(Mechanical Principle)
الاسس الميكانيكية

تتواجد مواد القشرة الارضية في ثلاث حالات الصلبة ، السائلة والغازية وبما ان الجيولوجيا التركيبية تدرس بنية المواد الصلبة (الصخور) فستهمل الحالات السائلة والغازية الا اذا كان وجود هذه المواد سببا في تغيير سلوك المواد الصلبة.

تعد الخواص الميكانيكية للصخور مهمة في الدراسات التركيبية فعلى سبيل المثال مختبريا البازلت (ناري) (Basalt) اقوى من صخور الكوارتزايت (متحولة) والحجر الجيري الكتلي الصلب (رسوبي) ولكن احتواء البازلت على مسام الفقاعات الغازية يجعلها اقل صلادة من الصخور السابقة.

تعرف **القوة force (F)** الناشأة من جسم ما على جسم آخر بأنها حاصل ضرب

كتلة الجسم المسبب لها (m) فى عجلة الجاذبية الأرضية (a)

$$F = m.a \ (kg.m/s^2) \text{ or (Newton; N)}$$

الاجهاد والانفعال - تشوه الصخور
(Stress, Strain and Rock Deformation)

الاجهاد (Stress)

هو الضغط المسلط على الصخور ويقاس بوحدات القوة لوحدة المساحة.
يرمز له بالرمز σ Sigma

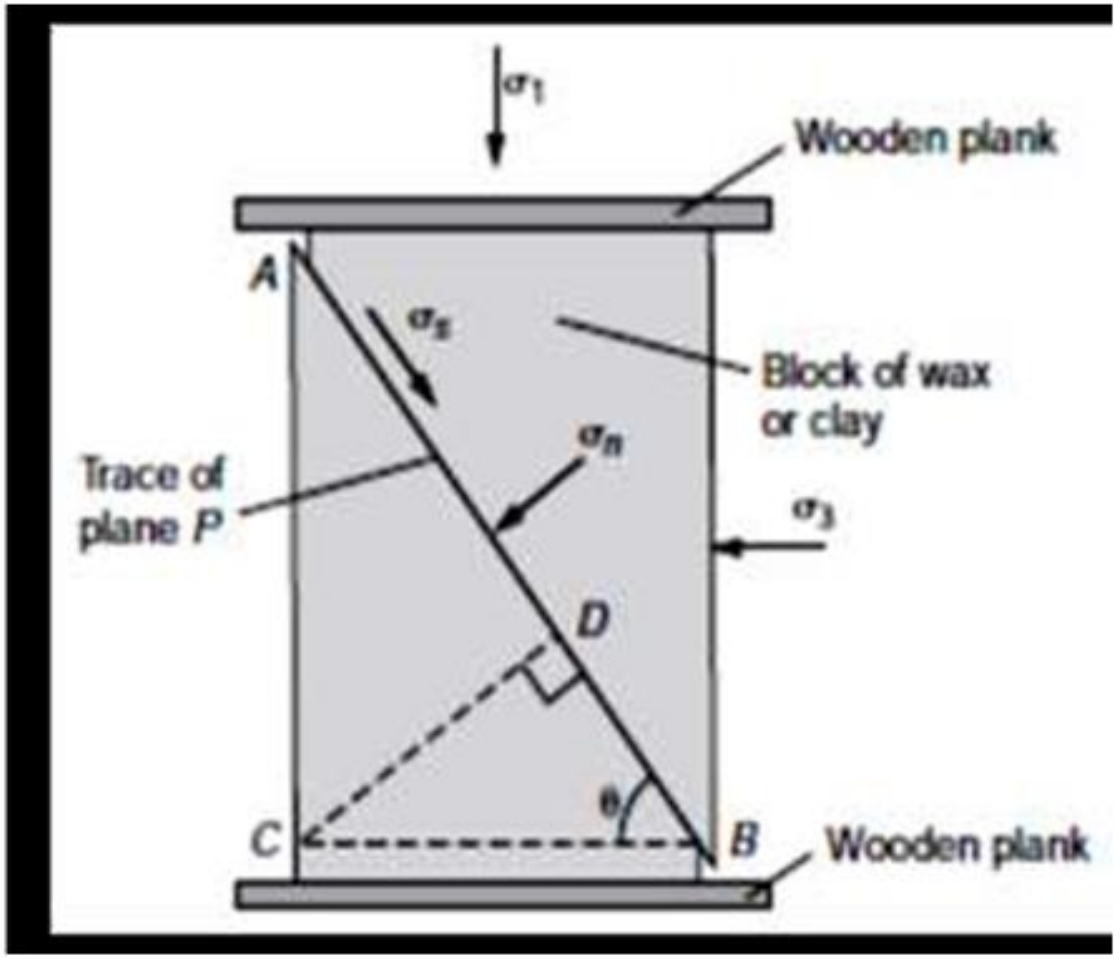
فإذا تعرضت كتلة صخرية مساحة مقطعها العرضي ١٠٠ م٢ لقوة مقدارها ٦٠٠٠ باوند فان مقدار الاجهاد المسلط هو ٦٠٠٠ باوند/ م٢ .

