

## الفصل الثامن

### تمثيل الفوالق

تظهر الفوالق على الخريطة الجيولوجية إما على شكل خط مستقيم أو منحنى تبعاً لوضع مستوى الفالق رأسياً كان أو مائلاً كذلك شكل طبوغرافية سطح الأرض . ويعبر عن مستوى الفالق باتجاه ميل ومضرب سطح الفالق . وأفضل الطرق لتحديد الفالق هو الملاحظة المباشرة لموقع ظهور الفالق على هضبة شديدة الانحدار أو في نفق أو منجم أو بالاستعانة بالمعلومات التي يمكن تسجيلها مباشرة من الآبار العميقة التي تستخدم في التنقيب عن البترول وفي مثل هذه الحالات يمكن تحديد مركبات الحركة على جانبي الفالق بالاستعانة ببعض القياسات وتوقيعها على الخرائط والقطاعات الرأسية أو الترتيبية .

#### تأثير الفالق الرأسى على الطبقات وطرق تحديد مركبات حركته :

مكشف الفالق الرأسى على الخريطة الجيولوجية يعبر عن المقط الأفقى لخط تقاطع مستوى الفالق مع سطح الأرض ويكون المكتشف خطأ مستقيماً بجميع الأشكال الطبوغرافية لأن جميع نقط خط التقاطع تقع على الأثر الأفقى لمستوى الفالق الذى يكون فى هذه الحالة خطأ مستقيماً ويبين المثال التالى طرق تعيين مركبات حركة الكتل الصخرية على جانبي الفالق والتي تشمل :

- ١ - الانزلاق الكلى للفالق .
- ٢ - الانزلاق الميل للفالق .
- ٣ - الانزلاق المضرب للفالق .

- ٤ - رمية الفالق .
- ٥ - بعد الفالق أو الإزاحة الأفقية .
- ٦ - الفاصل الاستراتيجي .
- ٧ - الفاصل الرأسي .
- ٨ - الفاصل الأفقي .
- ٩ - الحركة النسبية على مستوى الفالق .

### تعيين الانزلاق الكلي للفالق الرأسي :

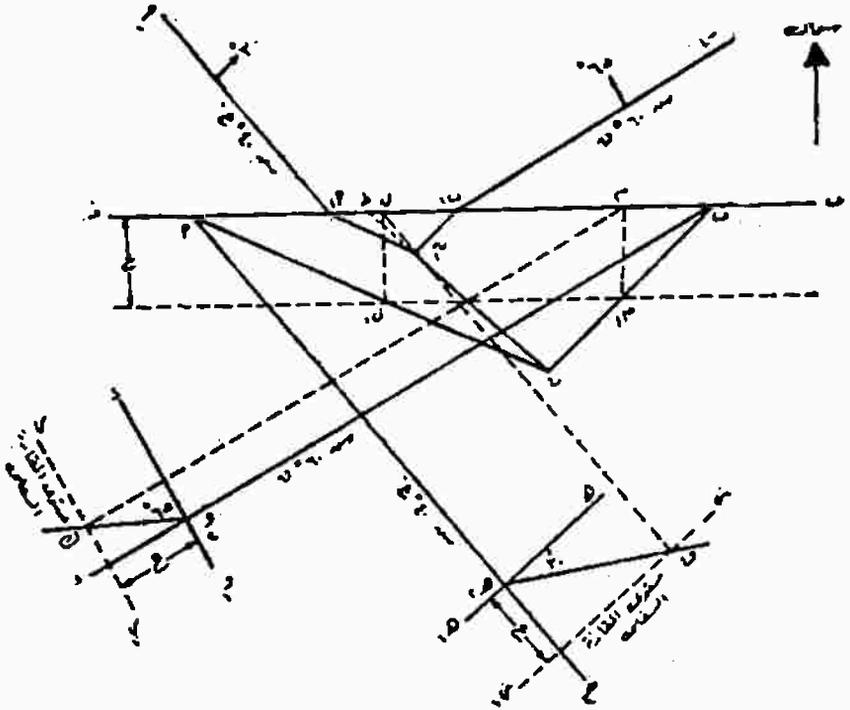
وبين المثال التالي طريقة تحديد الانزلاق الكلي لفالق رأسي بمعلومية اتجاه ميل ومضرب سطحين ( عرقان معدنيان ) متقاطعين تأثيراً بمستوى الفالق .

### المعطيات :

يبين شكل ( ٢٠٣ ) مكشف الفالق الرأسي ( ف - ف ) على سطح منبسط ويتجه المكشف في اتجاه شرق - غرب ويظهر سطح أحد العروق المعدنية عند نقطتي ( ١ ، ٢ ) على الجانب الجنوبي والشمالي للفالق على الترتيب وتتجه خطوط مضربه ( شمال ٤٠° غرب ) بزاوية ميل مقدارها ٣٠° في اتجاه الشمال الشرق ، وكذلك يظهر سطح العرق المعدني الآخر عند نقطتي ( ب ، ١ ) على الجانب الجنوبي والشمالي للفالق على الترتيب وتتجه خطوط مضربه ( شمال ٦٠° شرق ) وتميل بزاوية مقدارها ٦٥° في اتجاه الشمال الغربي . مع العلم بأن كل من النقطتي ١ ، ٢ ، ب ، ١ لها نفس المنسوب ( منسوب مستوى المقارنة ) .

### المطلوب :

تعيين مركبات الحركة ( السابق ذكرها ) على مستوى الفالق .



(شكل ٢٠٣)

تعيين مركبات الحركة للفاثق الرأسى في حالة عرقين معينين .

**العمل :**

١ - من نقطتي ( ٢ ، ١ ) موقعاً العرق المعدنى الأول على جانبي مستوى الفالاق الرأسى نرسم خطا المضرب ( ٢ ، ١ ، ١ ، ١ ) في الاتجاه ( شمال ٤٠ غرب ) وبالمثل من نقطتي العرق المعدنى الثانى ( ب ، ب ) نرسم خطا المضرب ( ب د ، ب د ) في الاتجاه ( شمال ٦٠ شرق ) ويلاحظ أن خطى المضرب للسطح الواحد على جانبي الفالاق متوازيان باعتبار أن الفالاق لم يؤثر في مقدار واتجاه ميل ومضرب السطحين .

٢- تبدأ التخطيط في الجانب الجنوبي للفاثق وعلى خطى المضرب (أ ، ب ، د) نرسم العمودان (هـ ، و ، ز) وعلى أى مسافة مناسبة ولتكن عند النقطتين (هـ ، و) مثلًا ثم نأخذ مسافة = (ع) في اتجاه خطى المضرب ونقيم عمودين (ز ، ز) ، (ر ، ر) على الترتيب .

ويمثل كل من (هـ ، و ، ز) أثر مستوى المقارنة بينما يمثل (ز ، ز) ، (ر ، ر) أثر مستوى المقارنة السفلى (مستوى يبعد عن مستوى المقارنة مسافة رأسية = ع إلى أسفل) .

٣- من النقطتين (هـ ، و) نرسم الزاويتين (هـ ق) =  $30^\circ$

(و و ك) =  $65^\circ$  زاويتي ميل السطحين للعرقين المعدنين على الترتيب .

٤- من النقطتين (ق ، ك) نرسم المستقيمين (ق ل - ك م) يوازيان (أ ، ب ، د) ونمدهما على استقامتهما ليقابلا أثر الفالق الرأسى (ف - ف) في نقطتي (ل ، م) على الترتيب . ويمثل الخط (ق ل) أحد خطوط مضرب سطح العرق المعدنى الأول والذي يقل منسوبه بمسافة رأسية = (ع) عن منسوب مستوى المقارنة ، كذلك يمثل الخط (ك م) أحد خطوط مضرب سطح الخمام الآخر ويقل منسوبه بمسافة رأسية = ع عن مستوى المقارنة . وتمثل نقطتي (ل ، م) المسقط الأفقى لتقاطع مستوى الفالق مع خطا تقاطع مستوى المقارنة السفلى وسطحي العرق المعدنى في الجانب الجنوبي للفاثق .

٥- من نقطتي (ل ، م) نسقط العمودين (ل ل) ، (م م) = ع حيث ل ، م هما موقعا النقطتين (ل ، م) على مستوى الفالق الرأسى بعد دورانه حول الخط (ف - ف) وتطبيقه على المستوى الأفقى (مستوى الخريطة) .

٦- بتوصيل الخطين (أ ل ، ب م) ومددهما على استقامتهما ليتقاطعا في (ن) حيث (أ ل ، ب م) يمثلان خطا تقاطع مستوى الفالق مع كل

من سطحى العرقين ( وقد سبق ذكر طريقة تعيين خط تقاطع مستويين في الفصل السابع ) والنقطة ( ن ) تمثل ملتقى المستويات الثلاثة وهى مستوى الفالق مع سطحى العرقين .

٧- وبالمثل يمكن اتباع نفس التواعد السابقة على الجانب الشمالى من مستوى الفالق لإيجاد نقطة تقاطع المستويات الثلاثة . مستوى الفالق وسطحى العرقين . غير أنه اختصاراً للعمل وبمعلومية أن الفالق لم يؤثر على مقدار اتجاه ميل ومضرب سطحى العرقين على جانبي مستوى الفالق فيكون خطا تقاطع مستوى الفالق مع كل من سطحى العرقين على جانبي الفالق متوازيان ، لذلك نرسم ( ١ ن ) ، يوازي ( ٢ ن ) ، ( ب ١ ن ) ، يوازي ( ب ن ) فتكون نقطة ن ١ هى نقطة تلاقى المستويات الثلاثة على الجانب الشمالى للفالق الرأسى .

٨- قبل حدوث الفالق كانت النقطتين ( ن ) ، ن ١ منطبقتين وبعد حدوثه قد تباعدتا بمقدار الانزلاق الكلى للفالق = ن ن ١ . . . . . ( ١ )  
وبعد ( ن ن ١ ) على استقامته حتى يلاقى أثر الفالق ف ف عند نقطة ط فإن الزاوية التى يصنعها ( ن ط ) مع خط أفقى ( أثر مستوى المقارنة ) ف ف = زاوية انحراف الانزلاق الكلى = الزاوية ( ن ١ ط ف ) ، وحيث أن الفالق رأسى فإن زاوية انحراف الانزلاق الكلى = زاوية الغطس للانزلاق الكلى = الزاوية ( ن ١ ط ف ) .

الانزلاق الميلى = الانزلاق الكلى × جا ( زاوية الانحراف ) = ( ن ن ١ )  
جا زاوية ( ن ١ ط ف ) . . . . . ( ٢ )  
الانزلاق المضربى = الانزلاق الكلى × جتا ( زاوية الانحراف ) = ( ن ن ١ )  
جتا زاوية ( ن ١ ط ف ) . . . . . ( ٣ )

وحيث أن مستوى الفالق رأسى يكون

( ٤ ) رمية الفالق = الانزلاق الميلى

( ٥ ) الإزاحة الأفقية للفالق = صفر

الفواصل الاستراتيجى = طول العمود النازل بين سطح طبقة واحدة على جانبي الفائق في القطاعات الرأسية .

الفواصل الرأسى = المسافة الرأسية المحصورة بين سطح طبقة واحدة على جانبي الفائق في القطاعات الرأسية .

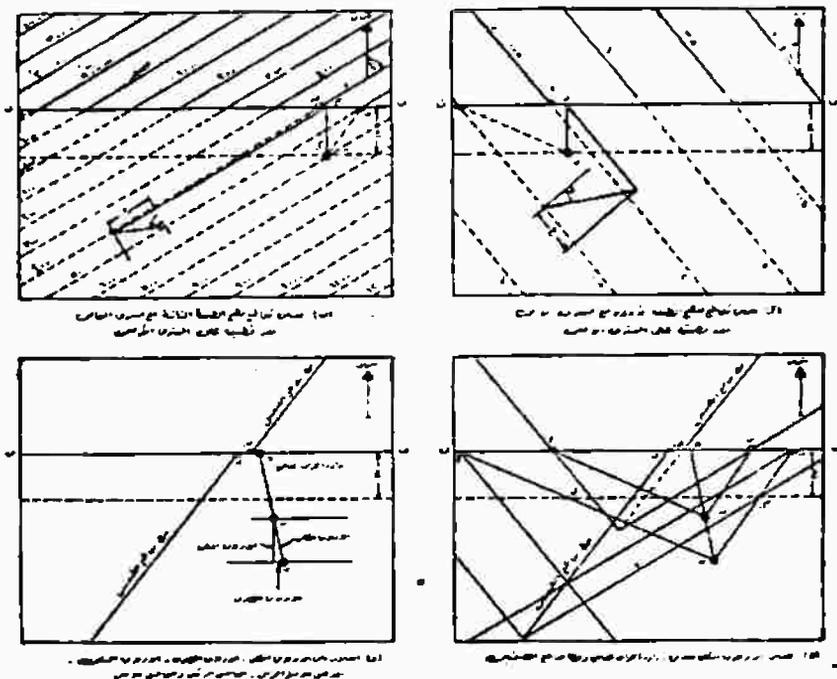
الفواصل الأفقى = المسافة الأفقية المحصورة بين سطح طبقة واحدة على جانبي الفائق في القطاعات الرأسية .

