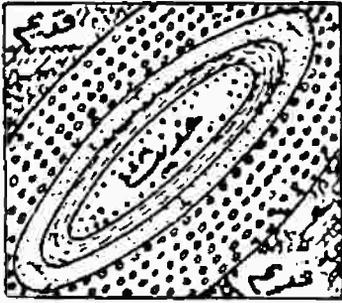
(شكل ١٠١)

رسم مجسم لطيات غاطسة

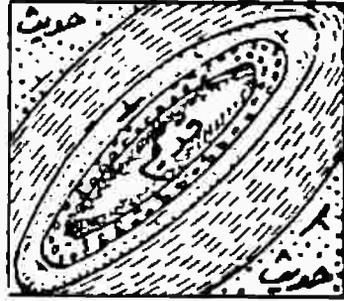
شرق . وفي الركن الشمالي الشرقى للخريطة تغطس الطية بمقدار ١٠ درجات في اتجاه الشمال الشرقى حيث تتقابل الطبقات في نفس الاتجاه . أما في الاتجاه الجنوبي الغربي فتقل زاوية غطس الطية حتى تصل إلى صفر في وسط الخريطة ، ثم تزداد زاوية الغطس إلى أن تصل لحوالي ( ١٥ ) درجة في الركن الجنوبي الغربي للخريطة حيث تتقابل الطبقات أيضاً في نفس الاتجاه ويوضح الشكل ( ١٠٢ - ب ) طية مقعرة مزدوجة الغطس .

#### ١٥ - القبة ..... (Dome)

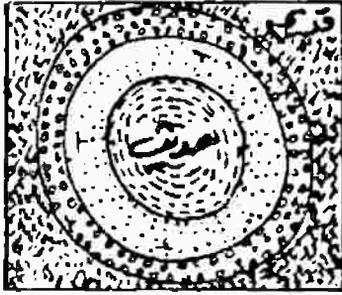
هي طية محدبة تميل طبقاتها في جميع الاتجاهات من نقطة في وسط قممها كما في شكل ( ١٠٢ - ج ) ونادراً ما تكون القبة دائرية المقطع ، إذ تكون عادة بيضاوية ، ومعظم الطيات المحدبة الكبيرة قد تكون أجزاء منها لها تركيب قبوي . وتنشأ التباين بالمناطق التي تعرضت لإجهادات وضغوط هيدروستاتيكية ذات شدة متوسطة . وهناك تركيب يشبه القبة ولكنه يكون مفتوحاً من أحد جوانبه ويسمى بالأنف (Nose) . أما الحوض (Basin) فهو عبارة عن طية مقعرة ليس لها اتجاهات محددة كما في شكل ( ١٠٢ - د )



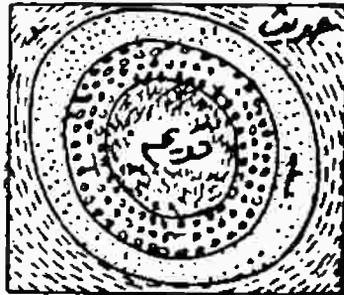
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

(شكل ١٠٢)

غرائط الطيات الغاطسة

- (أ) طية محدبة مزوجة النطس .
- (ب) طية مقعرة مزدوجة النطس .
- (ج) قبة .
- (د) حوض .

١٦ - طية اختراقية (Diapir or piercing fold) . . . . .

إذا وقع ضغط رأسي من أعلى إلى أسفل على طبقة انسيابية مثل الملح الصخري فإنها تنساب إلى أعلى في المواضع التي يكون فيها الضغط أقل ما يمكن مما يؤدي إلى ارتفاع الملح إلى أعلى على شكل أنابيب ، كما تنقوس الصخور العلوية مكونة طية محدبة تسمى بالطية الاختراقية وقد تصاحب الضغوط الرأسية إجهادات جانبية تساعد على نشأة هذه التراكيب التي توجد في كثير من البلاد .

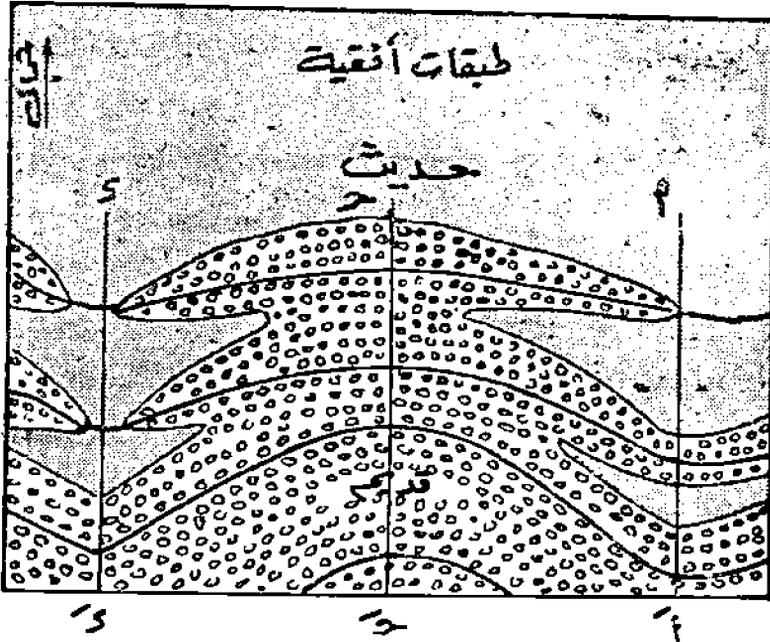
## فصائل الطيات

نادراً ما توجد الطيات في وحدات مستقلة منفردة بل توجد عادة ضمن فصائل أو مجموعات تتكون من عدد كبير منها . وتكون محاور الطيات إما متوازية ومستقيمة أو متوازية ومنحنية ، ولكنها تكون عادة غير متوازية وغير مستقيمة . ويوضح شكل ( ١٠٣ ) خريطة جيولوجية لمنطقة بها طيات أثر محاورها منحنية ، وعلى امتداد الخط - - تظهر منحنية إلى أعلى في اتجاه الشمال ، بينما تتباعد ناحية الشرق والغرب . وهناك أربعة أنواع من فصائل الطيات هي :

١ - فصيلة الطيات المجاوزة : (En-echelon system) وهي توجد بمناطق كثيرة حيث لا تمتد الطيات لمسافات بعيدة ولكنها تكون متداخلة بعضها مع بعض كما في شكل ( ١٠٤ ) .

### ٢ - فصيلة الطيات المتقهقرة والطيات المتقدمة :

(Recess and salient system) إذا كان أثر محور الطية في الحدود الخارجية للمنطقة منحنيًا إلى أعلى فإن الطيات تسمى بالقصيلة المتقدمة مثل الخط ( - - ) في شكل ( ١٠٥ ) ، أما إذا كان أثر المحور في الحدود الخارجية للمنطقة منحنيًا إلى أسفل مثل الخطوط ( د - د ) ، ( هـ - هـ ) في شكل ( ١٠٥ ) فإن الطيات تسمى بالمجموعة المتقهقرة . ويتضح من الشكل ( ١٠٥ ) أن الطيات بين الخطين ( - - ) ، ( هـ - هـ ) تغطس ناحية الشرق بينما الطيات الواقعة شرق الخط ( هـ - هـ ) فإنها تغطس ناحية الغرب ، ويمثل الخط ( - - ) منطقة مرتفعة أما الخطين ( د - د ) ، ( هـ - هـ ) فيمثلان منطقة منخفضة وتتجه المرتفعات والمنخفضات بزاوية قائمة بالنسبة لاتجاه

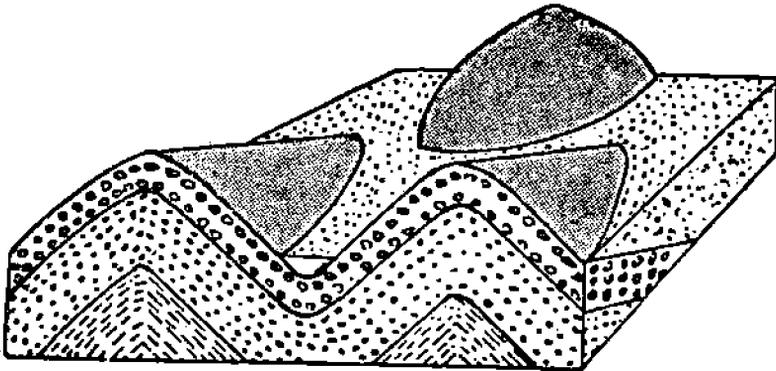


شكل (١٠٣)

تقارب وتباعد آثار محاور الطيات

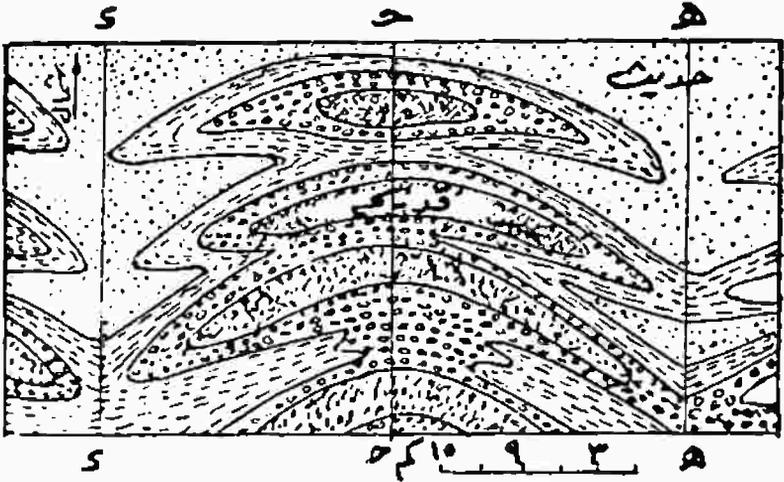
(الخطوط الثقيلة السوداء) . تتباعد الخطوط بعيد عن المحط > - >

بينها تتقارب في اتجاه > - - >



(شكل ١٠٤)

فصيلة الطيات المتجاورة



(شكل ١٠٥)

المرتفعات والمنخفضات .- يمثل الخط - - -

منطقة مرتفعة وتغطس الطيات بعيداً عن هذا الخط ، بينما يمثل الخطان د - د ، هـ - هـ منخفضات  
وتغطس الطيات في اتجاه هذان الخطان

الطيات ، ويلاحظ أن الطيات تغطس بعيداً عن المرتفعات ولكنها تغطس في اتجاه المنخفضات .