قيمة الإجهاد الفعال المؤثرعلى مستوى ما هى كمية متجهة vector
quantity بمعنى أن للإجهاد قيمة واتجاها،

ويحلل الإجهاد σ الواقع فى إتجاه مائل على مستوى ما إلى مركبتين
واحدة رأسية وتسمى الإجهاد العمودى
ويرمز له بالرمز σn
ويمثل مركبة الاجهاد اللازمة لثبات الجسم وعدم انزلاقه

بينما تسمى المركبة الموازية لسطح المستوى بإجهاد القص
ويرمز له بالرمز σs
وهى مركبة الاجهاد اللزمة لدفع الجسم للانزلاق.

الإجهاد
σ
الإجهاد العمودى
σn
الإجهاد القصى
σs
σn
σs
Θ
Θ


σ_1
Wooden plank
A
σ_s
Block of wax
or clay
σ_n
Trace of
plane P
σ_3
D
θ
C
B
Wooden plank

عادة ما يتأثر جسم ما بواسطة ثلاثة محاور للإجهاد متعامدة على بعضها البعض وتكون ما يعرف بإهليج الإجهاد وتسمى تلك المحاور بمحاور الإجهاد الأساسية كما أن تلك المحاور تكون متعامدة على مستويات لا تحتوى على إجهادات قص وتسمى بمستويات الإجهاد الأساسية.

وعلى هذا يمكن وصف حالة الإجهاد على جسم ما بتحديد إتجاهات وقيمة محاور الإجهاد الثلاثة الأساسية

محور $\sigma 1$

محور $\sigma 2$

محور $\sigma 3$

محاور الإجهاد الثلاثة الأساسية

يمثل محور σ1 بمحور الاجهاد الاعظم
Maximum principle stress axis

يمثل محور σ2 بمحور الاجهاد الاوسط
Intermediate principle stress axis

يمثل محور σ3 بمحور الاجهاد الادني
Minimum principle stress axis

إن علاقة تلك المحاور ببعضها البعض تعطى إنطباعا لحالة الإجهاد الواقع على جسم ما طبقا للحالات الآتية:

$\sigma 1 \leq \sigma 2 \leq \sigma 3 \neq 0$ إجهاد ثلاثى المحاور العام
General triaxial stress

$\sigma 1 > 0 > \sigma 3$ إجهاد ثنائى المحاور (المستوي)
Biaxial (plane) stress

$\sigma 3 = \sigma 2 = 0 < \sigma 1$ إجهاد تضاغطى أحادى المحور
Uniaxial compressional stress

$\sigma 1 = \sigma 2 = 0 > \sigma 3$ إجهاد شدى أحادى المحور
Uniaxial (Uniaxial tension) extensional stress

$\sigma 1 = \sigma 2 = \sigma 3$ إجهاد هيدرواستاتيكى أو ليثوستاتيكى (أيزوتروبى)
Hydrostatic or Lithostatic (Isotropic) stress

صخور القشرة الارضية تتعرض الى انواع مختلفة من الاجهاد وهي :

1-الجهد الصخري المستقر (Lithostatic Stress)

2-الجهد التفاضلي (Differential Stress)

1-الجهد الصخري المستقر (Lithostatic Stress)

تتعرض الصخور تحت السطحية الى الضغط من جميع الجهات بسبب وزن الصخور التي تعلوها ويسمي هذا النوع من الاجهاد بالضغط الحاصر (Confining Pressure)
وهو يشبه الضغط الذي يسلطه عمود الماء على اي جسم تحت سطحه ومن جميع الجهات ايضا (Hydrostatic pressure).