ويلاحظ أن قياس الفواصل الاستراتيجى والفواصل الرأسى والفواصل الأفقى يكون من القطاعات الرأسية القياسية التى فيها المقياس الرأسى مساوياً للمقياس الأفقى .

وتحدد الحركة النسبية على مستوى الفائق من وضع نقطة ن بالنسبة للنقطة ن<sub>١</sub> حيث تقع نقطة ن (الأقل نسبياً) يمين النقطة ن<sub>١</sub> (الأعلى نسبياً) فتكون الحركة النسبية إلى يمين الجانب الجنوبى للفائق .

وبتطبيق نفس القواعد سابقة الذكر على الطبقات التى تأثرت بفائق رأسى يمكن تحديد مركبات الحركة للفائق الرأسى بطريقة تخطيطية كما هو موضح بالشكل (٢٠٤) ويلاحظ أنه يمكن تعيين رمية الفائق (ف ف) مباشرة بإيجاد الفرق بين ترقيم خط مضرب واحد لنفس السطح ماراً بجانبى الفائق أى الفرق بين ترقيم خط المضرب المار بنقطة (١) مثلاً في الجانب الشمالى من الفائق (٥٠٠) وترقيم امتداد نفس خط المضرب عندما يمر إلى الجانب الجنوبى من الفائق (٤٠٠) وتكون .

رمية الفائق = ٥٠٠ - ٤٠٠ = ١٠٠ متر وفى الاتجاه الجنوبى من الفائق .



(شكر ٢٠٤)

تأثير الفالق الرأسى على الطبقات

تأثير الفالق المائل على الطبقات وطرق تحديد مركبات حركته :

يكون مكشف الفالق المائل على الخريطة الجيولوجية على هيئة منحنى بسيط أو مركب تبعاً لطبوغرافية السطح وزاوية ميل مستوى الفالق فتكون منحنيات منتظمة قليلة التمرج في الفوالق التي تتراوح زاوية ميلها بين (١٠° إلى ٣٠°) ويزداد المكشف تعرجاً في الفوالق الكبيرة الميل (٤٠° إلى ٧٠°) ويكون مكشف الفالق المائل بدرجات الميل المختلفة خطأً مستقيماً في حالة خاصة وهي أن يكون سطح الأرض مستوياً كما هو الحال في السهول حيث يتقاطع مستوى الفالق مع سطح الأرض المستوي في خط قريب جداً من المستقيم . ويتحدد مكشف الفالق المائل برسم منحنى تقاطع مستوى الفالق مع سطح الأرض تماماً كما في حالة الطبقات المائلة ، بتحديد نقط المكشف

المشتركة بين خطوط مضرب الفالق وكتتورات السطح التي تقع على نفس المنسوب ويمثل المنحنى الواصل بين هذه النقط مكشف الفالق . ويحتاج تحديد متجهات مستوى الفالق المائل في الفراغ إلى ثلاثة مركبات وقد سبق شرح الطرق التخطيطية بمعلومية المتغيرات الثلاث عند شرح طرق رسم مكاشف الطبقات المائلة ، حيث تطبق هنا نفس القواعد لتحديد مكاشف الفوالق المائلة .

ف - ف مكشف الفالق المائل على سطح أرض مستوية .

ف<sub>١</sub> - ف<sub>١</sub> المقط الأفقي لمستوى المقارنة السفلى ( يبعد مسافة = ع عن مستوى المقارنة .

ف<sub>٢</sub> - ف<sub>٢</sub> أثر مستوى المقارنة السفلى بعد تطبيقه ( ي<sub>١</sub> محور دوران )  
ن ن<sub>١</sub> = المقط الأفقي للانزلاق الكلي للفالق .

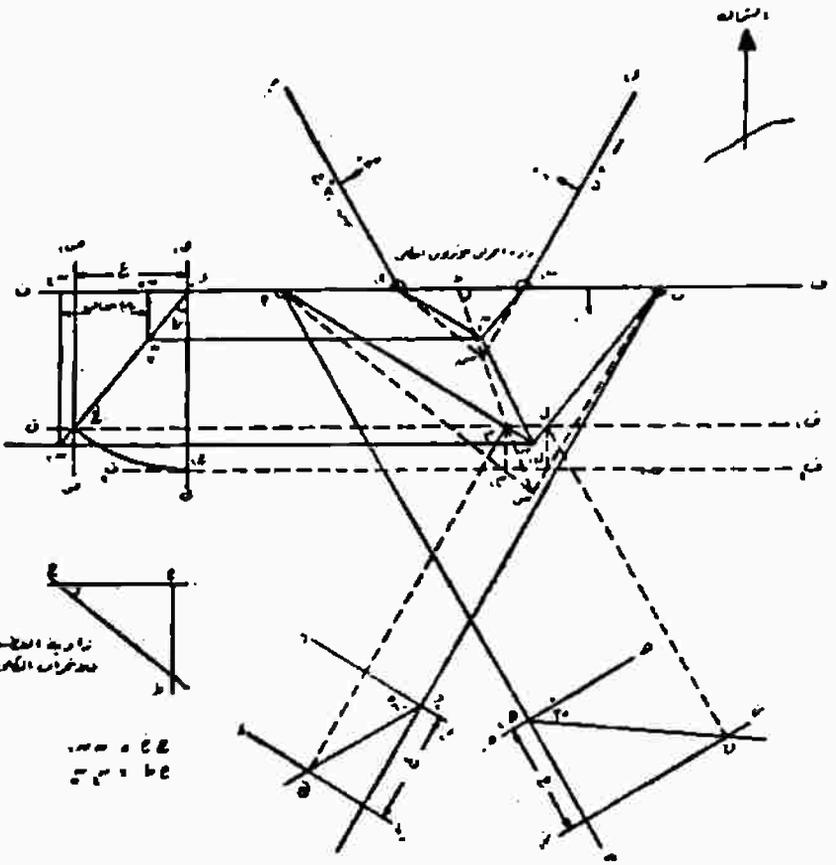
س س<sub>١</sub> = الانزلاق الكلي للفالق .

### لعيّن مركبات الحركة للفالق المائل :

يوضح المثال التالي طريقة تعيين الانزلاق الكلي للفالق المائل بمعلومية متجهات ( المضرب والميل ) سطحى طبقتين متقاطعتين على جانبي مستوى الفالق .

### المعطيات :

يبين شكل ( ٢٠٥ ) مكشف فالتق مائل ( ف - ف ) على سطح أرض مستوية وتتجه مضاربه ( شرق - غرب ) بزاوية ميل مقدارها ٤٠° في اتجاه الجنوب ، ويظهر سطح طبقة رقيقة عند نقطتي ( ١ ، ٢ ) على الجانب الجنوبي والشمالى للفالق على الترتيب وتتجه خطوط مضربها ( شمال ٣٠° غرب ) بزاوية ميل مقدارها ٣٥° في اتجاه الشمال الشرقى كذلك يظهر سطح طبقة



(شكل ٢٠٥)

تعيين مركبات حركة الفائق المائل

رقيقة أخرى عند نقطتي ( ب . ب١ ) على الجانب الجنوبي والشمالي للفائق  
 وتوجه خطوط مضرهما ( شمال ٣٠ شرق ) بزاوية ميل مقدارها ٦٠ في اتجاه  
 الشمال الغربي . مع العلم بأن كل من النقط ( ب١ ، ب١٠ ، ب١١ ، ب١٢ ) لها  
 نفس المنسوب ( منسوب مستوى المقارنة ) .

**المطلوب :**

تعيين مركبات الحركة ( السابق ذكرها ) على مستوى الفائق المائل .

## العمل :

١ - من النقطتين (١، ٢) نرسم خطا المضرب (٢، ٣، ٤، ٥) في الاتجاه (شمال ٣٠° غرب) وبالمثل من النقطتين (ب، ب١) نرسم خطا المضرب (ب د، ب١ د١) في الاتجاه (شمال ٣٠° شرق).

٢ - تبدأ التخطيط في الجانب الجنوبي للفاثق ، وعلى الثلاث خطوط (ف ف) ، (أ ح) ، (ب د) خطوط مضرب الفائق والطبقتين الرقيقتين وهي تمثل خطوط أفقية تقع في مستوى الفائق المائل وسطحي الطبقتين نشأ القطاعات الرأسية بإقامة الأعمدة ي ي١ ، ه ه١ ، و و١ (تمثل هذه الأعمدة أثر مستوى المقارنة) ثم تأخذ مسافة = ع في اتجاه ف ف ، ف ف ، ب د ثم نقيم الأعمدة ص ص١ ، ز ز١ ، ر ر١ على الترتيب (تمثل هذه الأعمدة أثر مستوى المقارنة السفلى والذي يبعد مسافة رأسية = ع عن مستوى المقارنة).

٣ - من الثلاث نقط ي١ ، ه١ ، و١ نرسم للثلاث زوايا .

(ي ي غ) = ٤٠° (زاوية مستوى الفائق) .

(ه ه ق) = ٣٥° (زاوية ميل سطح الطبقة الأولى) .

(و و ك) = ٦٠° (زاوية ميل سطح الطبقة الثانية) .

٤ - من الثلاث نقط (غ ، ق ، ك) نرسم المستقيمات الثلاثة

(ف١ ف١) يوازي (ف ف) ، (ق ل) يوازي (أ ح) ، (ك م) يوازي

(ب د) ويمثل الخط (ف١ ف١) خط مضرب آخر للفاثق يقل في المنسوب

بمسافة رأسية = ع عن (ف ف) ويمثل الخط (ق ل) خط مضرب آخر

لطبقة الأولى يقل في المنسوب بمسافة رأسية = ع عن (أ ح) ويمثل الخط

(ك م) خط مضرب آخر للطبقة الثانية يقل في المنسوب بمسافة رأسية = ع

عن (ب د) وتمثل نقطتي (ل ، م) المسقط الأفقي لتقاطع مستوى الفائق

لمائل مع خطا تقاطع مستوى المقارنة السفلى وسطحي الطبقتين (في الجانب

الجنوبي للفاثق) .

٥ - من النقطتين ( ل ، م ) نقط العمودان ( ل ل ، م م ) على ف<sub>٢</sub> ف<sub>٢</sub> أثر مستوى المقارنة السفلى بعد دورانه حول ( ف ف ) مستخدمين ( ي ، غ ) كنصف قطر الدوران وتطبيقه على المستوى الأفقى ( مستوى الخريطة ) .

٦ - بتوصيل الخطين ( م ، ب ل ) ومدهما حتى يتقاطعا في ( ن ) كذلك توصل الخطين ( م ، ب م ) ومدهما حتى يتقاطعا في ( مر ) . يمثل ( م ، ب ل ) المسقط الأفقى لخطا تقاطع مستوى الفائق مع سطحى الطبقتين ، ويمثل م ، ب ل خطا تقاطع مستوى الفائق مع سطحى الطبقتين كما يظهران على مستوى الفائق المائل . نقطة ( ن ) تمثل المسقط الأفقى لتلاقى مستوى الفائق مع سطحى الطبقتين ( في الجانب الجنوبي للفائق ) نقطة ( مر ) تمثل نقطة تلاقى مستوى الفائق مع سطحى الطبقتين على مستوى الفائق .

٧ - وبالمثل يمكن اتباع نفس القواعد السابقة على الجانب الشمالي للفائق لتحديد تقاطع المستويات الثلاثة غير أنه اختصاراً للعمل وبمعلومية أن الفائق لم يؤثر على مقدار اتجاه ميل ومضرب سطحى الطبقتين فيكون خطا تقاطع مستوى الفائق مع سطحى الطبقتين على جانبي الفائق متوازيان ، فترسم ( م ل ، ل ل ) يوازي ( م ن ) ، ( ب ن ، ن ن ) ، ( م ن ، ن ن ) ، ( م ل ، ل ل ) يوازي ( م ن ) - ( ب ن ، ن ن ) يوازي ب ن فتكون النقطة ن<sub>١</sub> هي المسقط الأفقى لتلاقى المستويات الثلاثة ، مستوى الفائق و سطحى الطبقتين على الجانب الأفقى لتلاقى المستويات الثلاثة ، مستوى الفائق و سطحى الطبقتين على الجانب الشمالي للفائق ، ونقطة ( مر ) هي نقطة تلاقى المستويات الثلاثة كما تظهر في مستوى الفائق المائل .