٣- فصيلة الطيات المركبة : ونجد فيها أن بعض الطيات الكبيرة يوجد على أجنحتها طيات إضافية صغيرة تصل المسافة بين محاورها لآلاف الأمتار . وقد توجد على الطيات الإضافية طيات أصغر منها تبلغ المسافة بين محاورها مئات الأمتار ، بينما قد توجد على الطيات الأصغر طيات أخرى تتباعد محاورها عدة أمتار . ولقد أثبتت الدراسة الميكروسكوبية لبعض الصخور التي توجد بها طيات كبيرة أنه توجد بهذه الصخور تموجات صغيرة جداً لا ترى بالعين المجردة .

٤- فصيلة الطيات المخدبة العملاقة (Anticlinorium) والطيات المقعرة العملاقة (Synclinorium) هي طيات تمتد لمسافات كبيرة جداً وتغطي مساحات

شاسعة ، وقد يصل عرضها إلى عدة كيلومترات وتكون أحياناً جبالا كبيرة أو سلسلة من الجبال التي تمتد لمئات الكيلومترات . وقد يوجد على هذه الطيات طيات مركبة أصغر منها .

### القباب الملحية

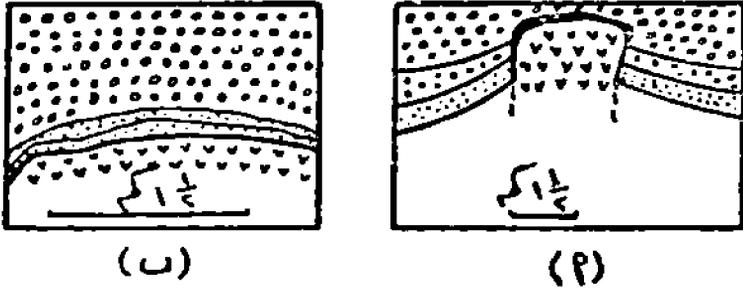
القباب الملحية كتل كبيرة تكونت نتيجة اختراق طبقات من الملح أو الجبس أو الانهدريت للصخور التي فوقها بفعل الانسياب اللدن ، ونوجد عادة تحت سطح الأرض ويحدد مواضعها بواسطة آبار الحفر أو بالاستكشاف الجيوفيزيقي . والقبة الملحية عبارة عن أنبوبة ذات أشكال مختلفة كما في شكل (١٠٦) وتتكون أساساً من معدن الهاليت . وتوجد هذه التراكيب في كثير من أنحاء العالم وخاصة في اإخلف كوست بالولايات المتحدة وألمانيا وفرنسا وإيران وشبة الجزيرة العربية . ويصل سمك أنبوبة الملح عدة آلاف من الأمتار ، ولم يكتشف للآن العمق الذي تمتد إليه القباب الملحية في جميع الآبار التي حُفرت بها وتوجد الأنابيب الملحية على أعماق تتفاوت من عدة أمتار إلى آلاف الأمتار من سطح الأرض . والصخور التي على جانبي القبة الملحية تكون عادة مقوسة على هيئة طيات محدبة ، وشكل القبة الملحية في المستوى الأفقي يكون عادة مستديراً ، ويتراوح قطرها من واحد إلى سبعة

### سطح الأرض



(شكل ١٠٦)

بعض أشكال القباب الملحية  
الأجزاء السوداء تمثل صخور التغطاة



(شكل ١٠٧)

(أ) قبة ملحية اختراقية .

(ب) قبة ملحية غير اختراقية .

أميال ، وقد يكون القطاع الأفقى ييضاوى الشكل وفى هذه الحالة نجد أن القطر الأكبر للقبة الملحية يوازى محاور الطيات المجاورة وتتكون صخور غطاء القبة الملحية من الحجر الجيري والجبس والانهيدريت وأحياناً الكبريت . وهناك نوعان من القباب الملحية أولهما قباب اختراقية (Piercement domes) وثانيهما قباب غير اختراقية (Non-piercement domes) كما فى شكل (١٠٧) وقد توجد قطع مفتحة من الصخور ذات أحجام مختلفة على جانبي القبة الملحية .

نشأة القباب الملحية : تنشأ القباب الملحية نتيجة الانسياب اللدن للملح الصخرى فى الصخور المحيطة . وقد توجد جميع المراحل الانتقالية من الطبقات الملحية ذات ميل صغير إلى قباب على شكل طيات محدبة بسيطة إلى أنابيب ملحية حثيقية . وتنشأ بعض القباب نتيجة صعود الملح إلى أعلى نظراً لاختلاف الكثافة بين الملح والصخور المحيطة به . وطبقاً للدراسات التى قام بها العالم نيلتون فإنه إذا وجد فوق الطبقة الأصلية للملح تركيب على شكل طية محدبة صغيرة فحينئذ يبدأ الملح فى الصعود إلى أعلى وينساب من الجانبين مكوناً الأنبوبة الملحية كما فى شكل (١٠٨ - ١ ، ب) ، وإذا نضب معين

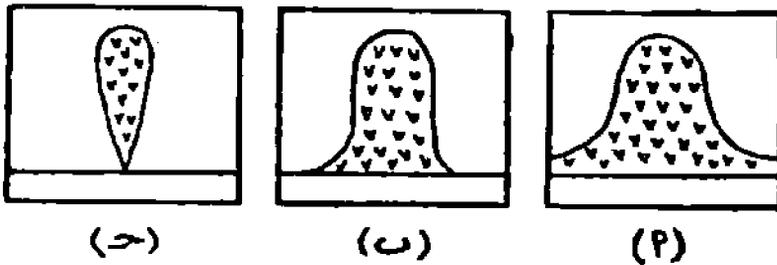
الملح من المصدر الأصلي فإنها قد تتخذ شكلاً يعضواً سطحه العلوي مستدير  
بينما سطحه السفلي يكون مديباً كما في شكل (١٠٨ - ح) .

ويعتقد العالم بارتون أنه بالرغم من صعود الملح إلى أعلى بالنسبة للصخور  
المجاورة ، ولكنه قد يظل في مكانه الأصلي بالنسبة لمستوى سطح البحر ، بينما  
تنخفض الرواسب المحيطة بالملح إلى أسفل ، وينشأ عن ذلك هبوط الرواسب  
المحيطة بالملح (Downsinking) بدلا من صعود الملح إلى أعلى (Upthrusting)

وبعض القباب الملحية مثل تلك التي توجد في رومانيا تعزى نشأتها إلى  
ضغوط أفقية تعرض لها الصخور أثناء العمليات البنائية للجبال ، وفي هذه الحالة  
تخترق الأنابيب الملحية الصخور المجاورة مكونة ما يسمى بالطيات الاختراقية .

أما صخور الغطاء فهناك نظريات كثيرة متعارضة عن نشأتها . وطبقاً  
لإحدى النظريات فإن صخور الغطاء تتكون من مواد متخلقة من الملح بعد  
ذوبانه على سطح القبة الملحية . وهناك نظرية أخرى تفترض أن صخور  
الغطاء هي مواد رسوبية ترسبت على السطح الأصلي لطبقات الملح .

وتنحصر القيمة الاقتصادية للقباب الملحية في أنها مصائد هامة للتجمعات  
البترولية والغاز الطبيعي والتي قد توجد بكميات هائلة على جانبي الأنابيب  
الملحية أو بالغطاء الصخري كما أنها مصدر هام لرواسب الكبريت بالإضافة  
إلى استغلال ما يوجد بهذه القباب من ملح الطعام وأملاح البوتاسيوم .



(شكل ١٠٨)

الأشكال التصورية للقباب الملحية

## ثانياً - الفوالق

### تعريفات ومصطلحات

- ١ - الفوالق والفواصل : الفالق هو كسر في صخور القشرة الأرضية تحركت الكتل الصخرية على جانبيه بالنسبة لبعضها البعض حركة نسبية إلى أعلى أو إلى أسفل بموازاة سطح الكسر . أما الفواصل فهي كسور في القشرة الأرضية لا يصحبها تحرك الكتل الصخرية على جانبي سطح الكسر .
  - ٢ - مستوى الفالق : هو المستوى الذي يحدث عنده الكسر في الكتل الصخرية ويسبب نشأة الفالق .
  - ٣ - امتداد الفالق : يقاس امتداد الفالق في اتجاه خطوط مضرب مستوى الفالق . وتمتد بعض الفواق مئات الكيلومترات ، بينما لا يزيد امتداد البعض الآخر عن بضعة سنتيمترات .
  - ٤ - الإزاحة الأفقية : وتقاس في الاتجاه المتعاقد مع خطوط المضرب لسطح الفالق في المستوى الأفقى ، وتتراوح الإزاحة الأفقية لبعض الفوالق أحياناً بين بضعة كيلومترات إلى عشرات الكيلومترات ، وهناك حالات أخرى لا يزيد فيها مقدار الإزاحة الأفقية عن بضعة سنتيمترات .
  - ٥ - خطوط مضرب الفالق : هي الخطوط الأفقية التي يمكن رسمها على مستوى الفالق . والتي تتعاقد مع الميل الحقيقي لمستوى الفالق .
  - ٦ - ميل وجود الفالق : ميل الفالق هو الزاوية المحصورة بين مستوى أفقى وسطح الفالق في قطاع رأسى متعامداً على خطوط مضرب الفالق ، أى في اتجاه الميل الحقيقي للفالق .
- أما جيود الفالق فهو الزاوية المتممة لزاوية ميل الفالق ، أى أن :

زاوية حيود الفائق =  $90^\circ$  - زاوية ميل الفائق .

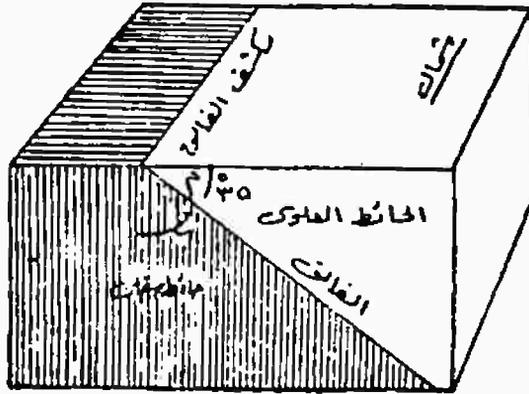
ويعرف الحيود أحياناً بأنه الزاوية المحصورة بين مستوى الفائق ومستوى رأسى يوازي أثره الأفقى خطوط مضرب الفائق . ويتضح من الشكل (١٠٩) أن مستوى الفائق عبارة عن مستوى مائل تتجه خطوط مضربة فى اتجاه شمال - جنوب ، بينما يميل ناحية الشرق بزاوية قدرها  $35^\circ$  درجة ، أما زاوية حيود الفائق فنساوى  $55^\circ$  درجة .