الضغط الصخري المستقر يزداد مع العمق داخل الارض ليصل الى قيم عالية.

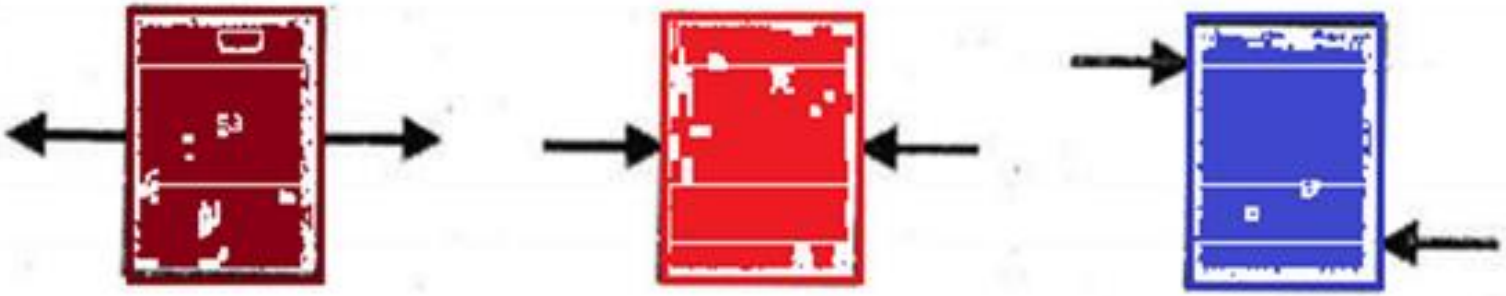
والزيادة في الضغط الحاصر او الضغط الصخري المستقر تسبب **نقصان في حجم الصخور** وبالتالي **زيادة في كثافتها**
والتناقص في الضغط الحاصر يسبب **زيادة في الحجم ونقصان في الكثافة**.

2-الجهد التفاضلي (Differential Stress)

القوى التكتونية تؤثر في صخور القشرة الارضية وبجهد متباين و غير متساوي Unequal stress
وتنقسم الي ثلاث انواع اساسية:

أ-جهد السحب (tension stress)
ب- جهد الضغط (compression stress)
ج- جهد القص (shearing stress)

Differential Stress



tension

compression

shearing

أنواع الكسور الناشئة من الاجهاد

تعرف الكسور بالمستويات التى تفصل الصخر إلى عدة قطع منفصلة بينما تعرف الفواصل Joints بالكسور المنتظمة التى لايحدث على أسطحها ازاحات للكتل الصخرية أو ربما يحدث عليها ازاحات متناهية فى الصغر لايمكن مشاهداتها. أسطح الفواصل عموما تكون مستوية وعديدة ومتوازية وتفصل الصخور إلى قطع متساوية تقريبا فى حجومها.

وقد توجد تلك الفواصل على هيئة مجموعات متكررة ومتقاطعة.

أما الكسور التى يحدث على أسطحها انزلاقات فإنها تعرف بالفوالق Faults.

تنشأ تلك التراكيب بإجهادات شدية أو تضاغطية أو قصية.

١. الكسور الشدية Tension fractures

هى نوع من الفواصل التى يكون الشد فيها متعامدا على سطح الفاصل.

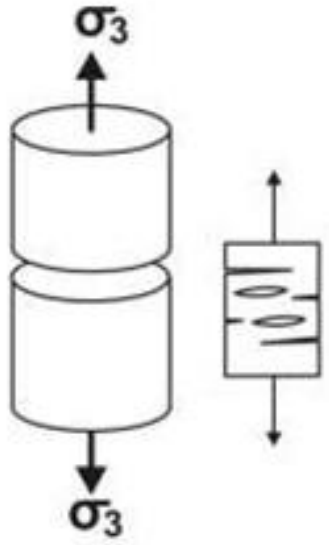
وتنتج عندما يكون الضغط الحابس Confining pressure صفرا تحت تأثير اجهاد شدى أحادى المحور وفيه يكون الفاصل عموديا على محور الاجهاد الاساسى الادنى Minimum principle stress axis (σ3) أو إجهاد تضاغطى أحادى المحور وفيه يتجه ميتوى الفاصل متوازيا مع محور الاجهاد الاساسى الأعظم Maximum. principle stress axis(σ1)