٨ - المسقط الأفقى للانزلاق الكلى = ن ن<sub>١</sub> .

الانزلاق الكلى ( م قاس في مستوى الفائق المائل ) = ( م م ) ( م ) ( ٦ )

ويعد ( م م ) حتى يقابل ف ف في ط تكون

زاوية انحراف الانزلاق الكلى = زاوية م ط ب

الانزلاق الميلى = الانزلاق الكلى = حا (زاوية الانحراف) = مس مس<sub>١</sub>

حا (مس ط<sup>ا</sup>) . . . . . (٧)

الانزلاق المضربى = الانزلاق الكلى = جتا (زاوية الانحراف) = مس مس<sub>١</sub>

جتا (مس ط<sup>ا</sup>) . . . . . (٨)

ولتعيين زاوية غطس الانزلاق الكلى يجب تحديد منسوب النقطتين ن ، ن<sub>١</sub> ولنلك نرسم الخطين (ن ن<sub>١</sub> ، ن<sub>١</sub> ن<sub>٢</sub>) يوازيان الخط (ف ف) ليقابلا امتداد الخط (ى<sub>٢</sub> غ) فى نقطتى (ن<sub>٢</sub> ، ن<sub>١</sub>) ثم من (ن<sub>٢</sub> ، ن<sub>١</sub>) نقيم الأعمدة (ن<sub>٢</sub> ن<sub>٣</sub> ، ن<sub>١</sub> ن<sub>٤</sub>) على (ف ف) فيكون ن<sub>٣</sub> ن<sub>٤</sub> هو الفرق فى المنسوب بين نقطتى ن ، ن<sub>١</sub> (بمقياس رسم الخريطة الأفقى) ثم ننشأ المثلث القائم الزاوية (ح خ ظ) فيه ح خ = ن ن<sub>١</sub> ، خ ظ = ن<sub>٣</sub> ن<sub>٤</sub> ن. فيكون ظ خ = الانزلاق الكلى مس مس<sub>١</sub> والزاوية ظ ح خ زاوية غطس الانزلاق الكلى .

رمية الفائق = ن<sub>١</sub> ن<sub>٢</sub> = الانزلاق الكلى × حا (زاوية الغطس للانزلاق

لللكلى) . . . . . (٩)

رمية الفائق = الانزلاق الميلى × حا (زاوية ميل الفائق) . . . . . (١٠)

رمية الفائق = الانزلاق الكلى × جا (زاوية انحراف الانزلاق الكلى)

× جا (زاوية ميل الفائق) . . . . . (١١)

. . . حا (زاوية الغطس للانزلاق الكلى) = جا (زاوية انحراف

الانزلاق الكلى) × جا (زاوية ميل الفائق) . . . . . (١٢)

الإزاحة الأفقية للفائق = الانزلاق الكلى × حا ∞ حتا ∅ . . . . . (١٣)

حيث ∞ = زاوية انحراف الانزلاق الكلى

∅ = زاوية ميل الفائق

الإزاحة الأفقية للفائق = الانزلاق الميلى × جتا (زاوية ميل الفائق)

. . . . . (١٤)

ومن المعادلتين (١٠) ، (١٤) بالقسمة يتج

$$(١٥) \quad \frac{\text{رمية الفالق}}{\text{الإزاحة الأفقية للفاالق}} = \text{ظا (زاوية ميل الفالقي)}$$

ولتعيين الفاصل الاستراتيجي والرأسي والأفقى يمكن الاستعانة بالقطاعات الرأسية القياسية التي يكون فيها مقياس الرسم الرأسى مساوياً لمقياس الرسم الأفقى .

وتحدد الحركة النسبية على مستوى الفالقي من الوضع النسبي للنقطتين (س، س<sub>١</sub>) حيث تحركت نقطة (س) تقاطع مستوى الفالقي وسطحي الطبقتين في الجانب الجنوبي للفاالق إلى اليمين أسفل النقطة (س<sub>١</sub>) نقطة تقاطع المستويات الثلاثة على الجانب الشمال للفاالق .

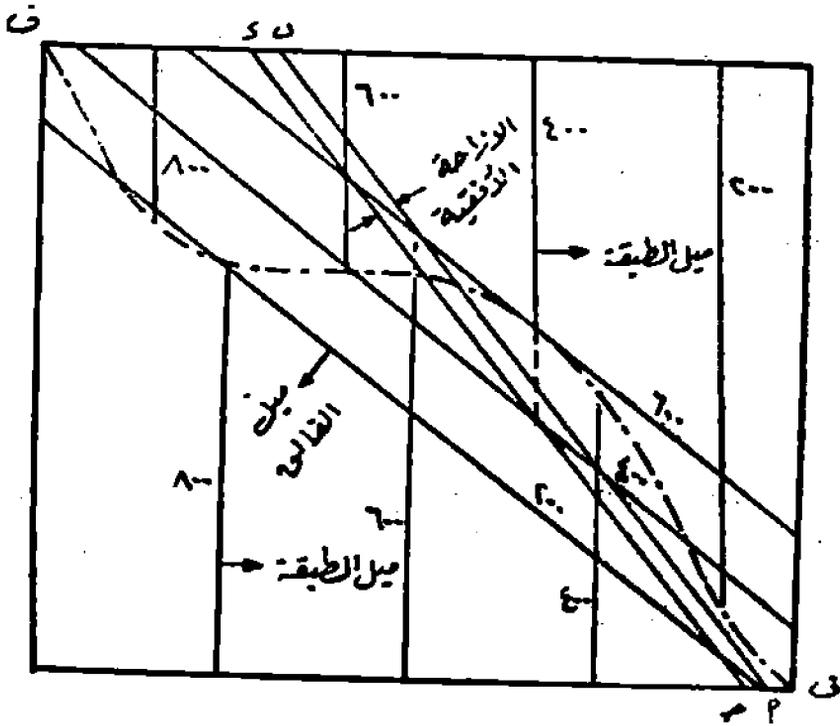
ويلاحظ في الفالقي المائل أنه لا يمكن تعيين رمية الفالقي مباشرة من الخريطة كما في حالة الفالقي الرأسى ولكن تطبق المعادلة رقم (١٥) .

### تعيين الإزاحة الأفقية للفاالق المائل :

لتعيين الإزاحة الأفقية للفاالق المائل لا بد من تحديد المسقط الأفقى لخط تقاطع مستوى الفالقي مع أحد سطوح الطبقات على جانبي الفالقي وقياس المسافة بين هذين الخطين في المسقط الأفقى ، وهناك عدة طرق لتعيين الإزاحة الأفقية للفاالق بعضها يعتمد على الرسم والآخر على الحساب وتتوقف الطريقة المستخدمة على متجهات الطبقة ( الميل والمضرب ) كذلك على متجهات الفالقي ( الميل والمضرب ) . وتبين الأمثلة التالية الطرق المختلفة لتعيين الإزاحة الأفقية للفاالق .

أولاً - خطوط مضرب الفالقي تقاطع مع خطوط مضرب الطبقة :

في حالة تقاطع خطوط مضرب الفالقي مع خطوط الطبقة يصبح



(شكل ٢٠٦)

تعيين الإزاحة الأفقية للفتل المائل إذا تقاطعت خطوط مضربه مع خطوط مضرب الطبقة

من السهل تحديد خط تقاطع مستوى الفتل مع سطح الطبقة على جانبي الفتل بإيجاد نقط تقاطع خطوط مضرب الفتل مع خطوط مضرب الطبقة المتحددة معها في المنسوب على جانب الرمية العلوية للفتل وتوصيلها بخط مستقيم  $AB$  (خط تقاطع مستويين) ثم ننج نفس الطريقة في إيجاد خط التقاطع بين مستوى الفتل ونفس السطح على جانب الرمية السفلية ( $CD$ ) ويلاحظ أن خطا تقاطع الرمية العلوية والسفلى متوازيان كما هو موضح بالشكل (٢٠٦) وتمثل المسافة العمودية بينهما الإزاحة الأفقية للفتل (بمقياس رسم الخريطة).

ثانياً - خطوط مضرب الفالق توازي خطوط مضرب الطبقة :

الحالة الأولى - ميل الفالق في اتجاه ميل الطبقة :

### ١ - الطريقة التخطيطية

١ - نختار أحد خطوط مضرب الفالق ونخط مضرب للطبقة على جانبي

الفالق لهما نفس المنسوب ( ٦٠٠ مثلا ) كما في شكل ( ٢٠٧ ) .

٢ - من أى نقطة على مضرب الفالق نقيم عموداً يقطع خط مضرب

الطبقة على جانبي الفالق .

٣ - من نقطة تلاقى العمود مع مضرب الفالق نرسم الخط ( أ ب ) يصنع

زاوية تساوى زاوية ميل الفالق ( ولتكن  $50^\circ$  ) ، ومن نقطة تلاقى العمود مع

مضرب الطبقة على جانب الرمية العلوية نرسم الخط ( ح د ) يصنع زاوية ميل

الطبقة كذلك من نقطة تلاقى العمود مع مضرب الطبقة على جانب الرمية

السفلية ، نرسم الخط ( ه و ) يصنع زاوية ميل الطبقة ( ولتكن  $30^\circ$  ) .

٤ - نمد الخطين ( أ ب ، ح د ) حتى يتلاقيا في نقطة ( ل ) كذلك نمد

( أ ب ، ه و ) حتى يتقابلا في ( م ) .

٥ - من كل من ( ل ، م ) نرسم خطين يوازيان خطوط المضرب

فيكونا هما المسقط الأفقى لخط تقاطع مستوى الفالاق مع سطح الطبقة على جانبي

الفالق وتكون المسافة العمودية بينهما هى الإزاحة الأفقية للفالق والفرق فى

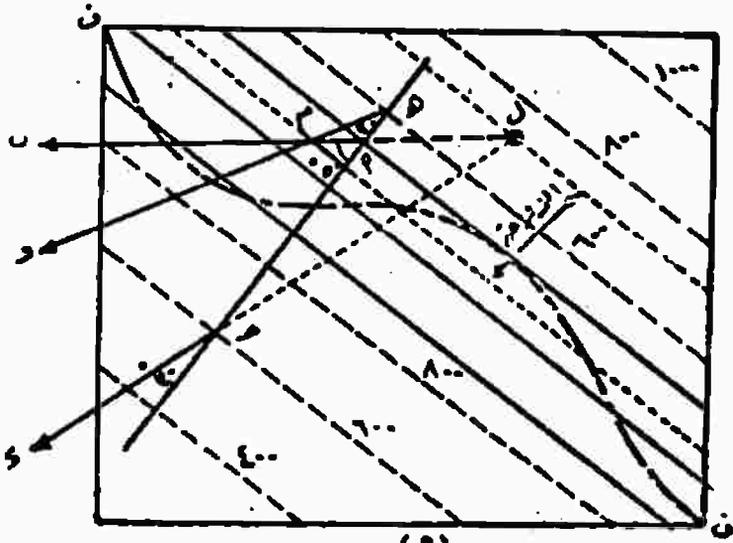
المنسوب بينهما هو رمية الفالق .