٧ - الحائط العلوى والحائط السفلى : تسمى الكتلة الصخرية التى تقع فوق مستوى الفائق بالحائط العلوى كما فى شكل (١٠٩) ، بينما تسمى الكتلة الصخرية الواقعة تحت مستوى الفائق بالحائط السفلى وفى حالة الفوائى الرأسية فإنه لا يوجد لها حائط علوى أو حائط سفلى .

٨ - منطقة الفائق : لا يتحدد فى كثير من الأحيان سطح الفائق بمستوى كسر واحد فقط ، ولكنه يشتمل على منطقة متعددة الكسور تسمى منطقة الفائق ، ويتفاوت عرضها من عشرات إلى مئات الأمتار . وقد تتكون منطقة الفائق من عدد كبير من الفوائى الصغيرة المتشابكة وقد تكون عبارة عن منطقة غير واضحة المعالم تتكون من صخور مهشمة أو مفتتة إلى قطع صغيرة .

٩ - الفوائى المتعددة : توجد هذه الفوائى بالمناطق التى تحدث بها حركات تفاضلية نتيجة انزلاقات صغيرة منتظمة على طول عدد كبير من الكسور المتقاربة بعضها من بعض .

١٠ - حوط الفائق أو مكشفه : يسمى تقاطع الفائق مع سطح الأرض بخط الفائق أو مكشفه كما فى شكل (١٠٩) وفى معظم الأحيان يظهر خط الفائق فى الخريطة الجيولوجية على شكل خط مستقيم (إذ كان مستوى الفائق رأسياً) أو منحنى ببلرجات متفاوتة (إذ كان مستوى الفائق مائلاً) . وإذا



(شكل ١٠٩)

أجزاء الفالق

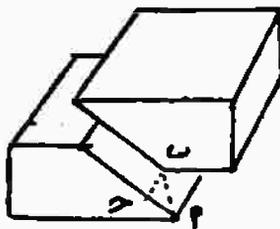
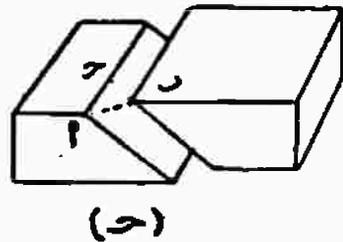
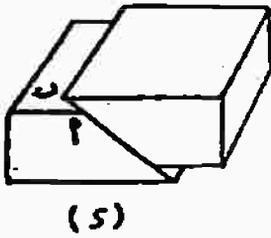
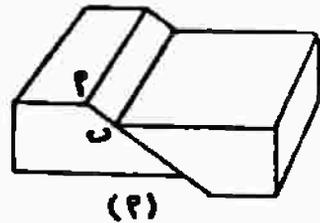
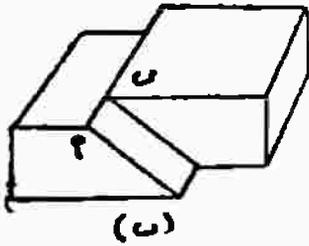
م = ميل الفالق ح - حيز الفالق

كان ميل الفالق صغيراً وطبوغرافية المنطقة شديدة الانحدار فإن خط الفالق يكون غير منتظم لدرجة كبيرة .

١١- الانزلاق الكلي للفالق : هو الإزاحة النسبية التي تحدث لنقطتين كانتا متجاورتين ، ولكن بعد نشأة الفالق تنزلق النقطتان على جانبيه ويقاس الانزلاق عادة على سطح الفالق وفي شكل ( ١١٠ ) يعادل الانزلاق الكلي المسافة ( ا ب ) وهي المسافة التي على سطح الفالق بين نقطتين واقعتين على الحائطين المتقابلين للفالق وكانتا متجاورتين قبل نشأة الفالق . ويعبر عن انزلاق الفالق بالمسافة وبالزاوية المحصورة بين الخط ( ا ب ) وخط المضرب . أو اتجاه ميل سطح الفالق كما في شكل ( ١١٠ - ح ، د ) . ويتضح من شكل ( ١١٠ - ) أن الانزلاق الكلي للفالق يساوي ( ا ب ) ، أما الزاوية المحصورة بين ( ا - ب ) وخط مضرب الفالق فهي تعادل  $35^\circ$  ، ولتحديد الانزلاق تحديداً كاملاً يجب أن نذكر الحركة النسبية لكل من الحائطين العلوي والسفلي .

١٢ - الانزلاق المصربي : وهو عبارة عن مركبة الانزلاق الكلي بموازاة مضرب الفالق ويساوي (ا) في شكل (١١٠ - ح) .

١٣ - الانزلاق الميلى : هو مركبة الانزلاق الكلي بموازاة اتجاه ميل الفالق ويساوي (ب) في شكل (١١٠ - د) . أما في شكل (١١٠ - ا ، د)



(هـ)

(شكل ١١٠)

الانزلاق الكلي لفاالق

ا ب = الانزلاق الكلي .

ب ح = الانزلاق الميلى .

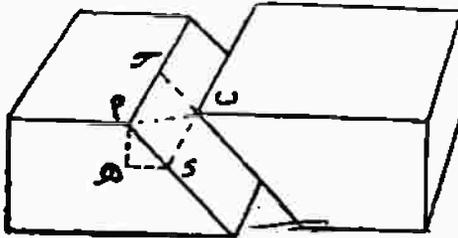
ا ح = الانزلاق المصربي .



المستوى ( ا ب ص ص ) يميل ناحية اليمين ويحتوى على الخط ( ب ص ) ،  
 ويمثل انحراف الفالق عن الخط ( ب ص ) بالزاوية ( ا ب ص ) وتساوى حوالى  
 ٥٧ درجة . أما زاوية غطس الفالق فهى الزاوية المحصورة بين خط تقاطع مستوى  
 الفالق مع أى مستوى رأسى وأثره الأفقى وتعاادل الزاوية ( د ب ص ) التى تساوى  
 حوالى ٤٥ درجة . وفى شكل ( ١١٠ - > ) نلاحظ أن انحراف الانزلاق الكلى  
 للفالق يساوى الزاوية ( ب ا > ) ، بينما فى شكل ( ١١٠ - هـ ) نجد أن انحراف  
 الانزلاق الكلى للفالق يساوى الزاوية ( ح ب ا ) .

١٥ - الرمية الرأسية للفالق : نلاحظ أن المستوى الرأسى المتعامد على  
 مضرب الفالق يحتوى على الانزلاق الميلى الذى يمثل فى الشكل ( ١١٢ )  
 بالخط ( ا د ) .

والانزلاق الرأسى ( ا هـ ) تعرف بالرمية الرأسية للفالق ( Downthrow )  
 وتمثله المركبة الرأسية لكل من الانزلاق الكلى أو الانزلاق الميلى ، أما الإزاحة  
 الأفقية أو بعد الفالق ( Heave ) فهو المركبة الأفقية لكل من الانزلاق الكلى  
 أو الانزلاق الميلى للفالق ويساوى ( د هـ ) .

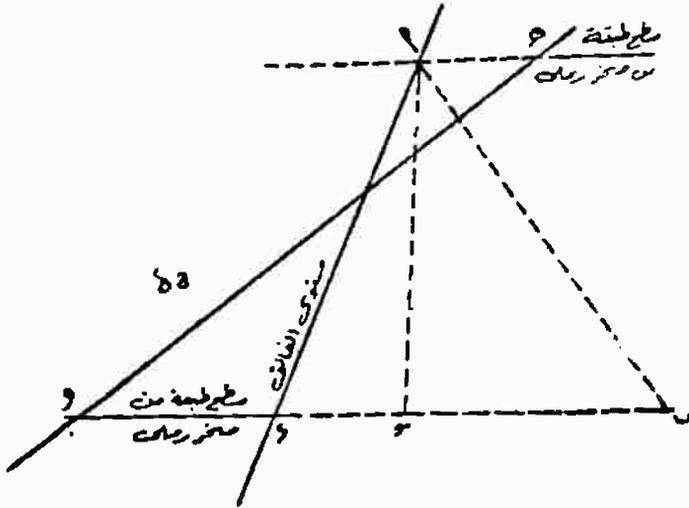


( شكل ١١٢ )

الانزلاق الرأسى والانزلاق الميلى

- ( ا ب ) = الانزلاق الكلى .
- ( ا ح ) = الانزلاق المضرب .
- ( ح ب ) = ا د = الانزلاق الميلى .
- ( ا هـ ) = رمية الفالق .
- ( د هـ ) = بعد الفالق .

١٦ - الفاصل الاستراتيجي والفاصل الرأسى والفاصل الأفقى: الفاصل الاستراتيجي للفاصل هو المسافة العمودية بين سطح واحد للطبقة على جانبي سطح الفاصل. أما الفاصل الرأسى فهو طول المسافة الرأسية المحصورة بين سطح واحد للطبقة على جانبي مستوى الفاصل، أو هو المسافة المقطوعة بواسطة بئر رأسى من سطح واحد للطبقة أو امتداده على جانبي مستوى الفاصل. والفاصل الأفقى هو طول المسافة الأفقية المحصورة بين سطح واحد للطبقة على جانبي مستوى الفاصل، أو هو المسافة المقطوعة بواسطة نفق أفقى من سطح واحد للطبقة أو امتداده على جانبي مستوى الفاصل كما يتضح من (شكل ١١٣).



(شكل ١١٣)

- (١، ب) = حركات انقالية .
- (٢، د) = حركات دورانية .