٢. الكسور القصية Shear fractures

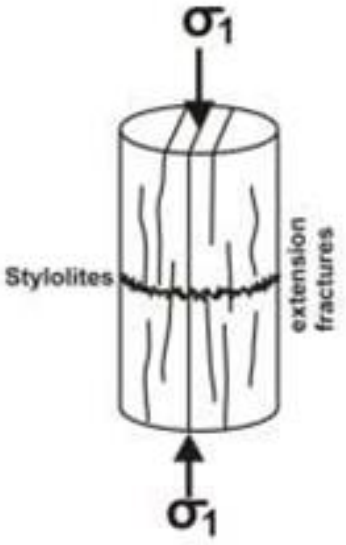
تنزلق القطع الصخرية جانبيا موازية لسطح الفاصل. وتتقاطع أسطح الفواصل القصية على شكل حرف X وتنشأ تلك الفواصل تحت الاجهاد ثلاثى المحور حيث ينصف محور الاجهاد الاساسى الاعظم الزاوية الحادة بين الفاصلين (حوالى ٦٠°) بينما ينصف محور الاجهاد الاساسى الادنى الزاوية المنفرجة (حوالى ١٢٠°) بينهما ويتقاطعا الفاصلين عند محور الاجهاد الاساسى الاوسط. وتسمى تلك الفواصل المتقاطعة بالفواصل القصية المتقارنة Conjugate shear fractures. تنشأ الكسور القصية عند قيم ضغط حابسة واجهاد تفاضلى مناسبة.

٣. الاستيلولايت Stylolites

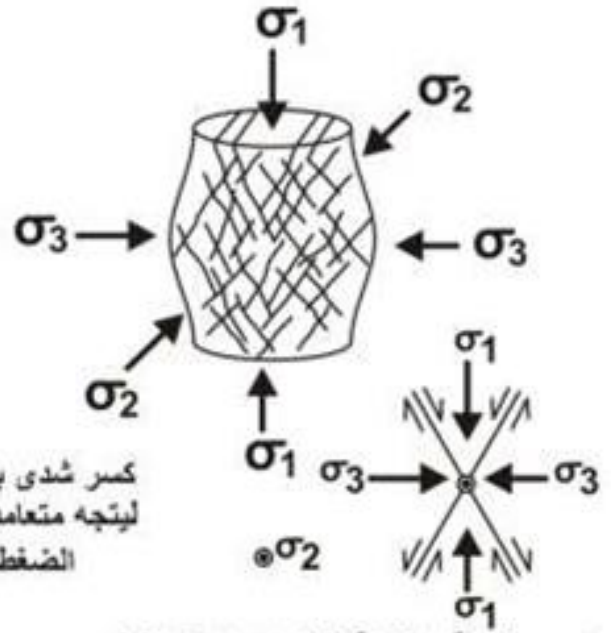
هى فواصل متضاغطة وتسمى أيضا بالفواصل المنغلقة ويتميز سطحا بتعرجات مسننه صغيرة وتتجه مستوياتها عمودية على محورالاجهاد الاعظم.



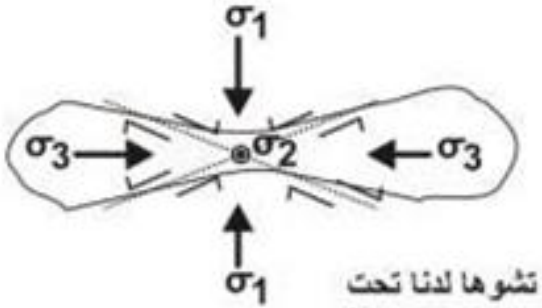
كسر شدى بفعل الاجهاد الشدى حيث
يتجه متعامدا على محور الاجهاد الادنى
الضغط الحابس قيمته صفرا