### ٢ - الطريقة الحسابية :

تفترض وجود مستويان رأسيان يمر أحدهما بخط تقاطع مستوى الفالاق

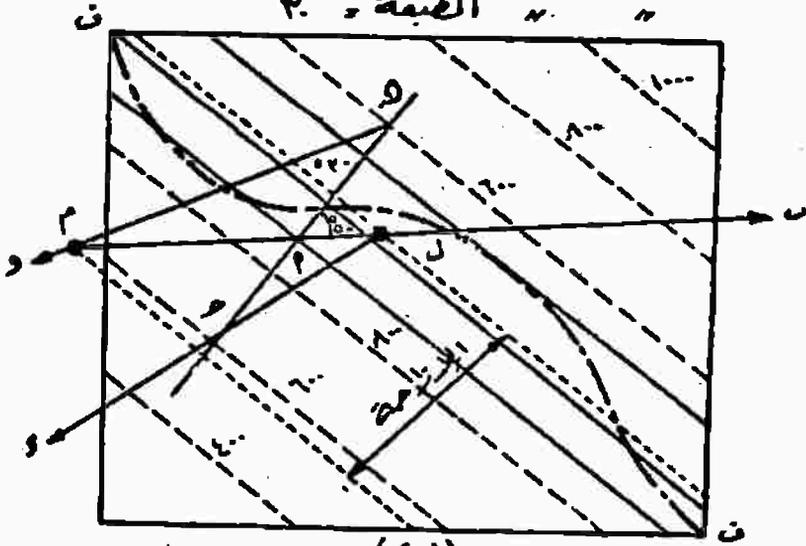
مع سطح الطبقة فى جانب الرمية العلوية وحيث إن خطوط مضرب الفالاق

وخطوط مضرب الطبقة متوازيان فلا بد أن يكون خط تقاطعها يوازي خطوط



(أ)

ميل الفالق في اتجاه ميل الطبقة  
 زاوية ميل الفالق = ٥٠°  
 " " الطبقة = ٣٠°



(ب)

ميل الفالق على ميل الطبقة

(شكل ٢٠٧)

الطريقة التخطيطية لتبين الإزاحة الأفقية لفاق المائل عند  
 تولد خطوط ضرب الفالق مع خطوط ضرب الطبقة

المضرب ، ويقطع المستوى الرأسى الآخر كلا من سطح الطبقة ومستوى الفائق  
 فى خطين مضربين ينطبقان على بعضهما فى المسقط الأفقى ( مستوى الخريطة )  
 فإذا كان منسوب خط مضرب الفائق = ( ع ن ) ، ومنسوب خط مضرب  
 الطبقة المنطبق معه = ( ع ط ) ، وكان منسوب خط تقاطع المستويين المراد  
 تحديده هو ( م ) كما فى شكل ( ٢٠٨ ) يتبين أن :

$$\text{ب} = \frac{\text{أ} \text{ب}}{\text{ظا } \phi} = \frac{\text{ب} \text{د}}{\text{ظا } \theta} \text{ وبالتعويض بدلا له المناسب نجد أن}$$

$$(١٦) \quad \frac{\text{ع ن} - \text{ع ط}}{\text{ظا } \phi} = \frac{\text{م} - \text{ع ط}}{\text{ظا } \theta}$$

ومن هذه المعادلة يمكن حساب منسوب خط تقاطع مستوى الفائق مع  
 سطح الطبقة بمعلومية زاوية ميل الفائق (  $\phi$  ) ، زاوية ميل الطبقة (  $\theta$  ) ،  
 وترقيم خطين مضربين منطبقين أحدهما للفائق والآخر لسطح الطبقة .  
 وتتبع الخطوات الآتية عند تطبيق الطريقة الحسابية على المثال السابق  
 الموضح بشكل ( ٢٠٧ - أ ) :

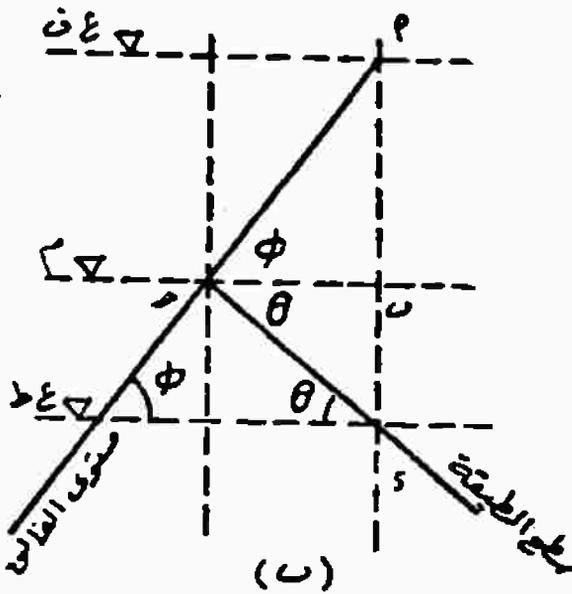
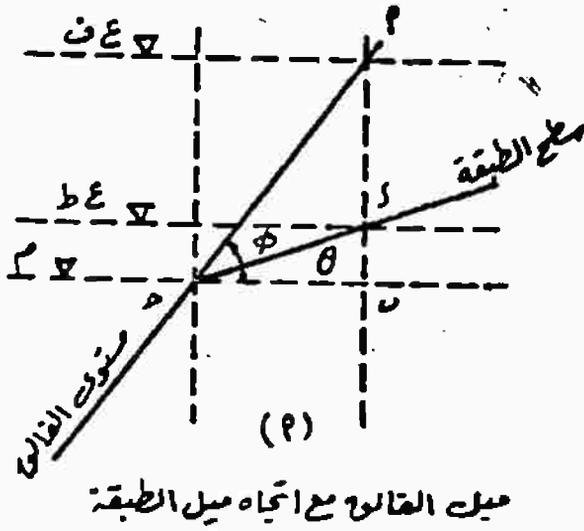
١ - نختار خط مضرب للفائق وليكن الخط ٦٠٠ = ع ن ونوجد ترقيم  
 خط مضرب سطح الطبقة المنطبق معه على جانب الرمية العلوية للفائق .  
 = ٥٠٠ = ع ط .

وبتطبيق المعادلة ( ١٦ )

$$\therefore \frac{\text{م} - ٥٠٠}{\text{ظا } ٥٠} = \frac{\text{م} - ٦٠٠}{\text{ظا } ٣٠}$$

$$\therefore \frac{\text{م} - ٥٠٠}{١,٢} = \frac{\text{م} - ٦٠٠}{-٠,٦} \therefore \text{م} = ٧٠٠ \text{ متراً .}$$

وهو منسوب خط تقاطع مستوى الفائق مع سطح الطبقة على جانب الرمية  
 العلوية .



ميل القالب عكس ميل الطبقة

(شكل ٢٠٨)

الطريقة الحسابية لتحديد الإزاحة الأفقية للقالب المائل عند  
توازي خطوط مضربه وتخطوط مضرب الطبقة

٢- نرسم خطاً يحمل المنسوب (٧٠٠) ويوازي خطوط المضرب فيكون هو خط التقاطع .

٢- نكرر العمل بنفس الخطوات السابقة لتحديد منسوب خط تقاطع مستوى الفائق مع سطح الطبقة على جانب الرمية السفلية ثم نرسم خطاً يحمل هذا المنسوب ويوازي خطوط المضرب فيكون هو خط التقاطع للرمية السفلية . والمسافة بين الخطين هي الإزاحة الأفقية للفائق والفرق في المنسوب هو رمية الفائق .

الحالة الثانية - ميل الفائق عكس ميل الطبقة :

١ - الطريقة التخطيطية :

تتبع نفس القواعد السابق شرحها في الحالة الأولى مع ملاحظة أنه عند توقيع زاوية ميل الفائق على خط مضرب الفائق يراعى أن يكون الخط  $پ$  في اتجاه ميل الفائق أي عكس اتجاه قياس زاوية ميل الطبقة كما في شكل (٢٠٧ ب) .

٢ - الطريقة الحسابية :

يتضح من شكل (٢٠٩ ب) .

$$\frac{ع - ب}{\theta} = \frac{پ}{\phi} \Rightarrow \text{المثلث } پ \text{ فيه } ب$$

$$\frac{د - م}{\theta} = \frac{د}{\phi} \Rightarrow \text{المثلث } د \text{ فيه } د$$

$$(١٧) \quad \frac{د - م}{\theta} = \frac{ع - ب}{\phi}$$

وبتطبيق الطريقة الحسابية التي سبق شرحها في المثال الموضح بالشكل التراكيب والخرائط الجيولوجية

(٢٠٧) نحصل على منسوب خط تقاطع مستوى الفالق مع سطح الطبقة على جانبي الفالق بالطريقة الآتية :

نختار مضرب الفالق عن  $= ٢٠٠$  م وبمعين منسوب خط مضرب الطبقة المنطبق عليه  $ع = ٥٠٠$  ، وبتطبيق المعادلة (١٧)

$$\therefore \frac{٥٠٠ - ٢}{٠,٦} = \frac{٢ - ٢٠٠}{١,٢} \therefore \therefore م = ٤٠٠ \text{ متراً}$$

وهو منسوب خط تقاطع مستوى الفالق مع سطح الطبقة على جانب الرمية العلوية للفالق ، ونرسم خطأ يحمل هذا المنسوب ويوازي خطوط المضرب فيكون هو خط التقاطع المطلوب ثم يكرر العمل بالنسبة لجانب الرمية السفلية .  
ويلاحظ أن هناك بعض الفروق بين النتائج بالطرق التخطيطية والأخرى بالطرق الحسابية ، غير أن هذه الفروق ضئيلة وناتجة من اختلاف دقة كل من الطريقتين وإن كانت الطرق التخطيطية أكثر تطبيقاً .

### حسابات الفوالق في القطاعات الرأسية :

يوضح المثال التالي كيفية حساب مركبات حركة الفالق من القطاعات الرأسية .

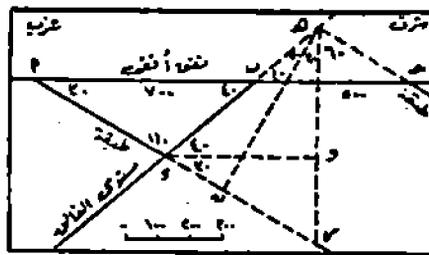
**المعطيات :** أثناء عملية إنشاء نفق أفقي يمتد في الاتجاه من الشرق إلى الغرب تقاطع النفق مع فالق حددت متجهاتها فوجدت خطوط مضربه تنجه شمالاً وتميل بزاوية مقدارها  $٤٠^\circ$  إلى الغرب ، وعلى مسافة  $٥٠٠$  متر من نقطة تلاقى النفق مع الفالق وفي اتجاه الشرق منها تقاطع النفق مع طبقة حجر رملي حددت متجهاتها فوجدت خطوط مضربها تنجه شمالاً وتميل بزاوية مقدارها  $٣٠^\circ$  إلى الشرق ، وعلى بعد  $٧٠٠$  متر من نقطة تلاقى النفق مع الفالق وفي اتجاه الغرب منها وجدت نفس طبقة الحجر الرملي بنفس متجهاتها السابق ذكرها .

ورصدت زاوية انحراف مستوى الفالق فوجدت من الشمال إلى الجنوب وتصنع زاوية = ٣٠ مع خط مضرب مستوى الفالق .

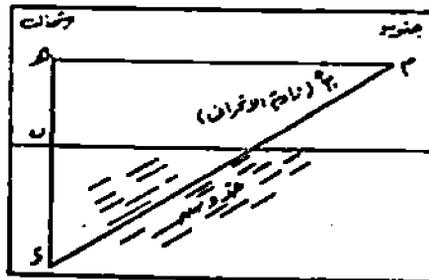
المطلوب : حساب الانزلاق الكلي - الانزلاق الميلى - الانزلاق المضربى  
الإزاحة الأفقية للفالق ، رمبة الفالق ، الفاصل الاستراتيجى والفاصل الرأسى والفاصل الأفقى فى مستوى عمودى على الفالق .

العمل :

يوضح شكل (٢٠٩ - ٢) قطاعاً رأسياً عمودياً على خطوط مضرب الفالق موقعاً بالمعلومات التى رصدت من النفق .