## نوع الحركة على سطح الفالق

### ١ - الحركات الانتقالية والدورانية :

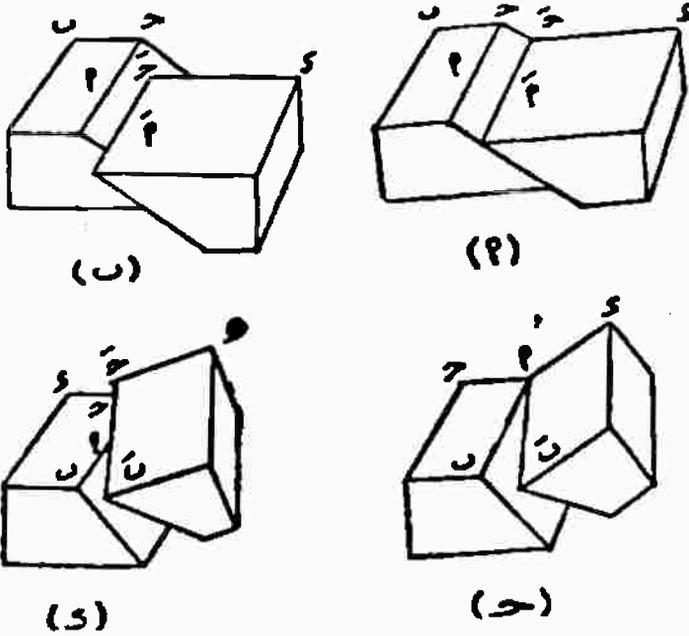
تنقسم الحركات التي تحدث على جانبي سطح الفالق إلى نوعين رئيسيين هما :

( أ ) حركات انتقالية كما في شكل ( ١١٤ - أ ، ب ) .

( ب ) حركات دورانية كما في شكل ( ١١٤ - ج ، د ) .

وفي حالة الحركة الانتقالية لا يحدث دوران للكتل الصخرية بالنسبة لبعضها البعض وتبقى جميع الخطوط المتوازية قبل وبعد الفالق على حالتها دون تغيير في اتجاهها. وفي شكل ( ١١٤ - أ ) تصبح النقطتان ( ١ ، أ ، ١ ) المنطقتان قبل حدوث الفالق متباعدتين بعد نشأة الفالق . والكتلة على الجانب الأيمن تحركت مباشرة إلى أسفل في اتجاه ميل الفالق بالنسبة إلى الكتلة الصخرية التي على الجانب الأيسر . ويلاحظ أن الخطين ( ب - ج ) ، ( د - ج ) المتوازيين قبل حدوث الفالق يبقيان أيضاً متوازيين بعد نشأة الفالق وفي شكل ( ١١٤ - ب ) ، نلاحظ أن الكتلة الصخرية على الجانب الأيمن تحركت إلى الأمام وإلى أسفل ناحية ميل الفالق ، ويلاحظ أيضاً أن الخطين ( ب - ج ) ، ( د - ج ) يكونان متوازيين قبل وبعد الفالق ، كما نجد أن رمية الفالق في حالة الفواق الانتقالية تكون ثابتة مقداراً واتجاهاً مثل الفواق العادية والمعكوسة .

والحركات الدورانية هي تلك التي تصبح فيها الخطوط المتوازية والمستقيمة على جانبي الفالق وخارج حلود منطقة الزحزحة غير متوازية بعد نشأة الفالق . وفي شكل ( ١١٤ - ج ) يتضح أن الكتلة الصخرية على الجانب الأيمن قد تحركت إلى أسفل بالنسبة إلى الكتلة الصخرية على الجانب الأيسر ، ولكن يلاحظ ازدياد مقدار الإزاحة بين الكتلتين إلى الأمام . وعند النقطة ( أ )



(شكل ١١٤)

الحركات الانتقالية والدورانية

. (١، ب) = حركات انتقالية .

. (٢، د) = حركات دورانية .

لا توجد إزاحة على الإطلاق ، ولكن النقطتان (ب ، ب) كانتا منطبقتين قبل نشأة الفائق . كذلك نلاحظ أن الخطين (١ - أ) ، (١ - د) المتوازيان قبل نشأة الفائق يصبحان غير متوازيين بعد نشأة الفائق . وفي الشكل (١١٤ - د) يصبح الجزء الخلفي للكتلة الصخرية التي على الجانب الأيمن مرتفعاً بالنسبة للكتلة التي على الجانب الأيسر بينما الجزء الأمامي للكتلة التي على الجانب الأيمن يكون منخفضاً بالنسبة للكتلة التي على الجانب الأيسر ، وبذلك يتضح أن الخطين (٢ - د) ، (٢ - أ) المتوازيين قبل الفائق يصبحان غير متوازيين بعد نشأة الفائق ، كما يلاحظ أن رمية الفائق تكون متغيرة في المقدار والاتجاه من نقطة لأخرى على مستوى الفائق كما هو الحال في الفوائق المحورية والمفصلية

والانزلاقية . وبصفة عامة ، فإن جميع الفوالق تتعرض لحركات دورانية ، وقد تزداد أو تقل الإزاحة على طول خطوط مضرب جميع الفوالق ، كما أن الكتل الصخرية تتأثر بحركة دورانية بالنسبة لبعضها البعض ، ولكن إذا كانت الحركة الدورانية صغيرة فإن الحركة في منطقة محدودة للفالق يمكن اعتبارها حركة انتقالية .

## ٢ - الحركات النسبية للفوالق :

استعملت بعض المصطلحات لوصف الحركة التي تحدث على طول الفالق ، وأثر هذه الحركة على الطبقات بعد نشأة الفالق ، ولقد استخدمت هذه المصطلحات أساساً لوصف الحركات الانتقالية ، ولكنها تصلح أيضاً بعد إدخال تعديلات لوصف الحركات الدورانية أيضاً .

ولا توجد بالفوالق شواهد تدل على اتجاه حركة كتلي الصخر على جانبي سطح الفالق . فعلى سبيل المثال ، في الشكل ( ١١٤ - ١ ) قد تتحرك كتلة الحائط العلوى إلى أسفل بينما تبقى كتلة الحائط السفلى في مكانها ، أو قد تتحرك كتلة الحائط السفلى إلى أعلى وفي نفس الوقت تتحرك كتلة الحائط العلوى إلى أسفل . وقد يتحرك الحائطان معاً إلى أعلى أو إلى أسفل ولكن يتحرك أحدهما بدرجة أكبر من الآخر . ونظراً لعدم وجود قرائن كافية تدل على الحركة المطلقة لأحد كتلي الصخر على جانبي سطح الفالق ، لذلك فإن المصطلحات المستخدمة تعتمد أساساً على الحركة النسبية أو الظاهرية على جانبي الفالق .

ويوضح شكل ( ١١٠ ) بعض الأنواع المختلفة للحركات النسبية التي قد تحدث على طول سطوح فوالق انتقالية . وفي شكل ( ١١٠ - ١ ) تحرك الحائط العلوى مباشرة إلى أسفل في اتجاه ميل مستوى الفالق بالنسبة إلى الحائط العلوى ، ويسمى التركيب في هذه الحالة بالفالق العادى ، وفي الشكل ( ١١٠ - ب ) تحرك الحائط العلوى بموازاة خط مضرب الفالق ، بينما في الشكل ( ١١٠ - ج )

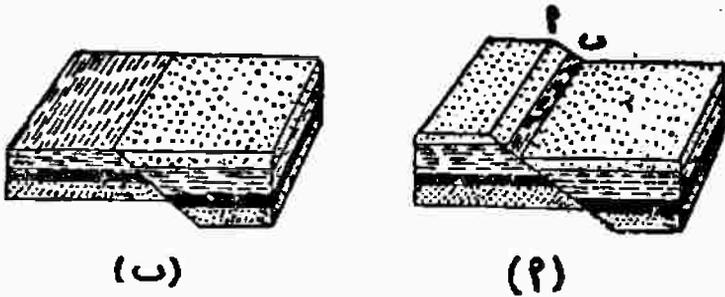
تحرك الحائط العلوى إلى أسفل ومائلا على اتجاهى مضرب وميل سطح الفائق ، وفى الشكل ( ١١٠ - د ) تحرك الحائط العلوى مباشرة إلى أعلى فى اتجاه ميل مستوى الفائق ، بينما فى الشكل ( ١١٠ - هـ ) تحرك الحائط العلوى إلى أعلى ومائلا على اتجاهى مضرب وميل سطح الفائق .

### أثر الفوالق على الطبقات

أن الحركة الظاهرية للطبقة التى تأثرت بالفالق قد تختلف اختلافاً كبيراً عن الانزلاق الكلى ، وتعتمد الحركة الظاهرية على عدة عوامل أهمها :

- ١ - الانزلاق الكلى للفائق .
  - ٢ - خطوط مضرب وميل الفائق .
  - ٣ - خطوط مضرب وميل الطبقة .
  - ٤ - شكل مكاشف الطبقة واعتماده على طبوغرافية سطح الأرض .
- ويحتمل أن تكون الحركة الظاهرية للفائق تساوى صفراً ، بينما يكون الانزلاق الكلى للفائق مقداراً كبيراً .

وتوضح الأشكال ( من ١١٥ إلى ١٢٤ ) العلاقة بين الانزلاق الكلى للفائق وحركته الظاهرية تحت الظروف المختلفة . وفى شكل ( ١١٥ ) تظهر الطبقات أفقية بينما الانزلاق الكلى يتجه إلى أسفل مباشرة فى اتجاه ميل الفائق ، ويمثل شكل ( ١١٥ - أ ) وضع الطبقات قبل التآكل بينما يمثل الشكل ( ١١٥ - ب ) العلاقة بعد تآكل الحائط السفلى للفائق إلى مستوى حائطه العلوى . ويتضح من الواجهة الأمامية للطبقات بعد نشأة الفائق أن الحركة الظاهرية تعادل الانزلاق الكلى وتساوى ( أ - ب ) . وعلى الخريطة الجيولوجية يظهر السطح العلوى أو المسقط الأفقى للشكل ( ١١٥ - ب ) على صورة طبقات متباينة فى صفاتها على الجانبين المقابلين للفائق .

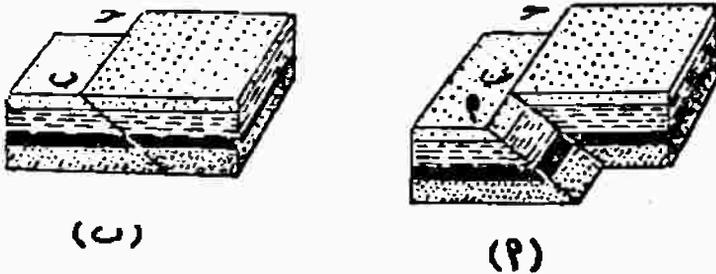


(شكل ١١٥)

الحركة الظاهرية في قطاع رأسى لتساوى الانزلاق الكلى

- (١) قبل التآكل بعوامل التعرية اب - الانزلاق الكلى = الانزلاق الميلى .  
 (ب) بعد التآكل بعوامل التعرية .