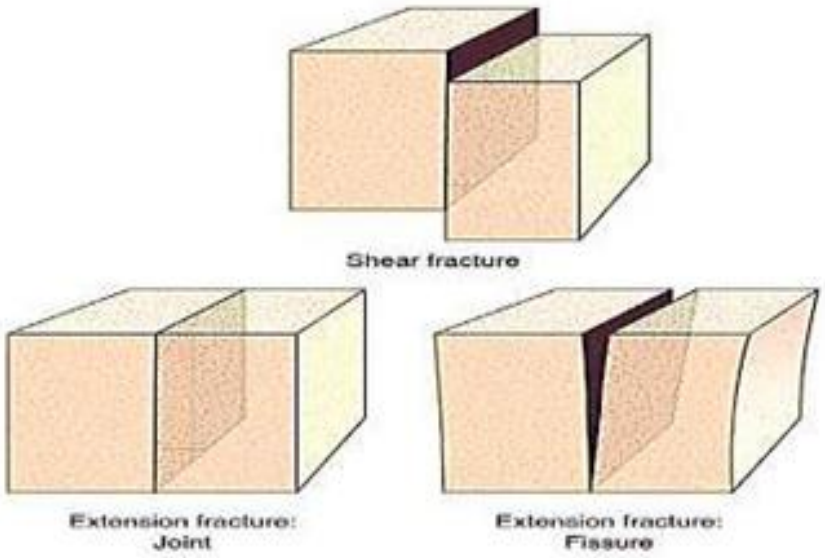
كسر شدى بفعل الاجهاد التضاغطى حيث
ليتجه متعامدا على محور الاجهاد الأعظم
الضغط الحابس قيمته صفرا

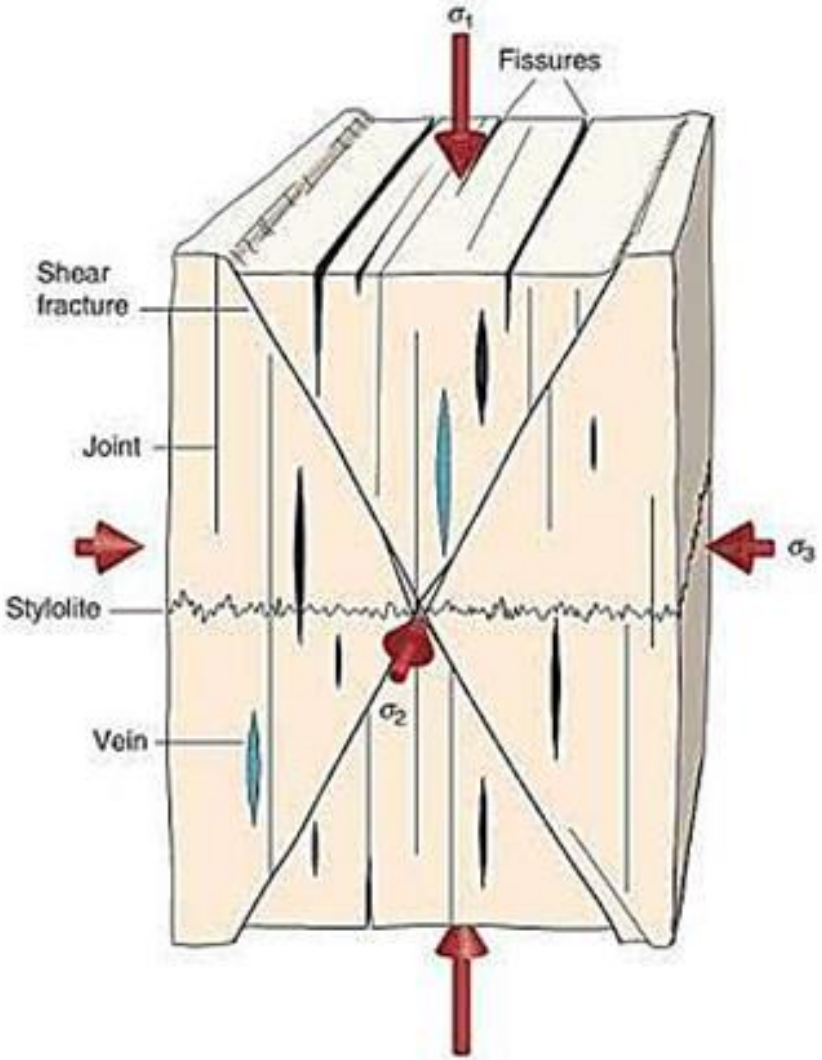


كسور شجية متقارنة بفعل إجهاد تضاغطى
في ثلاثى المحاور الاساسية
تحت تأثر ضغط حابس واجهاد تفاضلى
مناسبين