(٢)



(ب)

(شكل ٢٠٩)

حسابات الفوالق فى القطاعات الرأسية

$$\frac{٢٠ جا ٣٠}{١١٠ جا ٣٠} = \text{من المثلث } \Delta \text{ فيه } \text{ب د}$$

$$\text{من المثلث هـ ب ح فيه هـ ب} = \frac{\text{ب ح جا } 30^\circ}{\text{جا } 110^\circ}$$

$$\text{الانزلاق الميلي} = \text{ب د} + \text{د هـ} = \frac{\text{ب ح جا } 30^\circ}{\text{جا } 110^\circ} + \frac{\text{أ ب جا } 30^\circ}{\text{جا } 110^\circ} = 638 \text{ متراً}$$

من الشكل (٢٠٩ - ب)

$$\text{هـ م} = \text{الانزلاق المضربى} = \frac{\text{الانزلاق الميلي}}{\text{ظا } 30^\circ} = 1105 \text{ متراً.}$$

$$\text{م د} = \text{الانزلاق الكلى} = \frac{\text{الانزلاق الميلي}}{\text{جا } 30^\circ} = 1276 \text{ متراً.}$$

$$\text{هـ و} = \text{رمية الفائق} = \text{الانزلاق الميلي جا } 30^\circ = 410 \text{ متراً.}$$

$$\text{و د} = \text{الإزاحة الأفقية للفائق} = \text{الانزلاق الميلي جتا } 40^\circ = 488 \text{ متراً.}$$

$$\text{هـ ن} = \text{الفاصل الاستراتيجى} = \text{الانزلاق الميلي جا } 70^\circ = 599 \text{ متراً.}$$

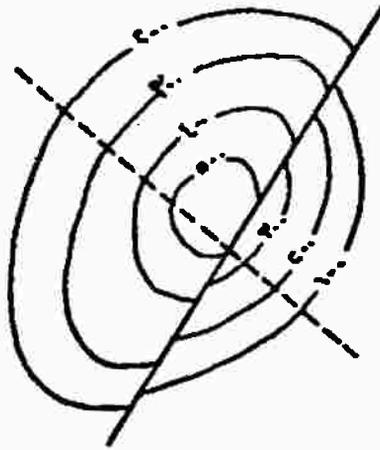
$$\text{هـ ر} = \text{الفاصل الرأسى} = \frac{\text{الانزلاق الميلي جا } 70^\circ}{\text{جا } 60^\circ} = 692 \text{ متراً.}$$

$$\text{ا ح} = \text{الفاصل الأفقى} = \text{أ ب} + \text{ب ح} = 500 + 700 = 1200 \text{ متراً.}$$

تمثيل الفوالق في الآبار الرأسية :

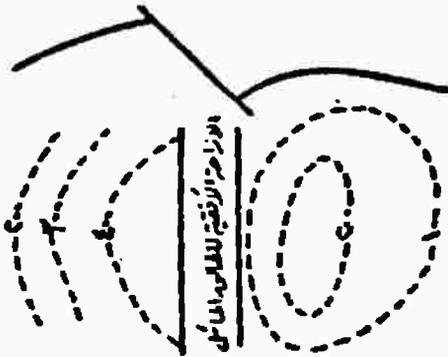
عند القيام بعمليات حفر الآبار العميقة للبحث والتنقيب عن البترول والحامات الأخرى ، تقابل هذه الآبار بعض الفوالق في الأسماق بعيداً عن سطح الأرض ، وتمثل هذه الفوالق إما باستخدام مجسم بطريقة الحشوات أو مجسم منظور أو باستخدام الكتتورات التركيبية .

وعند تمثيل الفائق الرأسى بكتتورات تركيبية للطبقات على جانبي الفائق فإن الفاصل بين خطوط الكتتورات على جانبي أثر الفائق يكون هو رمية الفائق كما هو في الشكل (٢١٠) وفي حالة تمثيل الفائق المائل بعمل كتتورات



(٢)

فالق لأصمت



(٣)

فالق مائل

(شكل ٢١٠)

الكتورات التركيبية للفالق

تركيبية للطبقات على جانبيه فإن الفاصل بين الكنتورات يكون له مركبة رأسية هي رمية الفائق ومركبة أفقية هي الإزاحة الأفقية للفائق (شكل ٢١٠ - ب) وتمثل الإزاحة الأفقية للفائق على خريطة الكنتورات التركيبية بمنطقة فراغ تفصل بين الكنتورات التركيبية للطبقات على جانب الرمية العلوية والكنتورات التركيبية للطبقات على جانب الرمية السفلية .

### الطرق الحقلية للتعرف على الفوالق :

أهم القرائن التي تساعد في التعرف على الفوالق ما يأتي :

- ١ - عدم استمرار التراكيب الجيولوجية .
  - ٢ - تكرار ظهور أو اختفاء بعض الطبقات .
  - ٣ - ظواهر مميزة لمستويات الفوالق .
  - ٤ - امتلاء شقوق الفائق بالسيليكا أو بالمعادن .
  - ٥ - تغيرات فجائية في سحنة الصخور الرسوبية .
  - ٦ - الظواهر الفسيوجرافية التي تترك آثارها على تضاريس المنطقة .
- وبعض الظواهر المميزة للفوالق قد تدل أيضاً على وجود عدم توافق ، وفي بعض المناطق يكون من الصعب التمييز بين الفوالق وعدم التوافق وقد سبق أن ذكرنا هذا الموضوع في الفصل الأول .

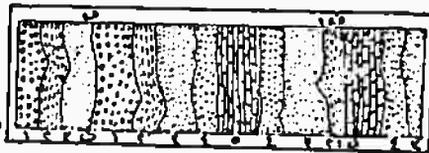
### ١ - عدم استمرار التراكيب الجيولوجية

إذا انتهت الطبقات فجأة أمام طبقات من صخور مختلفة فإنه يحتمل وجود فائق . وفي الخريطة الجيولوجية أو في حفرة صناعية أو هضبة شديدة الانحدار فإن عدم استمرار التراكيب يظهر على امتداد خط يمثل في الحقيقة آثار سطح عدم الاستمرار . وفي بعض الأحوال قد توجد الطبقات التي تأثرت بالفائق في مواضع قريبة من الفائق ، ولكن لا يحدث ذلك في معظم الأحيان .

وقد تنهى القواطع والعروق أو فوالق قديمة فجأة أمام بعض الطبقات ثم يتكرر ظهورها في مناطق أخرى . وفي مثل هذه الأحوال ، يجب أن يتأكد الجيولوجي أن القواطع والعروق تظهر بنظام منقطع . كذلك ، يجب ملاحظة أن عدم استمرار الطبقات ليس دليلاً قاطعاً لوجود فائق ، فإن مثل هذه الظاهرة تميز أيضاً عدم التوافق ، وحدود المتداخلات النارية وعلى نطاق صغير التوافق المتقاطع .

## ٢ - تكرار واختفاء الطبقات

يمثل شكل (٢١١) خريطة جيولوجية لمنطقة من الصخور الرسوبية حدثت فيها طيات وفوالق . ويوجد طية مقعرة بالقرب من وسط الخريطة كما يتضح من اتجاهات ميل الطبقات وأقدم الطبقات هي الطبقة (١) وأحدثها الطبقة (٥) . ولكن في بعض المواضع تختفي بعض الطبقات ، فعلى سبيل المثال على طول الفائق ف - ف لا توجد الطبقة (ب) . بينما على طول الفائق ف ١ - ف ١ تختفي الطبقتان (٣ ، ٤) ونستنتج من ذلك أن الخطوط ف - ف ، ف - ف ١ هي آثار فوالق ولكن لا توجد معلومات تدلنا على اتجاه ومقدار ميل الفوالق . وجدير بالذكر أن اختفاء الطبقات قد ينشأ أيضاً في حالة عدم التوافق .



(شكل ٢١١)

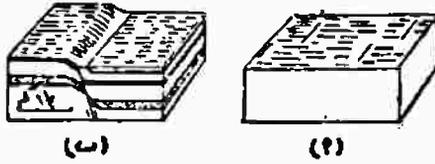
تكرار واختفاء بعض الطبقات نتيجة للفولق  
ف - ف = فائق ف ١ - ف ١ = فائق

### ٣ - الظواهر المميزة لمستويات الفوالق

ترك كثير من الفوالق آثارها على الصخور وأهم هذه الآثار ما يأتي :

(١) الخدوش أو الخزوز (Slickensides) وتنشأ نتيجة احتكاك الكتلة الصخرية التي انزلت على الصخور المقابلة على سطح الفالق ، ويمكن تحديد اتجاه حركة الصخور من هذه الخدوش وذلك بتحريك اليد مع السطح الخشن إلى السطح الناعم فيكون هذا الاتجاه هو الذي تحركت فيه الكتل الصخرية . وتشبه الخدوش الناتجة من الفوالق تلك التي تنشأ بفعل الثلجات . وأحياناً توجد الخدوش بالفوالق التي تكون لإزاحتها الرأسية صغيرة ، بينما قد تنعدم تماماً في حالة الفوالق ذات الزحزحة الكبيرة كما هو الحال في بعض الفوالق الاندفاعية ذات الميل البسيط والتي تسمى نابس (Nappe) . وتعتبر الخدوش إذا وجدت بالصخور من أفضل الشواهد الدالة على حدوث الفالق والتي يمكن بواسطتها معرفة اتجاه حركة الصخور على جانبي سطح الفالق . وكثير من السطوح التي توجد بها خدوش تحتوي على آثار تشبه السلام المنخفضة الحادة وتكون متعامدة على اتجاه الخدوش كما في الشكل (٢١٢-١) ويتضح من نفس الشكل أن الكتلة العلوية من الصخور (التي لا تظهر في الشكل) قد تحركت من اليسار إلى اليمين بالنسبة للكتلة السفلية التي يوجد على سطحها الخدوش . وبعض الفوالق يوجد بها سطوح محدبة ومقعرة موازية لاتجاه الانزلاق وتصل المسافة بين قمم السطوح المحدبة أمتار قليلة بينما يصل عمقها لعدة ستيترات .

(ب) سحب الطبقات (Drag) ويساعد أحياناً في التعرف على الحركة النسبية على طول سطح الفالق كما يتضح من الشكل (٢١٢-ب) . ونتيجة للاحتكاك الشديد فإنه يتبع تغير مفاجئ في اتجاه ميل وخطوط مضرب الطبقات



(شكل ٢١٢)

- ظواهر مصاحبة للفوالق  
 ( ١ ) خلوش أو حزوز  
 ( ب ) سحب الطبقات عند الفالق

على سطح الفالق ، فإذا كانت الطبقات متوازية فإنها تميل فجأة ميلاً كبيراً نتيجة لسحب الطبقات وهذا دليل على احتمال وجود فالق في الطبقات . وإذا قطع فالق جسم خام معدني فإنه يحتوى عادة على قطع من الركام المسحوب ( Drag ore) . بين كتلتى الركام التى تأثرت بالفالق .

( > ) البريشيا التكونية : يتفتت الصخر على طول سطح بعض الفوالق إلى قطع غير منتظمة الشكل تسمى بالبريشيا والتي يدل وجودها على زحزحة الطبقات على سطح الفالق ، وقد تكون البريشيا ذات أحجام كبيرة تصل أحياناً إلى عشرات من الأمتار في الطول ، بينما تحت ظروف أخرى قد تطحن المادة الصخرية بفعل الاحتكاك الشديد إلى مادة دقيقة جداً تشبه الصلصال وتعرف بمسحوق الصخور (Gouge) ويلاحظ أن البريشيا ومسحوق الصخر الناعم لا يتكونان في جميع الفوالق ، فعلى سبيل المثال وجد أن بعض الفوالق الاندفاعية التى زحزحتها كبيرة لا يوجد بها مسحوق البريشيا أو مسحوق الصخور الناعم .

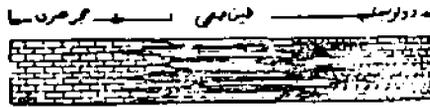
## ٤ - امتلاء شقوق الفالق بالسيليكا أو بالمعادن

الفوالق كسور قد تمتد لمسافات كبيرة وتستخدم عادة كممرات للمحاليل الجارية ، وقد تحل السيليكا المذابة في المحاليل محل الصخور المحيطة وينشأ عن ذلك عملية ترسيب السيليكا (Silicification) ، وهذه الظاهرة ليست دليلاً على وجود الفوالق ، ولكن في بعض المناطق قد تدل على احتمال وجود فوالق بها . وحدير بالذكر أن بعض الفوالق يتميز بوجود مجموعة من الكسور القريبة بعضها من بعض والتي تكاد تكون متوازية وتعرف بمجموعة الكسور هذه بمنطقة القص . وفي كثير من الأحيان تتآكل صخور منطقة القص بدرجة أسرع من الصخور المجاورة ، لذلك يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة عند إقامة بعض المنشآت الهندسية الهامة مثل الأنفاق والسدود والخزانات والطرق وخطوط أنابيب نقل البترول والمياه بمناطق القص حيث إنها مناطق ضعف بالقشرة الأرضية وخاصة إذا كانت الفوالق حديثة العمر . ومن الناحية الأخرى ، تعتبر مناطق القص مواضع مناسبة لوجود بعض الرواسب المعدنية الاقتصادية مثل بعض رواسب النحاس والرصاص والزنك والتي ترسبت من المحاليل المعدنية المارة خلال هذه الكسور .