وفي شكل (١١٦) يتضح أن الانزلاق الكلى (١ ، ب) يوازي خطوط مضرب الفائق . وفي الشكل (١١٦ - ب) فإن الجزء الأمامى من كتلة الصخر التى على الجانب الأيسر قد تآكلت حتى أصبحت فى مستوى كتلة الصخر التى على الجانب الأيمن . وتساوى الحركة الظاهرية فى هذه الحالة صفراً ، وذلك بالرغم من أن الانزلاق الكلى (١ ب) قد يكون كبيراً . وإذا كان الانزلاق الكلى مائلا على مستوى الفائق فإن القطاع الرأسى المتعاقد على



(شكل ١١٦)

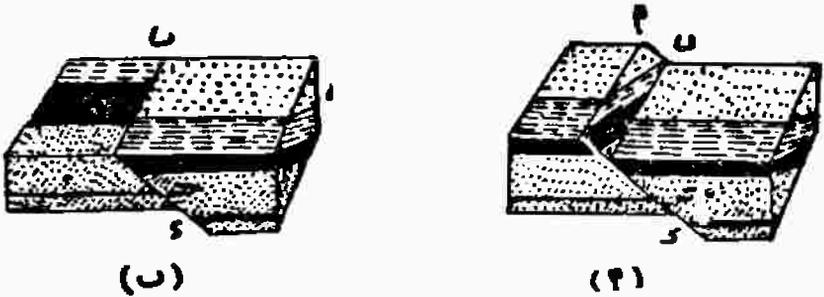
الحركة الظاهرية في قطاع رأسى لتساوى صفر

- (١) اب = الانزلاق الكلى = الانزلاق المضربى .  
 (ب) بعد تآكل الجزء الأمامى من الحائط السفلى .

خطوط مضرب الفالق قد يظهر حركة ظاهرية يكون مقدارها أقل من الانزلاق الكلي .

وتوضح الأشكال ( ١١٧ - ١٢٠ ) فوالق خطوط مضاربها متعامدة على خطوط مضرب الطبقات ( أى أن خطوط مضرب الفالق توازى اتجاه ميل الطبقات ) . وفي شكل ( ١١٧ ) فإن الانزلاق الكلي ( ا ب ) يتجه مباشرة ناحية ميل الفالق ، وعلى الخريطة الجيولوجية يظهر السطح العلوى للشكل ( ١١٧ - ب ) كما لو تحركت الكتلة الصخرية التى على الجانب الأيسر إلى الخلف مسافة كبيرة بموازاة خطوط مضرب الفالق . وإذا كان ميل الطبقات صغيراً ، فإن مقداراً صغيراً من الانزلاق الكلي فى اتجاه ميل الفالق قد يؤدي إلى إزاحة ظاهرية كبيرة للطبقات على الخريطة الجيولوجية . والحركة الظاهرية على واجهة الحائطين العلوى والسفلى للفالق فى شكل ( ١١٧ ) تساوى الانزلاق الكلي .

ويتضح من شكل ( ١١٨ ) أن الانزلاق الكلي ( ا ب ) يوازى خطوط مضرب الفالق ، وعلى الخريطة الجيولوجية فإن الحركة الظاهرية تساوى الانزلاق الكلي . ويظهر من الشكل ( ١١٨ ب ) أن الحركة الظاهرية على واجهة



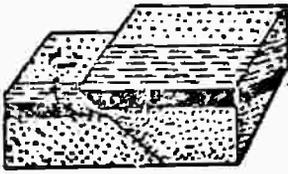
( شكل ١١٧ )

الحركة الظاهرية فى قطاع رأسى لتسوى الانزلاق الكلي

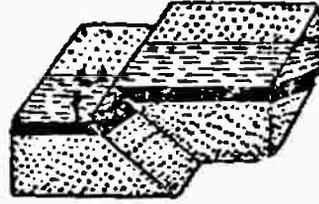
( ١ ) قبل التآكل بعوامل التآكل

ا ب = د = الانزلاق الكلي = الانزلاق الميل

( ب ) بعد تآكل الجزء العلوى من الحائط السفلى



(١)



(٢)

(شكل ١١٨)

الحركة الظاهرية في ضلع رأسى تعطى صورة كاذبة بأن الحائط العلوى تحرك إلى أعلى

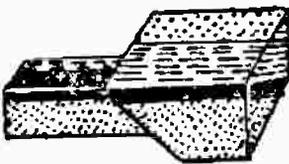
(١) قبل التآكل بعوامل التعرية .

اب = الانزلاق الكلى = الانزلاق المضربى .

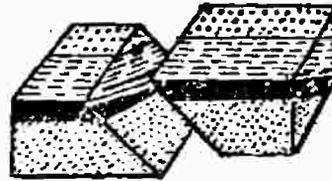
(ب) بعد التآكل الجزء الأمامى من الحائط السفلى .

الكتلتين تعطى صورة كاذبة بأن الحائط العلوى قد تحرك إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى للفتاوى .

ويظهر من شكل (١١٩) أن الانزلاق الكلى مائل إلى أسفل ناحية ميل الفتاوى ، وعلى الخريطة الجيولوجية تكون الحركة الظاهرية للكتلة الصخرية التي على اليسار إلى الخلف بينما في القطاع الرأسى فإن الحركة الظاهرية للكتلة الصخرية التي على اليمين تكون إلى أسفل .



(ب)



(٢)

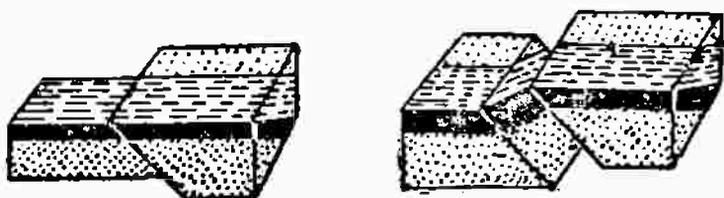
(شكل ١١٩)

الحركة الظاهرية في القطاع الرأسى أقل من الانزلاق الكلى

(٢) قبل التآكل بعوامل التعرية .

(ب) بعد تآكل الجزء العلوى والأمامى من الحائط السفلى .

ويوضح شكل (١٢٠) حالة خاصة يكون فيها الانزلاق الكلي موازياً لآثار التطابق على مستوى الفالق ، ويبين شكل (١٢٠ - ب) العلاقة بين الطبقات والفاالق بعد التآكل ومنه يتضح أن الحركة الظاهرية للطبقات تساوى صفرًا وذلك بالرغم من أن الانزلاق الكلي قد يكون كبيراً ، وتشبه هذه الحالة تلك التي سبق ذكرها في شكل (١١٦) . وبصفة عامة فإنه إذا كان الانزلاق الكلي موازياً لآثار التطابق على مستوى الفالق فإنه لا تظهر حركة ظاهرية للطبقات سواء على الخريطة أو في القطاع الرأسي .



(ب)

(أ)

(شكل ١٢٠)

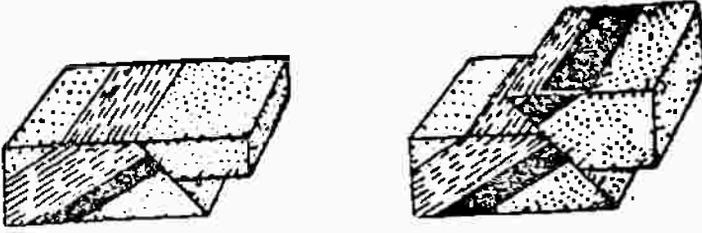
الانزلاق الكلي يوازي أثر التطابق على الفالق . الحركة الظاهرية في القطاع الرأسي تساوى صفرًا

( أ ) قبل التآكل بعوامل الترية .

( ب ) بعد التآكل بعوامل الترية .

ويمثل شكل (١٢١) فالق تكون فيه خطوط مضربة موازية لخطوط مضرب الطبقات وكانت حركة الحائط العلوي إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلي . وعلى الخريطة الجيولوجية لشكل (١٢١ - ب) فإن بعض الطبقات يتكرر ظهورها نتيجة للفاالق .

ويوضح شكل (١٢٢) فالق تكون فيه خطوط مضربة موازية لخطوط مضرب الطبقات ، ولكن الحائط العلوي تحرك إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلي ، وعلى الخريطة الجيولوجية لشكل (١٢٢ - ب) تختفي بعض الطبقات نتيجة لوجود الفالق .



(ب)

(أ)

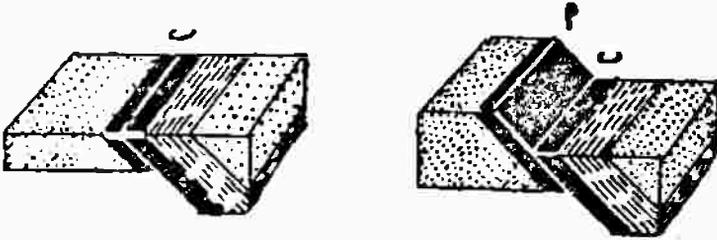
(شكل ١٢١)

الحركة للظاهرية في القطاع الرأسى تساوى الانزلاق الكلى

(أ) قبل التآكل .

ا ب = الانزلاق الكلى = الانزلاق المائل

(ب) بعد تآكل الجزء العلوى من الحائط السفلى



(ب)

(أ)

(شكل ١٢٢)

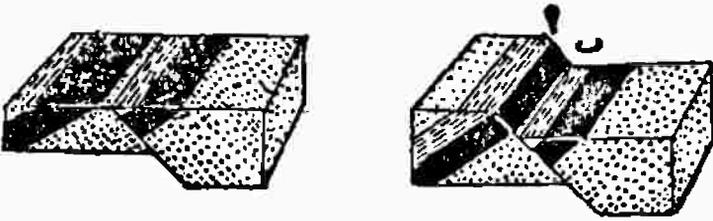
الحركة الظاهرية في القطاع الرأسى تساوى الانزلاق الكلى ويلاحظ اختفاء بعض الطبقات

(أ) قبل للتآكل

(ب) بعد التآكل

ويوضح شكل (١٢٣) حالة خاصة تكون فيه الطبقات والفالق لهما نفس خطوط المضرب ونفس مقدار واتجاه الميل ، وفي هذه الحالة فإن الحركة الظاهرية للطبقات على الخريطة الجيولوجية وكذلك في القطاع الرأسى تكون صفراً دون اعتبار لقيمة الانزلاق الكلى للفالق .