تتشوه الصخور تشوها لدنا تحت
طاجهاد تضاغطى ثلاثى المحور وضغط
حابس واجهاد تفاضلى عظيم على
ضاعماق كبيرة جدا من سطح الأرض


Shear fracture
Extension fracture:
Joint
Extension fracture:
Fissure


σ_1
Fissures
Shear
fracture
Joint
σ_3
Stylolite
σ_2
Vein

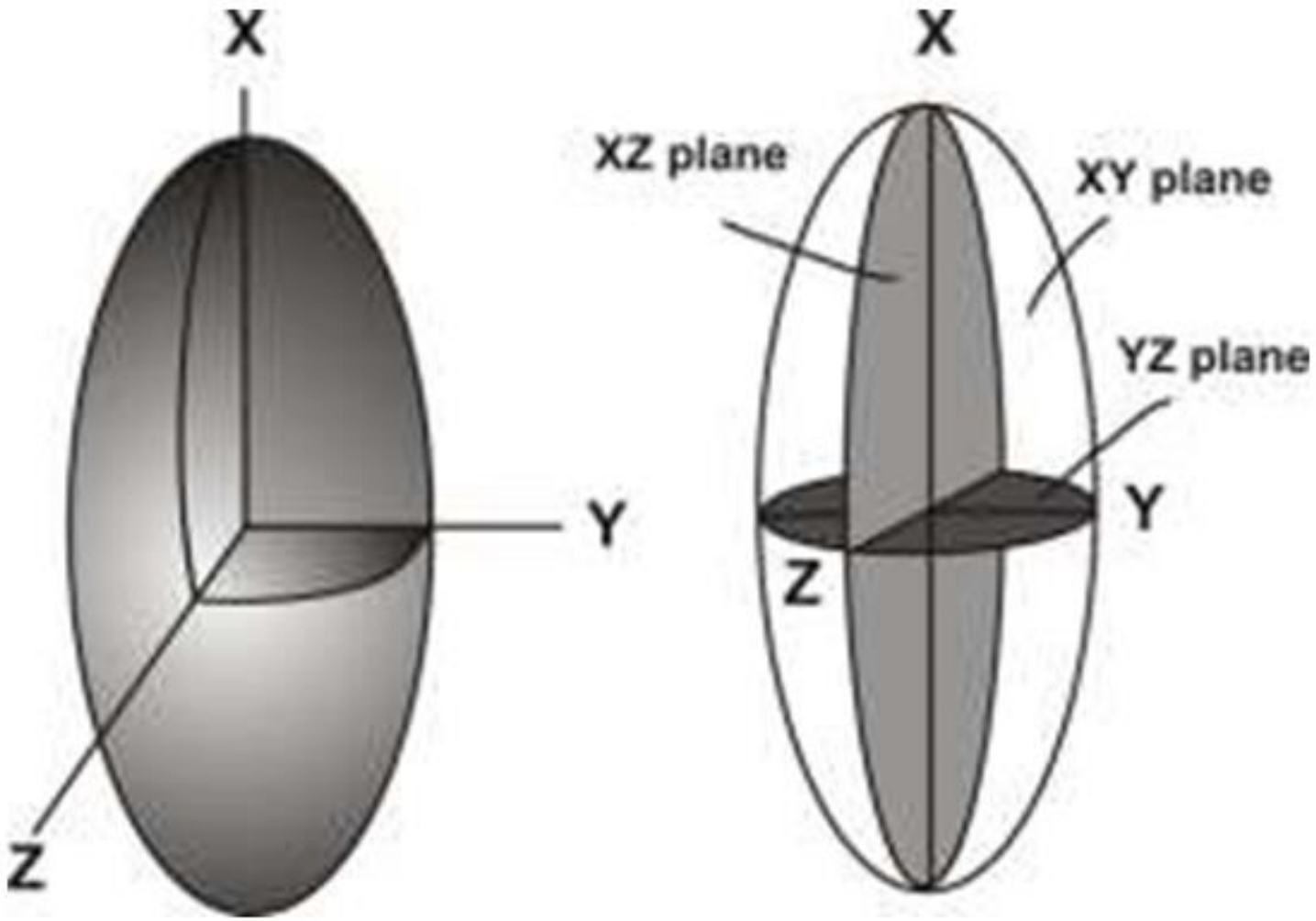
الانفعال (Strain)

هو مقاومة الصخور للجهد التفاضلي و يمثل مقدار استجابة الصخور للجهد او الضغط المسلط عليها.