## ٥ - التباين في سحنة الصخور الرسوبية

يوضح شكل (٢١٣) حوض ترسيبي تكونت فيه الصخور الرملية بالقرب من الشاطئ ، بينما ترسب الطين الصفحي على مسافة بعيدة من الشاطئ ، أما الصخور الجيرية فإنها ترسب على مسافات أكبر من الشاطئ . ويكون الانتقال تدريجياً من الصخور الرملية إلى الطين الصفحي ومن الطين الصفحي

إلى الصخور الجيرية كما يحدث تداخل كبير بين الطبقات وفي المنطقة ( ا )  
يسمى الصخر الرسوبي بأن له سحنة رملية ، وفي المنطقة ( ب ) بالسحنة الرملية  
والطين الصفحي ، وفي المنطقة ( جـ ) بسحنة الطين الصفحي ، وفي المنطقة  
( د ) بسحنة الطين الصفحي الجيري ، وفي المنطقة ( هـ ) بسحنة الصخور  
الجيرية . وإذا تأثرت الطبقات بعملية الطي ثم تعرضت لسطح الأرض بعد  
تآكلها ، فإن السحنات المختلفة للصخور الرسوبية تتدرج من صخر إلى آخر  
حسب ترتيبها الأصلي . ومن الناحية الأخرى ، إذا تأثرت الصخور بفالق  
معكوس كبير (overthrust) فإن سحنة الصخور الرملية ( ا ) قد تجاورها  
صخور لها سحنة جيرية ( هـ ) وعلى عكس ذلك ، إذا وجدنا في منطقة ما  
طبقات مترامنة من صخور رسوبية ذات سحنات متباينة فإنه يحتمل وجود  
فالق له انزلاق كبير . وليس من المستطاع تحديد مقدار الإزاحة لأنه لا يمكن  
أن نحدد بدقة المسافات التي تفصل بين كل سحنة وأخرى من الصخور  
الرسوبية .



ا ب ج د هـ  
(شكل ٢١٣)

التباين في سحنة الصخور الرسوبية

## ٦ - الظواهر الفسيوجرافية الدالة على الفوالق

قد لا توجد الشواهد المباشرة الدالة على وجود الفوالق ، وخاصة إذا كانت  
الكتلة الصخرية التي تحركت إلى أسفل مغطاة بالرواسب الحديثة كالطمي ،  
ولكن بعض الظواهر الطبوغرافية قد تدل على وجود الفالق ؛ وسنذكر فيما يلي  
بعض هذه الشواهد للفسيوجرافية :

( أ ) نتوءات من الهضاب ( Offset of ridges ) تقاوم بعض تكاوين الصخور الرسوبية عوامل التعرية وبذلك تظهر على هيئة هضاب مكونة المناطق العالية لطبوغرافية المنطقة وقد تقطع الطبقات فالق ميلى أو فالق منحرف وبذلك تتكون هضاب متقطعة نتيجة لعوامل التعرية ، وينشأ عن ذلك نتوءات من الهضاب .

( ب ) مطالع شديدة الانحدار ( Scarps ) وهى عبارة عن منحدرات مستقيمة ، وبتفاوت ارتفاعها من عدة أمتار إلى آلاف الأمتار . وتختلف درجة انحدار المطالع من عشرة إلى عشرين درجة أما المطالع التى تصل درجة انحدارها ٤٥ درجة فهى غير شائعة الوجود . وعندما تتأثر المطالع بعوامل التعرية فإنها تصبح غير منتظمة الشكل . وجدير بالذكر أن المطالع ليست دليل مؤكد لوجود الفوالق ، لأنها قد تنشأ بعوامل لا علاقة لها مطلقاً بالفوالق فعلى سبيل المثال قد تنشأ مطالع شديدة الانحدار نتيجة التآكل بعوامل التجوية والتحر بواسطة الماء .

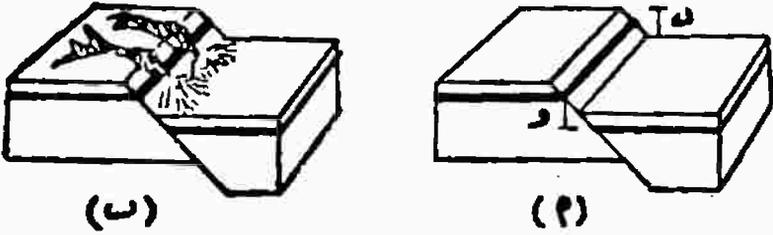
وتنقسم المطالع المصاحبة للفوالق إلى ثلاثة أقسام هى :

١ - مطالع ناشئة عن الفوالق الحديثة ( Fault scarp ) .

٢ - مطالع ناشئة عن خطوط الفوالق القديمة ( Fault-line scarps ) .

٣ - مطالع الفوالق المركبة ( Composite fault scarps ) .

والمطالع الناشئة عن الفوالق الحديثة تعزى تضاريسها مباشرة إلى الحركة على طول الفالق ، برغم أن عوامل التآكل قد تغير إلى حد مامن المعالم الطبوغرافية الأصلية للمنطقة . ويوضح شكل ( ٢١٤ ) فوالق عادية نتج عنها مطالع شديدة الانحدار التى قد تنشأ أيضاً من فوالق معكوسة وخاصة إذا كانت على درجة كبيرة من الميل . ويوضح شكل ( ٢١٤ - ب ) مطلع هضبة لفالق حديث لم تؤثر عليه عوامل التعرية لدرجة كبيرة ويلاحظ أن ارتفاع المطالع ( ل ) يساوى الانزلاق الرأسى ( و ) ، وإذا تآكلت الكتلة المرتفعة للحائط السفلى للفالق فإن المواد المتفتتة ترسب على الكتلة المنخفضة للحائط العلوى للفالق



(شكل ٢١٤)  
مطالع الفوالق

ل = ارتفاع المطلاع  
و = الانزلاق الرأسى

( ١ ) قبل التعرية  
( ب ) بعد التعرية

كما فى شكل ( ٢١٤ - ب ) .

أما المطالع الناشئة عن خطوط الفوالق القديمة فتعزى تضاريسها إلى التآكل التفاضلى للصخور على جانبي خط الفالق كما يتضح من شكل ( ٢١٥ ) ويظهر من شكل ( ٢١٥ - ب ) أن التضاريس الأصلية الناشئة عن الفالق قد تغيرت معالمها لدرجة كبيرة نتيجة لعوامل للتعرية حيث يصبح السطح الجديدي للمنطقة كما فى شكل ( ٢١٥ - ب ) وقد تستمر عوامل التآكل فى تغيير طبوغرافية المنطقة فتظهر كما فى شكل ( ٢١٥ - ب ) .

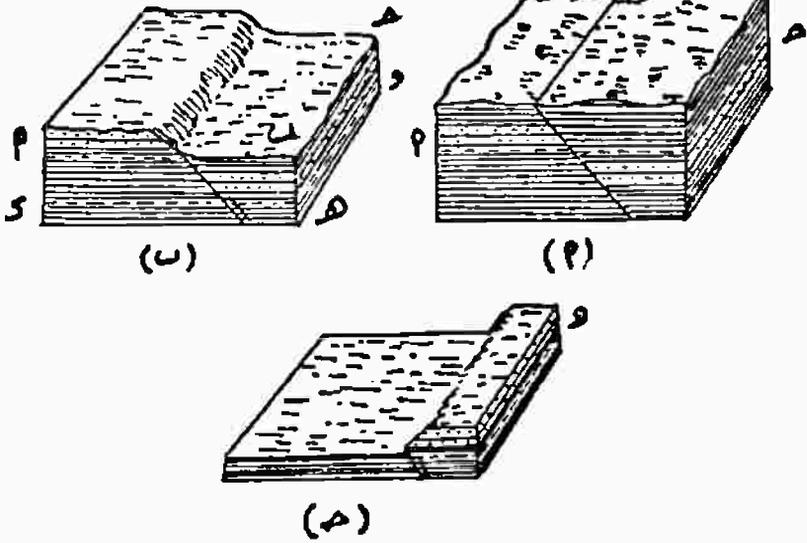
أما مطالع الفوالق المركبة فهى التى تعزى طبوغرافيتها إلى كل من التآكل التفاضلى للصخور والحركة الأصلية للفالق . ويوضح الشكل ( ٢١٥ - ب ) هذا النوع من مطالع الفوالق ، فإذا استمرت حركة الفالق فإنه يزداد هبوط كتلة الخائط العلوى للفالق وبذلك يزداد ارتفاع المطلاع الذى يرجع أصله إلى عاملى التآكل واستمرار حركة الفالق .

وجدير بالذكر أنه من الصعب عادة للتمييز بين الأنواع المختلفة من مطالع

الفوالق .

( ب ) المطالع الصغيرة للفوالق (Scarplets) وتسمى أيضاً بالمطالع التى

توجد على أقدام الجبال وتميز المناطق التى تنشط بها الفوالق لدرجة كبيرة



(ح)

(شكل ٢١٥)

المطالع الناشئة عن خطوط الفوالق القديمة

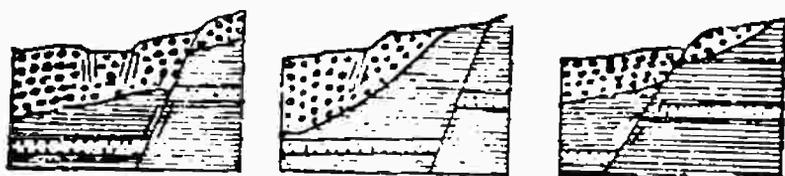
( ١ ) خط فائق بدون مطلع

( ب ) مطلع ناشئ عن خط الفائق

( ح ) تغير طبوغرافية المنطقة بالتعرية

ويكون اتجاهها عادة موازياً لقاع سلسلة الجبال الكبيرة ، ويتفاوت ارتفاعها من عدة أمتار ولا يزيد عادة عن ثلاثين متراً وتتكون المطالع الصغيرة عادة من رواسب غير متماسكة مثل المراوح الطمئية . ورواسب التلججات ، والشرفات الترسيبية للبحيرات حديثة التكوين . وقد تمثل بعض المطالع الصغيرة التي تقطع رواسب غير متماسكة بروزات على سطح الأرض ناتجة عن فائق قاطع للصخور كما يتضح من شكل ( ٢١٦ ) .

( د ) الأوجه مثلثة الشكل (Triangular facets) وتنشأ على بعض المطالع المصاحبة للفوالق العادية كما في شكل ( ٢١٧ ) . ويوضح شكل ( ٢١٧ ) ( ١ ) مطلع للفائق قبل التآكل من الناحية النظرية ، أما شكل ( ٢١٧ ) ( ب ) فيوضح الوديان الناشئة بعد التآكل وتكون على شكل حرف ( ٧ ) بينما في شكل



(هـ)

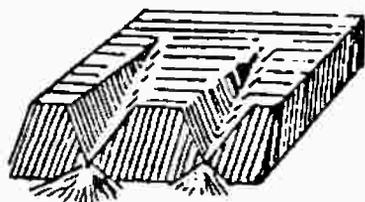
(و)

(ز)

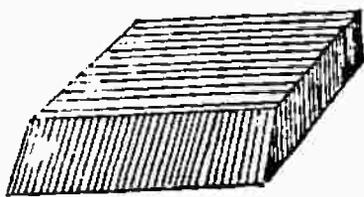
(شكل ٢١٦)

المطابع الصغيرة للقوالب

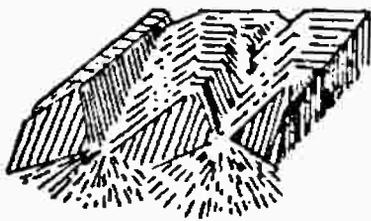
(٢١٧ - >) فإن الوديان يزداد اتساعها لدرجة أنه لا يتبقى إلا نصف مساحة الأوجه الأصلية لمطلع الفالق التي تصبح أوجهها مثلثة الشكل تقريباً وتوجه رؤوسها إلى أعلى ويتضح من شكل (٢١٧ - >) أن ميل الأوجه يتفق مع ميل الفالق . ولا يكون هذا صحيحاً إلا في حالة عدم تآكل وجه الفالق . وفي



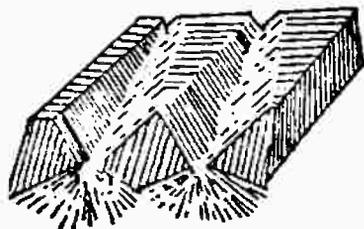
(ب)



(ز)



(س)



(ح)

(شكل ٢١٧)

نشأة الأوجه ظنة الشكل.

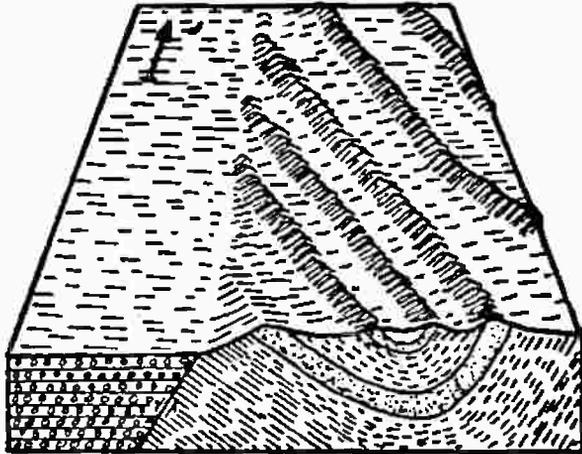
غالب الأحيان ، فإن الأجزاء العليا لمطالع الفائق تتعرض لعوامل التعرية ويصبح انحدار المطلاع أقل من ميل الفائق كما في شكل ( ٢١٧ - د ) .