ويظهر من شكل (١٢٤) أن خطوط مضرب الفالق مائلة على خطوط مضرب الطبقات وأن الحائط العلوى قد تحرك إلى أسفل ناحية ميل الفالق ،



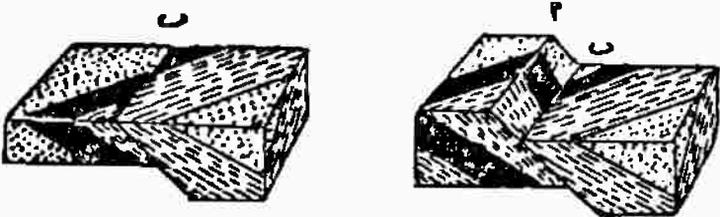
(ب)

(أ)

(شكل ١٢٣)

القائى يوزاى مستويات التطاق ولذا لا توجد حركة ظاهرية  
 ( أ ) قبل الأكل ا ب = الأنزلاق الكلى والأنزلاق الملى .  
 ( ب ) بعد الأكل .

وعلى الخرىطة الجىولوجية تظهر الحركة الظاهرية للحاءظ العلوى بأنها إلى  
 الخلف بالنسبة للحاءظ السفلى للقائى .



(ب)

(أ)

(شكل ١٢٤)

الحركة الظاهرية على الخرىطة لا تساوى الأنزلاق الكلى  
 ( أ ) ا ب = الأنزلاق الكلى = الأنزلاق الملى .

## تصنيف الفوالق

تصنف الفوالق ، كما هو الحال في الفواصل ، على أساس هندسى أو تبعاً لأصل نشأتها أو تكوينها .

أولاً - التصنيف الهندسى للفوالق :

طبقاً لهذا التصنيف تقسم الفوالق تبعاً لخمس أسس مختلفة هي كالاتى :

- ( ١ ) طبقاً لنوع الانزلاق الكلى .
- ( ب ) طبقاً لاتجاه الفالق بالنسبة للصخور المجاورة .
- ( ج ) تبعاً لنموذج مجموعة الفوالق .
- ( د ) طبقاً لمقدار زاوية ميل الفالق .
- ( هـ ) حسب نوع الحركة الظاهرية على الفالق .

( ١ ) تقسم للفوالق طبقاً لمتجهات الانزلاق الكلى :

تصنيف الفوالق لثلاثة أنواع هي :

١ - فالق انزلاقى مضربى (Strike-slip fault) وفيه يكون الانزلاق لكلى موازياً لخطوط مضرب الفالق كما فى شكل ( ١١٨ ) ، أى أن الانزلاق المضربى يعادل الانزلاق الكلى ، بينما الانزلاق الميلى يساوى صفراً .

٢ - فالق انزلاقى ميلى (Dip-slip fault) وفيه يكون الانزلاق الكلى فى اتجاه ميل الفالق إلى أعلى أو إلى أسفل كما فى شكل ( ١١٧ ) ، أى أن الانزلاق الميلى يعادل الانزلاق الكلى ، بينما الانزلاق المضربى يساوى صفراً .

٣ - فالق انزلاقى منحرف أو قطرى (Oblique-slip fault) وفيه يكون

الانزلاق الكلى مائل على خطوط مضرب مستوى الفائق كما في شكل (١١٩-١) ويوجد مركبتان للانزلاق هما الانزلاق المضرب والانزلاق المائل حيث محصلة هاتان المركبتان تعادل الانزلاق الكلى .

( ب ) تقسيم الفواقي تبعاً لمتجهات الفائق بالنسبة لمتجهات الطبقات المجاورة : يعتمد هذا التصنيف الهندسى للفواقي على العلاقة بين اتجاه الفواقي بالنسبة لاتجاه الصخو والمجاورة ، ويمكن تمييز أربعة أنواع من الفواقي طبقاً لكيفية ظهورها على الخرائط الجيولوجية وهذه الأنواع هي كالآتي :

١- فائق مضربى (Strike fault) وفيه تكون خطوط مضرب الفائق موازية لخطوط مضرب الطبقات كما في شكل (١٢١ ، ١٢٢) .

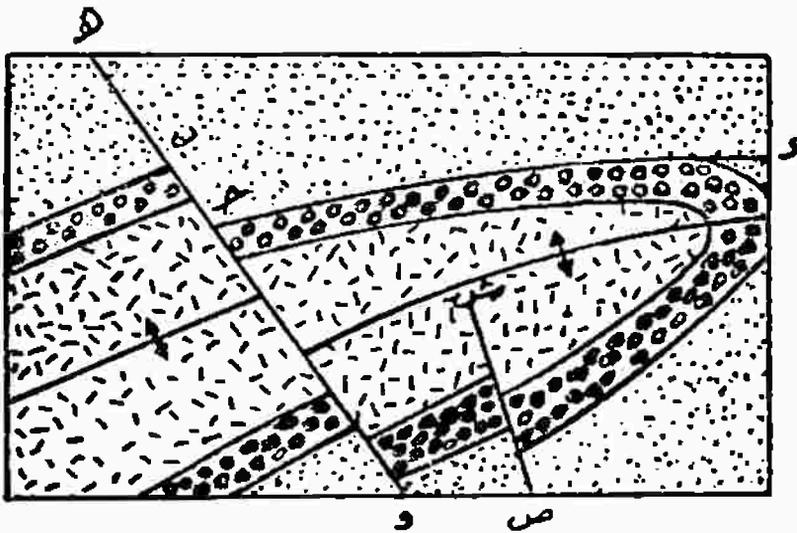
٢- فائق تطابقي (Bedding fault) وهو حالة خاصة من الفواقي المضربية الذى يكون موازياً لمستويات التطابق كما في شكل (١٢٣) .

٣- فائق مائل (Dip fault) وهو فائق تكون خطوط مضربه موازية لاتجاه ميل الطبقات المجاورة كما في شكل (١١٨ ، ١١٩ ، ١٢٠) .

٤- فائق منحرف وفيه تكون خطوط مضرب الفائق مائلة على خطوط مضرب الطبقات كما في شكل (١٢٤) .

وأحياناً تصنف الفواقي تبعاً لظهورها في الخرائط الجيولوجية إلى فواقي طولية (Longitudinal faults) وفواقي عرضية (Transverse faults) والفائق الطولى تكون خطوط مضاربه موازية لخطوط مضرب التركيب الرئيسى بالمنطقة مثل الفائق ( ا ب ج د ) في شكل (١٢٥) ، أما الفائق العرضى فتكون خطوط مضربه متعامدة أو مائلة على خطوط مضرب التركيب الرئيسى مثل الفائقين ( هـ و ) ، ( س ص ) في الشكل (١٢٥) .

( ح ) تصنيف الفواقي طبقاً لنماذج لصالها : هذا التقسيم الهندسى الثالث للفواقي يعتمد أساساً على كيفية توزيع الفواقي في مجموعاتها المختلفة



(شكل ١٢٥)

فوالق طولية وفوالق عرضية

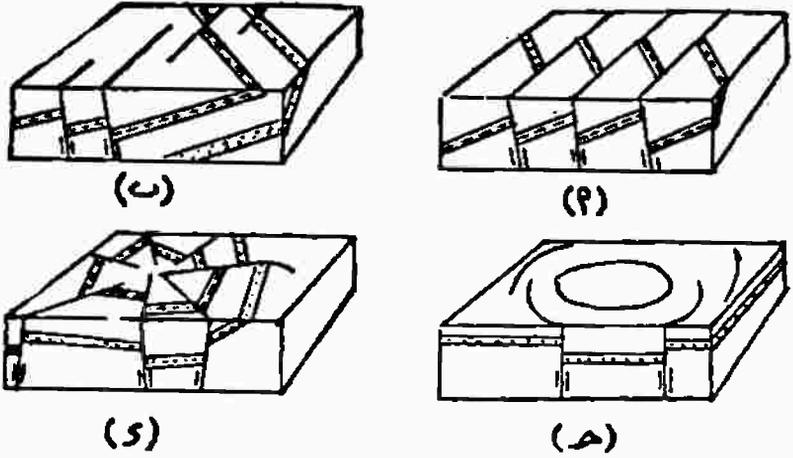
بالخرائط الجيولوجية وأحياناً في القطاعات الرأسية . وطبقاً لهذا التضميم تصنف الفوالق إلى الأنواع الآتية :

١- فوالق متوازية ( Parallel faults ) وهي مجموعة من الفوالق تكون خطوط مضاربيها واتجاه ومقدار ميلها توازي بعضها البعض كما في شكل (١٢٦ - ١) .

٢- فوالق مجاوزة ( En-echelon faults ) وهي عادة فوالق قصيرة نسبياً وتتداخل بعضها مع بعض لدرجات مختلفة كما في شكل (١٢٦ ب) .

٣- فوالق محيطية ( Peripheral faults ) وهي فوالق دائرية أو متفرعة تحيط بمنطقة مستديرة الشكل أو جزء من منطقة مستديرة كما في شكل (١٢٦ - ج) .

٤- فوالق شعاعية ( Radial faults ) وهي مجموعة من الفوالق المتشعبة من نقطة مركزية في المنطقة كما في شكل (١٢٦ - د) .



(شكل ١٢٦)

- ( ١ ) فوالق متوازية .  
 ( ٢ ) فوالق شامعية .  
 ( ٣ ) فوالق متوازية .  
 ( ٤ ) فوالق شامعية .

تصنيف الفالق تبعاً لمقدار زاوية ميل الفوالق : طبقاً لهذا التصنيف تنقسم الفوالق إلى ثلاثة أنواع هي :

- ١ - فوالق ذات ميل صغير : (Low-angle faults) وهي التي لا يزيد مقدار الميل فيها عن ٤٥ درجة .  
 ٢ - فوالق ذات ميل كبير : (High-angle faults) وهي التي تتراوح زاوية الميل فيها بين ٤٥ درجة ، ٩٠ درجة .  
 ٣ - فوالق رأسية : (Vertical faults) وهي تلك التي تكون زاوية ميلها ٩٠ درجة .