( هـ ) تغيرات مفاجئة في مقاطع الأنهار (A break in a stream profile)

قد تحدث هذه الظاهرة الفسيوجرافية على طول خط الفائق . فإذا لم يستطع النهر أن ينحر بسرعة كافية مساوية لحركة الفائق المستمرة ، فإن مقطع النهر قد يكون شديد الانحدار بدرجة غير عادية بالقرب من الفائق .

( و ) تقاطع التركيب الداخلي لسلسلة من الجبال مع مناطق مستوية قد يدل على وجود فائق . ويظهر من شكل ( ٢١٨ ) أن الجزء الغربي للمنطقة عبارة عن مسطحات طميية يفصلها فائق عن مجموعة من الهضاب إلى طيات مقعرة في الاتجاه شمال غرب وإلى وجود طبقات من صخور رملية قاومت عوامل التآكل والتعرية .

( ز ) الينابيع (Springs) أن مجموعة من الينابيع على طول حافة سلسلة من الجبال قد تنشأ نتيجة للفوالق ، وخاصة إذا كانت الينابيع حارة .



( شكل ٢١٨ )

تقاطع التركيب الداخلي لسلسلة الجبال مع منطقة مستوية

وبصفة عامة يلاحظ أن الدلالة الفسيوجرافية للفوالق هامة من الناحية الجيولوجية ولكن يجب تطبيقها باحتراس ، إذ أن بعض هذه الظواهر قد تنشأ نتيجة عوامل أخرى لا علاقة لها بالفوالق على الإطلاق . والظواهر الفسيوجرافية لها قيمة كبيرة إذا كانت مقترنة بالظواهر الأخرى التي تترك آثارها على الصخور والتي سبق ذكرها .

(ح) الصور الجوية : تكون الصور الجوية في بعض الأحوال لها فائدة كبيرة في التعرف على الفوالق . ويظهر الفالق بالصورة الجوية على هيئة خط محدد المعالم قد يوجد على أحد جانبيه بعض الهضاب أو المطالع . وفي صورة واحدة يمكن متابعة الفالق بسهولة لعشرات الكيلومترات . وفي الحقيقة يمكن تتبع استمرار الفالق بسهولة أكبر في الصورة الجوية عن المشاهدات المباشرة في الحقل . وبمساعدة الصور الجوية يمكن أحياناً تحديد ميل الفالق ، ولكن من الضروري القيام بدراسات تفصيلية في الحقل لتعيين مقدار زحزحة الفالق .

### تمثيل سطوح عدم التوافق

تعتبر سطوح عدم التوافق بين التكاوين الصخرية من أفضل الطرق في تحديد الحوادث التاريخية والتركيبية من الخريطة الجيولوجية . وتظهر سطوح عدم التوافق في الخريطة الجيولوجية بأحد الأشكال الآتية :

١ - الاختلاف المفاجئ في ميل الطبقات أسفل وأعلى سطح عدم التوافق .

٢ - حذف إحدى الطبقات من تكوين معروف تتابعه الطبقي .

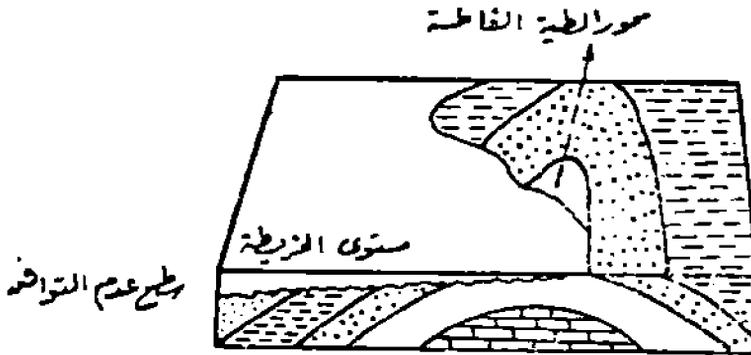
٣ - وجود طبقة واحدة تغطي تكوين مكون من عدة طبقات صخرية .

٤ - وجود طبقات أعلى سطح عدم التوافق يتوقف عندها امتداد مستويات

الفوالق .

هـ - وجود طبقات ذات أصل رسوبي فوق أخرى تختلف عنها في الأصل (نارية أو متحولة) دون التدرج في التحول بوجود صخور ذات درجات تحول متوسطة .

ويبين شكل (٢١٩) أحد سطوح عدم التوافق بين تكوينين أحدهما قديم حدث له طي وتآكل والآخر حديث ترسب على سطح التكوين القديم المتآكل . ويلاحظ أنه يطلق على هذا النوع عدم التوافق الزاوي ويميز بتآكل التكوين أسفل سطح عدم التوافق وشطفه بينما التكوين أعلى سطح عدم التوافق به ترقيق في بعض اتجاهاته .



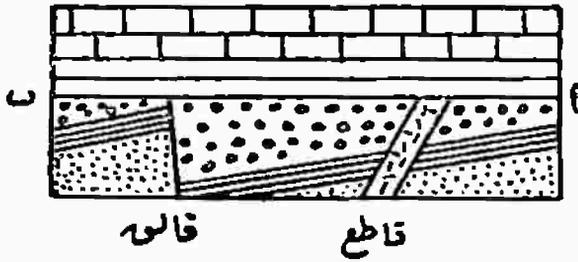
(شكل ٢١٩)

عدم التوافق في الخريطة الجيولوجية والقطاعات الرأسية

### التعرف على عدم التوافق

١ - الملاحظة المباشرة : إن المشاهدة المباشرة لموقع واحد من مكاشف الطبقات في الحقل هو أكثر الطرق تأكيداً من وجود عدم التوافق . وقد يكون مكشف الطبقات صغيراً ويمتد فقط لعدة أمتار ، أو قد تكون هناك حفرة صناعية مثل المحاجر أو الأنفاق كافية بملاحظة سطوح عدم التوافق كما قد يكون سطح عدم التوافق حائطاً لمنخفض كبير مثل الأخدود العظيم النهر كولورادو .

وفي حالة عدم التوافق الزاوي فإن اختلاف ميل التكاوين على جانبي سطح عدم التوافق دليل قاطع على وجوده ، ويمكن مشاهدة ذلك في القطاعات الرأسية للصخور مثل سطح هضبة أو منحدر شديد كما في شكل ( ٢٢٠ ) أو على سطح مكاشف الطبقات كما في شكل ( ٢١٩ ) وقد تتكون الطبقات السفلية التي تقع مباشرة على سطح عدم التوافق من الكونجلمرات التي تحتوي على حصى خشن من تكاوين الصخور الواقعة تحت سطح عدم التوافق . وإذا كان الكونجلمرات قليل السمك ، فإنه قد يتركز بالمنخفضات الصغيرة التي تتواجد بالطبقات اللينة الواقعة تحت سطح عدم التوافق . ولكن ليس من الضروري أن توجد الكونجلمرات على طول سطح عدم التوافق الزاوي .



( شكل ٢٢٠ )

أما في حالة عدم التوافق المتوازي فإنه يمكن التعرف عليه بسهولة بالملاحظة المباشرة في مكاشف الطبقات أو في المحاجر أو عند شق الطرق والأنفاق والترع والمصارف ومن الشواهد التي تؤكد وجود عدم التوافق المتوازي نذكر على سبيل المثال ما يأتي :

( أ ) وجود تباين واضح في لون الصخور التي تتواجد فوق وتحت سطح عدم التوافق .

( ب ) إذا كان السطح متعرجاً أو متموجاً للدرجة معينة .

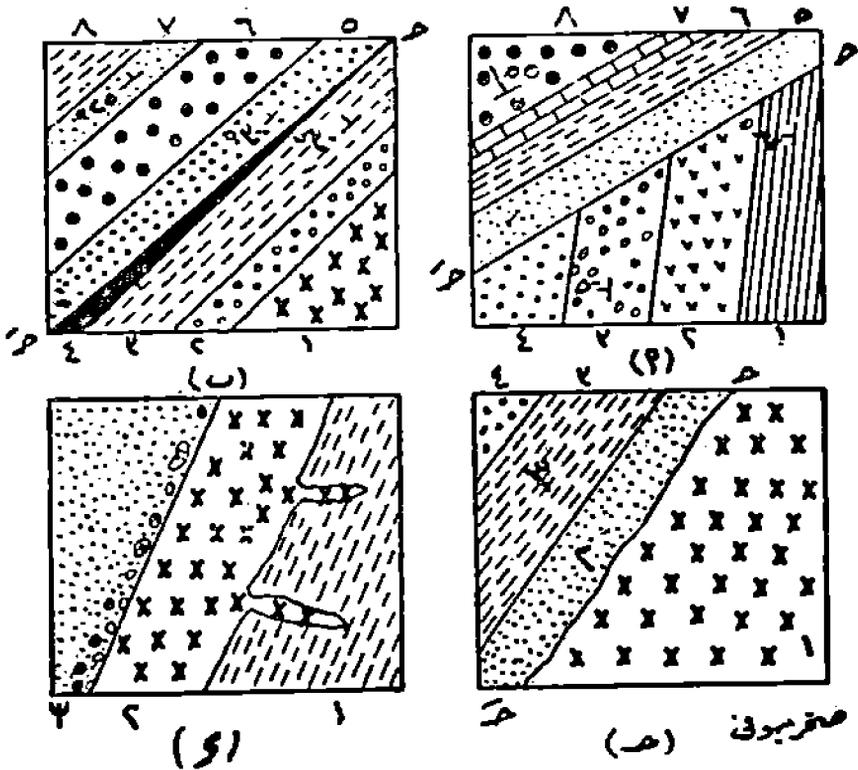
( ج ) وجود طبقة رقيقة من الكونجلمرات أو الأركوز ( صخر رسوبي

يتكون أساساً من الكوارتز والفيسبار ) فوق سطح عدم التوافق مباشرة ؛

( د ) وجود طبقة تحتوى على درنات أو عقد فوسفاتية .

( هـ ) إذا ثبت أن نوع الحفریات التي على جانبي الاتصال يفصلهما طبقة ذات حفریات مميزة فهذا يدل على احتمال وجود عدم التوافق من النوع المتوازي .

( و ) وجود فوالق وقواطع أو أجسام نارية مقطوعة بطبقات من تكوين آخر أحدث عمراً .



( شكل ٢٢١ )

عدم التوافق وكيفية ظهوره في الخرائط الجيولوجية

- ( أ ) عدم توافق زاوى أو غير مستقيم
- ( ب ) عدم توافق مستقيم أو متوازي
- ( ج ، د ) لا توافق .

ومن الصعب جداً أحياناً التعرف على عدم التوافق المتوازي وفي كثير من الأحوال أثبتت دراسة نوع الحفريات وجود فترات زمنية طويلة في العمود الجيولوجي في طبقات تكاد تكون أفقية دون أن بصاحبها شواهد تدل على تغيير الظروف الطبيعية للترسيب .

أما اللاتوافق فيمكن تحديدها في حالة وجود صخور نارية جوفية (متداخلة) كما أن الصخور التي توجد فوق سطح اللاتوافق كثيراً ما تحتوي على قطع مختلفة الأحجام من الصخور النارية القديمة على هيئة جلاميد أو حصى خشن . وقد تكون مفتتة إلى قطع دقيقة جداً ، لا يمكن مشاهدتها إلا في القطاعات الميكروسكوبية ، وتتميز بعض أنواع اللاتوافق بوجود طبقة من الأركوز قد يصل سمكها لعدة أمتار .

٢ - الخرائط المساحية الجيولوجية : توضح الخريطة الجيولوجية في شكل (٢٢١ - ١) عدم توافق زاوي إذ توجد مجموعة من الطبقات هي ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ لما اتجاهات خطوط المضرب متقاطعة مع خطوط مضرب مجموعة أحدث عمراً من الطبقات وهي ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ومن الواضح أن الطبقة رقم ٥ تجاوز جميع طبقات المجموعة القديمة على امتداد الخط - - ، ومثل هذه العلاقة بين الطبقات يمكن تفسيرها بأنها ناشئة لوجود عدم توافق زاوي ، ولكن قد يفسر السطح - - في نفس الوقت على أنه فائق ، غير أن وجود قطع مفتتة من مجموعة الصخور القديمة أرقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ في الطبقة رقم ٥ يؤكد ، ولكن ليس بصفة مؤكدة ، على أن السطح - - ناتج من عدم التوافق الزاوي .