( ٤ ) تصنيف الفوالق تبعاً لنوع الحركة الظاهرية للفالق : يعتمد هذا التقسيم الهندسي للفوالق على نوع الحركة الظاهرية للفالق في القطاع الرأسى المتعامد على خطوط مضرب الفالق وطبقاً لهذا التصنيف تنقسم الفوالق إلى نوعين رئيسيين هما :

- ١ - فالق عادي : (Normal fault) وتكون فيه الزحزحة الظاهرية للحائط العلوي إلى أسفل كما في الأشكال ( ١٥٥ ، ١١٧ ، ١١٩ ، ١٢١ ) .
- ( ب ) فالق معكوس : (Reverse fault) وتكون فيه الزحزحة الظاهرية للحائط العلوي إلى أعلى كما في شكل ( ١١٨ ، ١٢٢ ) . وجدبر بالذكر أن الحركة الظاهرية ليس من الضروري أن تكون الحركة الحقيقية على جانبي الفالق كما يتضح من شكل ( ١١٨ ) .

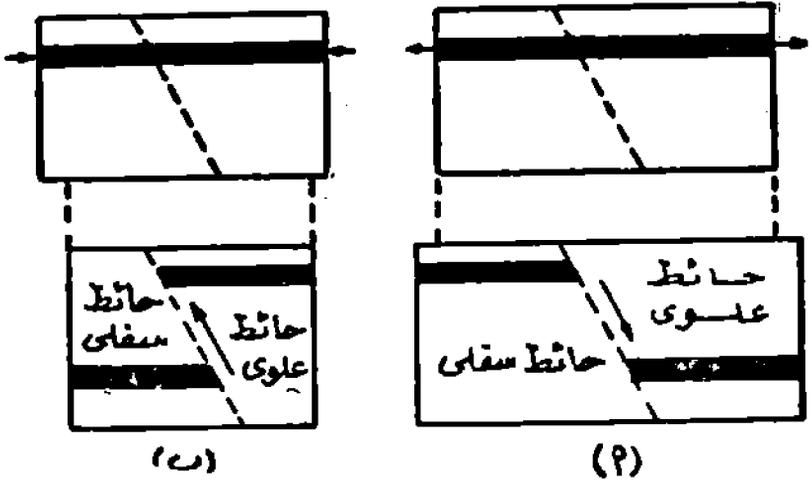
### التصنيف الوريثي للفوالق

- أن التصنيف الوريثي للفوالق يجب أن يأخذ في الاعتبار عوامل أهمها :
- ١ - طبيعة القوى المؤثرة على الصخور مثل الضغط ، الشد ، القص أو الحركات الدورانية .
  - ٢ - الاتجاهات التي تؤثر عليها هذه القوى ، ولكن معلوماتنا الحالية عن الفوالق قاصرة حتى الآن لوضع أسس لمثل هذا النوع من التصنيف .
- وبرغم ذلك فإن هناك اتجاهين للتصنيف الوريثي للفوالق هما :
- ( أ ) تصنيف يعتمد أساساً على الحركات النسبية على جانبي سطح الفالق .

( ب ) تصنيف يعتمد أساساً على نوع الحركات المطلقة .

- ( أ ) أن أفضل تصنيف وراثي للفوالق هو ذلك الذي يعتمد على الحركة النسبية للكتل الصخرية على جانبي سطح الفالق ، وطبقاً لهذا التصنيف يمكن تقسيم الفوالق إلى ثلاثة أنواع هي :

- ١ - فوالق اندفاعية أو معكوسة (Thrust or reverse faults) وفيه تكون حركة الحائط العلوي إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلي ، كما يقل طول الصخر بعد نشأة الفالق كما في شكل ( ١٢٧ - ب ) .



(شكل ١٢٧)

(ب) فالق مكوس .

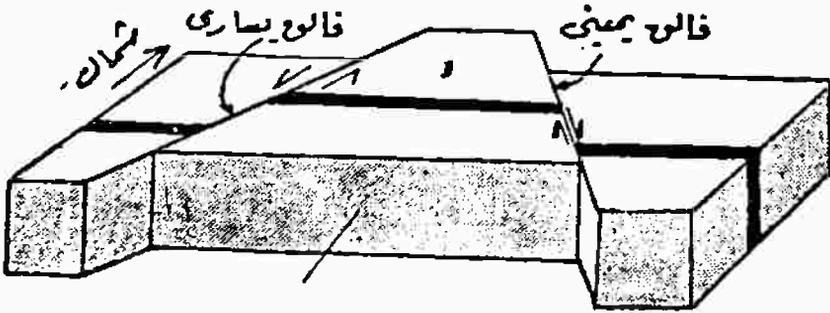
(أ) فالق عادى .

- ٢ - فوالق تنشأ بالجاذبية أو فوالق عادية (Gravity or normal faults) وفيه تكون حركة الحائط العلوى إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلى وفيها يزداد طول الطبقات في القشرة الأرضية نتيجة لعوامل الشد كما في شكل (١٢٧ - أ).
- ٣ - فوالق انزلاقية مضرية وفيها تكون الإزاحة موازية تقريباً لخطوط مضرب الفالق ، أى أن مركبة الانزلاق الميلى تكون صغيرة بالنسبة لمركبة الانزلاق المضربى . ويوضح شكل (١٢٨) فوالق انزلاقية مضرية أحدها يسارى والآخر يمينى .

(ب) تصنيف الفوالق على أساس الحركات المطلقة : يعتمد هذا التصنيف على نوع الحركة المطلقة بالنسبة لمستوى معلوم مثل مستوى سطح البحر ، فعلى سبيل المثال يمكن في حالة الفوالق العادية تمييز خمسة أنواع هي كالآتى :

- ١ - فوالق يبقى فيها الحائط السفلى مكانه بينما يتحرك الحائط العلوى إلى أسفل .

التراكيب والحرائط الجيولوجية



(شكل ١٢٨)  
فوالق انزلاقية مضرية

- ٢- فوالق تكون فيها حركة الخائض السفلى إلى أعلى بينما يبقى الخائض العلوى في مكانه .
  - ٣- فوالق تكون فيها حركة الخائض العلوى إلى أسفل بينما يتحرك الخائض السفلى إلى أعلى .
  - ٤- فوالق تكون فيها حركة الخائطين العلوى والسفلى إلى أسفل ولكن يتحرك الخائض العلوى لمسافة أكبر من الخائض السفلى .
  - ٥- فوالق تكون فيها حركة الخائطين العلوى والسفلى إلى أعلى ولكن يتحرك الخائض العلوى لمسافة أقل من الخائض السفلى .
- وكذلك أيضاً يمكن تمييز خمسة أنواع من الفوالق المعكوسة . وفي حالات كثيرة لا توجد معلومات كافية عن الفالق لدرجة يمكن الاعتماد عليها في تحديد الحركة المطلقة للفاثق .

## ثالثاً : الفواصل

### الصفات العامة للفواصل

الفواصل هي سطوح أو مستويات للتشقق تقسم الصخر إلى أجزاء ذات أحجام مختلفة ولا تحدث زحزحة للكتل الصخرية على جانبي هذه السطوح وتوجد الفواصل في معظم الصخور على سطح الأرض أو بالقرب منه وخاصة في صخور الجرانيت والبازلت والصخور الجيرية والطباشير وكذلك الصخور الرملية ذات الحبيبات المتساوية في الحجم والصخور الطينية .

وفي الصخور الرسوبية يوجد عادة مجموعتان من الفواصل متعامدة على مستوى التتابع . أما في الصخور النارية فيوجد ثلاثة مجموعات من الفواصل إحداها يكون أفقياً وموازيًا لاتجاه انسياب الصخر وتسمى بالفواصل الأفقية ، والمجموعة الثانية تكون عمودية على اتجاه خطوط الانسياب وتسمى بالفواصل القاطعة ، أما المجموعة الثالثة فتكون من الفواصل الطولية التي تمتد في أعماق الصخور ويكون مسقطها الأفقي موازيًا لاتجاه خطوط الانسياب .

وتختلف المسافة بين سطوح الفواصل في التكوين من عدة ملليمترات إلى عدة أمتار ، أما الفواصل البسيطة التي لا توجد في مجموعات فإنها قد تصل إلى مئات أو آلاف الأمتار في الطول والعمق . ويكون سطح الفواصل عادة تام الاستواء ، وأحياناً تكون السطوح محدبة ومقعرة بدرجات مختلفة ويعزى ذلك إلى أصل أولي أو ثانوي . وتوجد الفواصل في أى اتجاه من الرأسى إلى الأفقى ، وقد يكون لها أى زاوية ميل ، ويمكن تحديد اتجاهاتها بخطوط المضرب واتجاه ومقدار الميل ( متجهات الفواصل ) كما في شكل ( ١٢٩ ) .

واتجاه خطوط مضربه شرق غرب ، ويمثل المستوى ( ب و ح هـ ) فاصل رأسى



تماسك الرواسب أو جفافها عند تعرضها لحرارة الشمس ومن أمثلتها التشققات الطينية .

وتستخدم الفواصل بأنواعها المختلفة كمرات أو قنوات للمياه الأرضية النازلة من أعلى إلى أسفل أو للمحاليل المائية الساخنة الصاعدة من أسفل إلى أعلى ، ويتج عن ترسيب المواد المذابة في هذه المحاليل أن تتكون كثير من العروق المعدنية على طول سطوح الفواصل وأهمها عروق الكالسييت والكوارتز وفي حالة الصخور الجيرية التي تذوب بسهولة في المياه المشبعة بثاني أكسيد الكربون تتكون فتحات كبيرة أو كهوف عظيمة نتيجة إذابة الصخور بالمحاليل المارة بالفواصل المنتشرة في الصخر الأصلي ، وتعتبر الفواصل من العوامل الهامة التي تساعد على تفتت الصخور ميكانيكياً وتحللها كيميائياً ؛ كما أنها تسمح لمياه الأمطار والمياه السطحية أن تجد طريقها إلى داخل القشرة الأرضية وبالتالي فإنها تزيد من موارد المياه الأرضية .

### تصنيف الفواصل

تصنيف الفواصل على أساس هندسي أو وراثي . والتصنيف الهندسي للفواصل يعتمد على الناحية الوصفية ، وليس له علاقة بأصل الفواصل . أما التصنيف الوراثة للفواصل فهو أكثر أهمية ويعتمد على طريقة نشأتها .

### أولاً - التصنيف الهندسي للفواصل

طبقاً لهذا التصنيف تقسم الفواصل تبعاً لاتجاهاتها بالنسبة إلى مستوى التطابق واتجاهات ميل الطبقات إلى الأنواع الآتية :

( ١ ) فواصل مضرية وهي التي تكون خطوط مضاربها موازية لخطوط

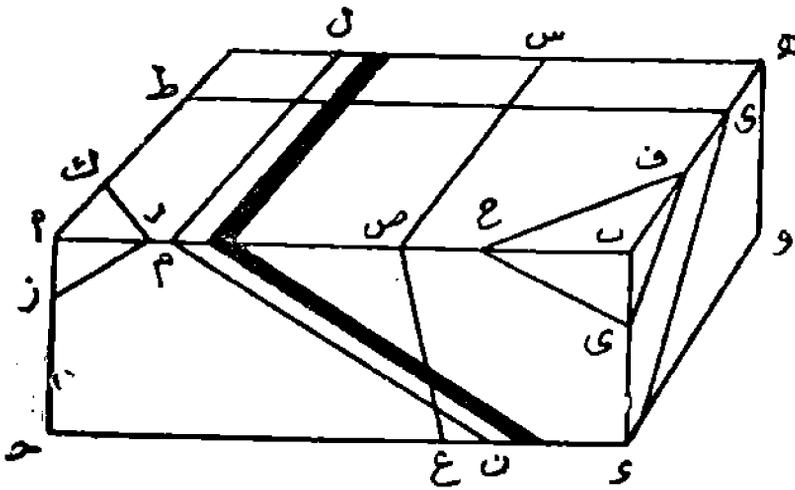
مضرب الطبقات أو لمستويات التركيب الشبكي في حالة بعض الصخور المتحولة .

( ب ) فواصل ميلية وهي التي تكون خطوط مضاربها موازية لاتجاه ميل الطبقة ، أو لاتجاه ميل التركيب الشبكي في حالة الصخور المتحولة .

( ج ) فواصل مائلة : وهي التي تكون خطوط مضاربها مائلة بالنسبة لخطوط مضرب الطبقة واتجاه ميلها .

( د ) فواصل تطابقية : وهي التي تكون سطوحها موازية لسطوح التطابق في الصخور الرسوبية .

يوضح الشكل ( ١٣٠ ) الأنواع المختلفة من الفواصل طبقاً لتصنيفها الهندسي .



( شكل ١٣٠ )

التقسيم الهندسي للفواصل

أ ب د ح ، ط ي د = فواصل ميلية .

ب د و ه ، س ص ع = فواصل مضربية .

ف ح ي ، ك ر ز = فواصل منحرفة أو قطرية .

## ثانياً - التصنيف الوراثي للفواصل

قد تنشأ الفواصل نتيجة لعوامل طبيعية أثناء تكون الصخر وفي هذه الحالة تسمى بالفواصل الأولية ، أو بفعل عوامل الشد والضغط والقص الناتجة عن الحركات الأرضية وتسمى حينئذ بالفواصل الثانوية وقد يتداخل النوعان في نفس المنطقة مكونة مجموعات معقدة من الفواصل .

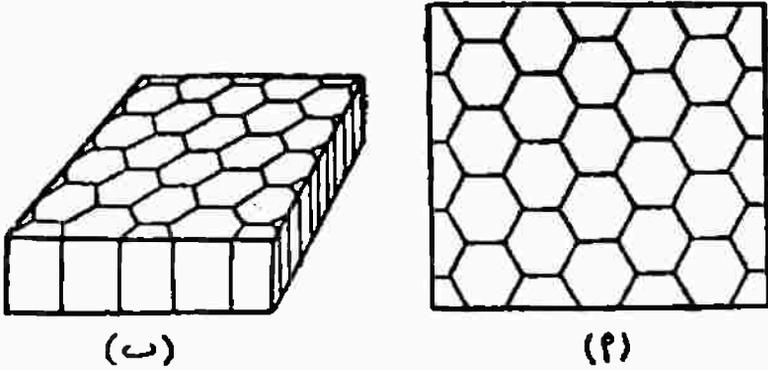
الفواصل الأولية وتتميز بأنها مترامنة مع نشأة الصخر وتكون عادة قصيرة ومقطعة وغير منتظمة الشكل ، وتنشأ هذه الفواصل تحت الظروف الآتية :

( أ ) فواصل ناتجة من تبريد الصهارة وتصلبها ومن أمثلتها تلك التي توجد في صخور الجرانيت والبازلت . ويتصلب صخر البازلت عند درجة حرارة ١٠٠٠ درجة مئوية وأثناء عملية التبريد ينكمش الصخر ، وقوى الشد الناتجة تكون متساوية في جميع الاتجاهات في المستوى الأفقى ، ويؤدى ذلك إلى نشأة ثلاثة كسورة رأسية تحصر بينها زوايا مقدار كل منها ١٢٠ درجة ومتشعبة من عدة مراكز كما في شكل (١٣١) وإذا كانت مراكز الانكماش موزعة بانتظام فإنها تؤدى إلى نشأة أعمدة سداسية الشكل .

( ب ) فواصل تنشأ من تماسك بعض الصخور الرسوبية نتيجة للضغط الواقعة عليها الصخور العلوية ، ومن أمثلتها تلك التي توجد بالصخور الجيرية والطباشير .

( ج ) فواصل تنشأ من جفاف الصخور الطينية عند تعرضها لحرارة الشمس ومن أمثلتها التشققات الطينية .

الفواصل الثانوية وتتميز بأنها لاحقة لنشأة الصخر وتنشأ نتيجة للحركات الانتقالية أو الدورانية التي تتعرض لها الصخور ، وهى تكون طويلة ومستمرة ومنتظمة الشكل وأحياناً يكون لها أشكال هندسية منتظمة لدرجة كبيرة وتوجد في كثير من الصخور الأفقية . ومن الصعب جداً التمييز بين



(شكل ١٣١)

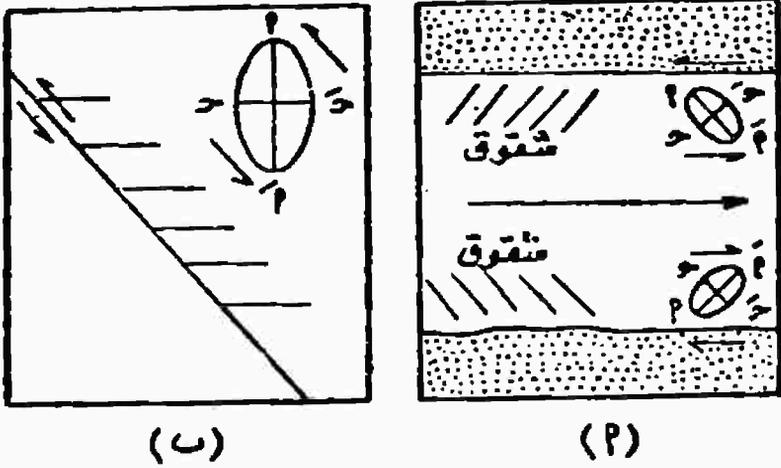
كور سلاية الشكل

(١) السطح العلوي للشريحة .

(ب) شكل مجسم للشريحة .

الفواصل التي تنشأ من عوامل الشد وتلك الناتجة من الضغط أو عوامل القص ، وفواصل الشد الناشئة من القص تمثل ببعض التشققات في التلارجات والفواصل الريشية في الفواتق . ويوضح شكل (١٣٢ - ١) خريطة لتشققات رأسية مائلة على الحد الفاصل بين التلارجة والصخور التي على جانبيها . أما الفواصل الريشية فتوجد في الفواتق ويوضح شكل (١٣٢ - ب) قطاع رأسي في فالتق معكوس وتظهر فيه الفواصل الريشية على الحائط العلوي للفالتق وتكون متعامدة على المحور الأكبر للشكل البيضاوي للالتفعال .

وفي حالة الطيات قد تنشقق الصخور القوية الهشة مكونة فواصل ظاهرة ، أما الصخور الضعيفة اللينة فإنها تسلك سلوكاً لدناً دون أن تتشقق . وفي الطيات المحدبة يتكون على قمة الطية شقوق طويلة موازية لمحور الطية نتيجة لعوامل الشد التي تؤثر على صخور القمة ؛ أما في المنطقة الواقعة تحت المحور المحايد فإنه قد تتكون أيضاً فواصل أقل وضوحاً من تلك التي توجد في قمة الطية المحدبة ، وفي جناحي الطية تتكون أيضاً فواصل بفعل عوامل الشد أو القص .



(شكل ١٣٢)

كسور سداسية الشكل

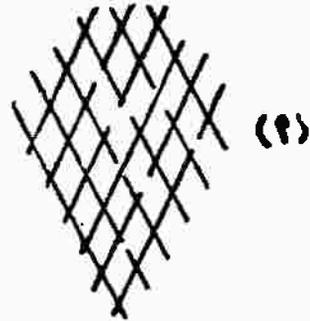
(١) شقوق على جانبي ثلاثة .

(ب) فواصل ريشية في قائل معكوس .

وتوجد قاعدة عامة يمكن تطبيقها في حالة الفواصل التي توجد بالأنواع المختلفة من الصخور ، وتنص هذه القاعدة على أنه في حالة الفواصل الهامة من الناحية التركيبية والتي تتقاطع مع بعضها فإن اتجاه القوة المؤثرة يكون موازياً لاتجاه الزوايا الحادة للشكل الناتج من التقاطع وذلك في حالة الصخور القوية ، أما في حالة الصخور الضعيفة فإن اتجاه القوة المؤثرة يكون موازياً لاتجاه الزوايا المنفرجة للشكل الناتج من تقاطع الفواصل ويوضح شكل (١٣٣) هذه القاعدة .



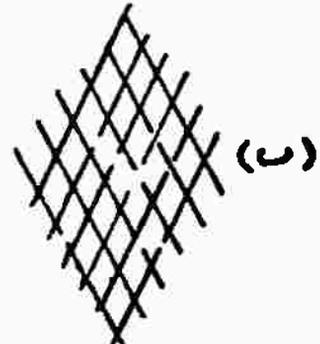
القوى المؤثرة على الصنور



فواصل في صنور قوية (أ)



القوى المؤثرة على الصنور



فواصل في صنور ضعيفة (ب)

(شكل ١٢٣)

القوى المؤثرة على الصنور في حالة الفواصل