وقد تظهر الخرائط الجيولوجية وجود عدم توافق متوازي كما في الشكل (٢٢١ - ب) ، فبالرغم من أن الطبقات على جانبي السطح - - تكون متوازية إلا أن الخرائط الجيولوجية توضح أن مجموعة الصخور الأحدث عمراً تقطع مجموعة الصخور القديمة ، ولكن هذا التقاطع قد يعزى أيضاً لوجود فائق ،

وتبعاً لذلك فإن دلائل أخرى ، مثل الاستعانة بنوع الحفريات ، يجب أن تعضد وجود عدم توافق متواز .

أما اللاتوافق فإنه قد يظهر في الخريطة الجيولوجية كما في الشكل (٢٢١-ح) فمثلاً إذا كانت الصخور الرسوبية ، وخاصة الطبقة رقم ٢ ، تحتوي على حصى من الصخور النارية الجوفية ، ولكن ليس من المستبعد أن يكون السطح حـ - حـ الظاهر على الأرض قد يكون فالقاً . وإذا لم توجد عروق أو سدود من الصخور النارية قاطعة للصخور الرسوبية ، أو لم تتواجد مكثفات من الصخور الرسوبية بداخل الصخور النارية ، فإن السطح الفاصل بين الصخور النارية والصخور الرسوبية يكون غالباً سطح لا توافق .

٣ - الاختلافات الواضحة في درجة التماسك : إن التباين الواضح في درجة تماسك أو تلاحم الصخور دليل على احتمال وجود سطح لعدم التوافق فإذا وجدنا رمالاً أو صلصالاً غير متماسك فوق صخور متماسكة لدرجة كبيرة وبها مواد لاحمة مثل الصخور الرملية أو الطين الصفحي ، فإنه يحتمل أن يكون السطح الفاصل بين هذه الصخور هو سطح عدم توافق ، ولكن يجب الاحتياط في مثل هذه الحالات حيث أن صخوراً مفككاً قد يكون في مكان آخر على درجة عالية من التماسك والتلاحم ، بينما قد يصبح صخوراً متماسكاً مفتتاً نتيجة تعرضه لعوامل التجوية .

٤ - الاختلافات الواضحة في مراحل التحول : إذا وجدنا في منطقة معينة صخوراً متحولت ذات اختلافات واضحة في مرحلة التحول ، فإنه يحتمل أن تكون الصخور الأقل تحولاً قد ترسبت في عدم التوافق على الصخور الأكثر تحولاً ويمكن تحديد درجة التحول من التركيب المعدني ونوع نسيج الصخر المتحول ، فعلى سبيل المثال يتحول الطين الصفحي إلى إردواز أو فيليت في مرحلة التحول الأولى ولكنه يتحول إلى ميكاشيست أو جنيس في مراحل التحول التالية . فإذا وجدنا الإردواز بجوار صخور من الشيست أو الجنيس فإنه يحتمل

وجود عدم توافق بينهما ، ولكن يوجد أيضاً احتمال وجود فالتق كبير بالمنطقة .

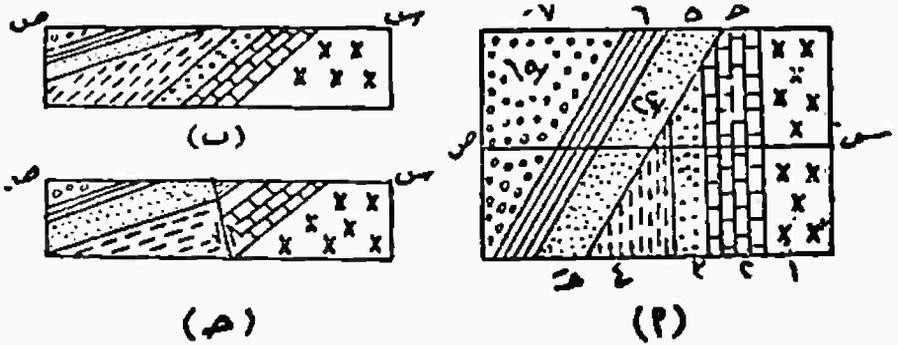
٥ - الاختلافات الواضحة في شكل الطبقات : يحتمل وجود عدم توافق إذا ثبت من دراسة التكاوين الصخرية في منطقة ما ، وجود بعض الصخور على شكل طبقات ، بينما تتواجد فوقها تكاوين أخرى على درجة صغيرة من الميل أو تكاد تكون أفقية . ويجب أن تأخذ في الاعتبار طبيعة الصخور والعوامل التي تؤثر على درجة سلوكها الميكانيكي عند تعرضها للحركات الأرضية وبصفة عامة فإن الاختلافات في درجة طي الطبقات ليست دليلاً مؤكداً على وجود عدم توافق بين الصخور .

٦ - العلاقة مع الصخور النارية الجوفية : إذا وجدنا صخوراً مثل ١ ، ٣ ، في شكل ( ٢٢١ - د ) يفصلهم صخر الجرانيت رقم ٢ ، فإنه من الواضح أن الصخر رقم ١ هو الأقدم ، وبعد ذلك تداخل فيه الجرانيت: ثم ترسب فوق الجرانيت الصخر الأحدث عمراً رقم ٣ ، والذي يحتوي على حصي من صخر الجرانيت . ويدل ذلك على أن الصخر رقم ٣ يقع فوق سطح عدم التوافق بينما يقع الصخر رقم ١ تحت سطح عدم التوافق .

٧ - الحفريات : تعتبر الحفريات من الشواهد التي تدل على وجود عدم التوافق ، فإذا وجدنا صخوراً تحتوي على حفريات من عصر الترياسي الأعلى يوجد فوقها مباشرة صخور تحتوي على حفريات من عصر الكريتاسي الأسفل فهذا دليل قاطع على وجود عدم توافق متوازي . ورغم أن الطبقات قد تبدو ظاهرياً متوافقة .

## الشواهد المميزة للفوالق من عدم التوافق

سبق أن أوضحنا صعوبة التمييز بين عدم التوافق والفوالق ولكن بالرغم من ذلك فإنه يسهل التعرف على الفوالق الموازية لميل الطبقات والفوالق المائلة فهى تختلف اختلافاً واضحاً عن ظاهرة عدم التوافق . ولكن إذا كان الطبقات على جانب واحد أو على الجانبين من الحد الفاصل لها نفس اتجاه خطوط مضرب الخط انفصال نفسه كما في شكل ( ٢٢٢ - ١ ) فقد يكون التركيب في هذه الحالة عدم توافق بين الطبقات أو فالق . وفي الشكل ( ٢٢٢ - ب ) يوضح القطاع على طول الخط من - ص المين بالشكل ( ٢٢٢ - ١ ) ويظهر الخط الفاصل بين الطبقات على أنه سطح عدم التوافق ، بينما القطاع المين بالشكل ( ٢٢٣ - ٥ ) يوضح الخط الفاصل بين الطبقات على أنه فالق ، وفي هذه الحالة يتضح أن الطبقات أرقام ٥ ، ٦ ، ٧ تكون أقدم عمراً من الطبقات أرقام



( ٢٢٢ )

الفوالق وعدم التوافق

- ( ١ ) خريطة وبين الخط - - - سطح الاتصال بين الطبقات .  
 ( ب ) قطاع من - ص ويوضح العلاقة على صورة عدم توافق .  
 ( ج ) قطاع من - ص ويوضح العلاقة على صورة فالق .

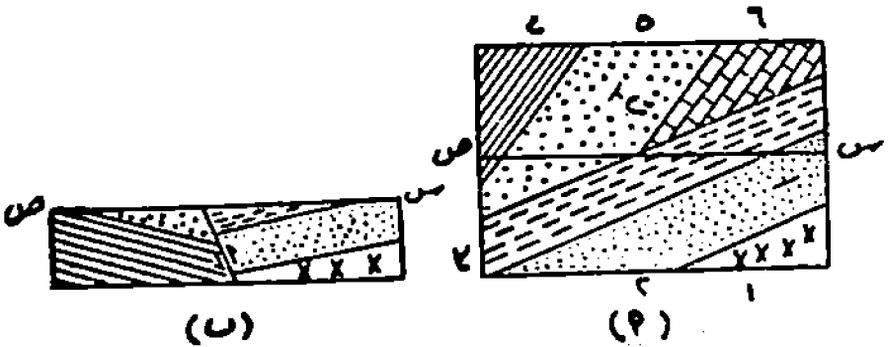
١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ومن الشواهد التي تساعد على التمييز بين الفوالق وعدم التوافق إذا كان الخط الفاصل بين الطبقات غير ملحوظ تذكر ما يأتي :

١ - قد تساعد طبوغرافية المنطقة في التمييز بين الفوالق وسطح عدم التوافق ففي حالة عدم التوافق يكون ميل الطبقات موازياً تقريباً لميل الخط الفاصل بينهما ، وكلما ازداد اختلاف ميل الخط الفاصل عن ميل الطبقات كلما زاد احتمال وجود الفالق .

٢ - يشير وجود قطع صخرية من الطبقات أرقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ في شكل ( ٢٢١ - ١ ) في الطبقة رقم ٥ ، على احتمال وجود سطح عدم توافق برغم احتمال وجود الفالق أيضاً .

٣ - إذا كانت الطبقات الحديثة اتجاه ميلها أو خطوط مضاربها في اتجاه الخط الفاصل فهذا يؤدي وجود فالق كما يتضح من الشكل ( ٢٢٣ - ١ ) حيث إن اتجاه مضارب الطبقات الأحدث عمراً رقم ٥ ، ٦ في اتجاه الطبقة الأقدم عمراً رقم ٣ .

وعلى أي حال ، ينبغي بذل أكبر جهد أثناء الدراسة الحقلية للتراكيب الجيولوجية لمشاهدة الخط الفاصل نفسه ودراسة بعناية ، فمثلاً في حالة عدم التوافق فإن نتوءات الصخور القديمة تتداخل في الصخور الأحدث عمراً ،



(شكل ٢٢٣)

سطح اتصال يدل على احتمال وجود فالق

كما قد توجد صخور الكونجلمرات أو الرمال الخشنة التي تحتوى على قطع من الصخور القديمة أعلى الخط الفاصل ، كما تختفى الظواهر الصخرية ( الميثولوجية ) المصاحبة للفتون مثل الخشوش والمواد المطحونة والبريشيا .

### تمثيل الصخور النارية

تمثل الصخور النارية على الخريطة الجيولوجية بطرق عديدة ومتنوعة تتوقف على حجم وامتداد الكتل النارية فى المتداخلات الكبيرة الامتداد تمثل الصخور النارية بمجموعتين من الهاشور المتقاطعة فى شكل معينات أو مثلثات أما فى حالة المتداخلات الصغيرة مثل الجدد فإنها تمثل بألوان مصممة باللون الأسود مثلاً .

وتوجد الصخور النارية على شكل مسطحات وطبقات تشبه تماماً فى مكاشفها الطبقات الرسوبية حيث تطبق عليها نفس قواعد مظاهر مكاشف الطبقات ، وتظهر الطفوح البركانية واللافا على شكل طبقات أفقية كما تشبه القواطع الطبقات الرأسية أو كبيرة الميل فى شكل مكاشفها .

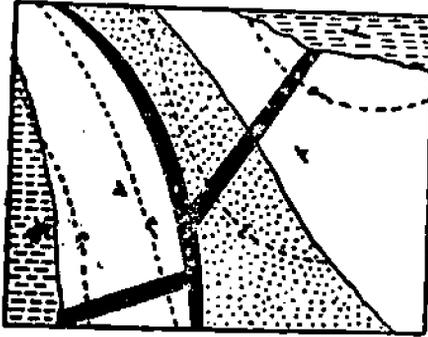
وهناك عدة قواعد تطبق لتحديد عمر الأجسام النارية على الخريطة الجيولوجية موجزها فيما يلى :

١- فى المتداخلات الصغيرة مثل الجدد والقواطع يكون عمر الصخر النارى أحدث من الطبقات الرسوبية المحيطة بالمتداخلات النارية .

٢- إذا كان هناك أكثر من صخر نارى واحد يقطع أحدهما الآخر فإن عمر الصخر القاطع يكون أحدث من الصخر المقطوع بالمتداخلات النارية .

٣- وجود صخور نارية بمناطق الطيات وتشكلها بشكل الطية دليل على

تزامن عمر الصخر الناري المتداخل مع وقت حدوث الطية . ويبين شكل  
(٢٢٤) بعض الجدد والقواطع على الخريطة الجيولوجية .



(شكل ٢٢٤)

مكاشف الجدد والقواطع بالخريطة الجيولوجية