ينتج الإنفعال من تغير فى شكل ووضع وحجم الصخور عن شكلها ووضعها وحجمها الأصلى بعد تعرضها للإجهاد الناتج من الحركات الأرضية.

فالشكل الكروى مثلا يتغير لشكل إهليجى ellipsoid إذا تعرض لإجهادات ضغطية وشدية فهذا التغير فى الشكل والذى غالبا يصاحبه تغيرا فى الحجم ووضع الجسم الكروى يسمى إهليج الإنفعال Strain ellipsoid

فيعرف الإنفعال ببساطة بمقارنة تغير شكل وحجم إهليج الإنفعال مع شكل وحجم الشكل الكروى الأصلى.


X
Y
Z
X
XZ plane
XY plane
YZ plane
Y
Z

يتكون إهليج الإنفعال من ثلاث محاور متعامدة تنطبق على نفس المحاور المتعامدة في الحالة الكروية للجسم قبل تشوهه وتعرف هذه المحاور بالمحاور الأساسية لأهليج الإنفعال Principle axes of the strain ellipse يرمز بالمحاور بمحاور X و Y و Z حيث أن:

X = maximum principle strain axis

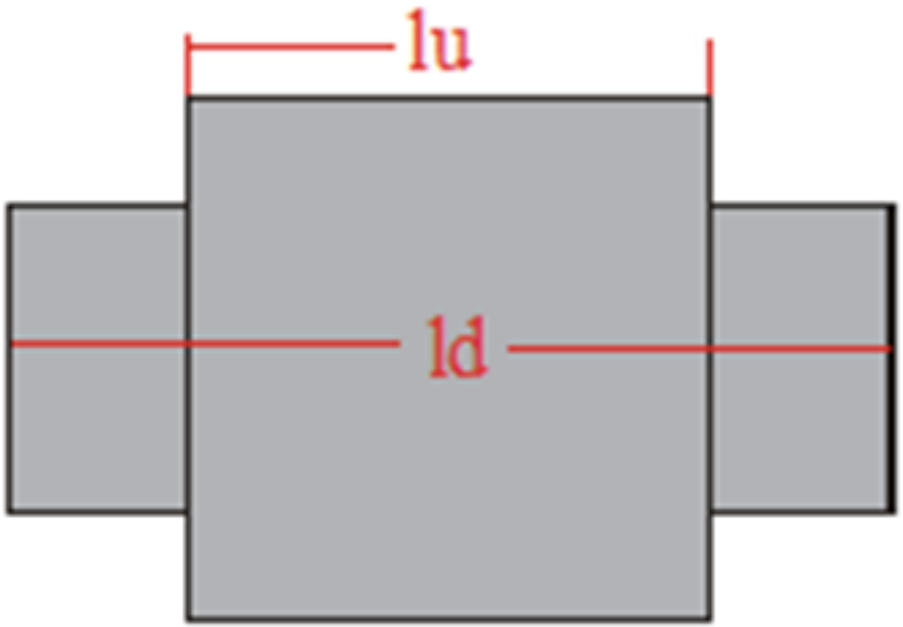
Y = intermediate principle strain axis

Z = minimum principle strain axis

بينما تمثل المستويات XY و XZ و YZ هى مستويات إهليج الإنفعال الأساسية Principle planes of strain ellipsoid

قياسات الإنفعال

تحدد قيمة ومقدار الإنفعال من خلال المعادلات الآتية:



lu = undeformed length
ld = deformed length

١ الإطالة Elongation

والتى تحسب من المعادلة الآتي:

$$e = \frac{ld - lu}{lu} = \frac{\Delta l}{lu}$$

وتقيس الإطالة التغير النسبى فى الطول قبل وبعد التشوه، وتكون الإشارة موجبة إذا تعرض الجسم المشوة لزيادة فى طوله عن الطول الأصلى والعكس الصحيح إذا كانت الإشارة سالبة.

٢ التمدد Stretching

ويحسب من المعادلة التالية:

$$S = \frac{ld}{lu}$$

وهى النسبة بين الطول بعد التشوة إلى الطول قبل التشوة، ويكون الناتج أقل من واحد صحيح إذا تعرض الجسم المشوة للشد والعكس الصحيح إذا كانت القيمة أكبر من واحد صحيح.

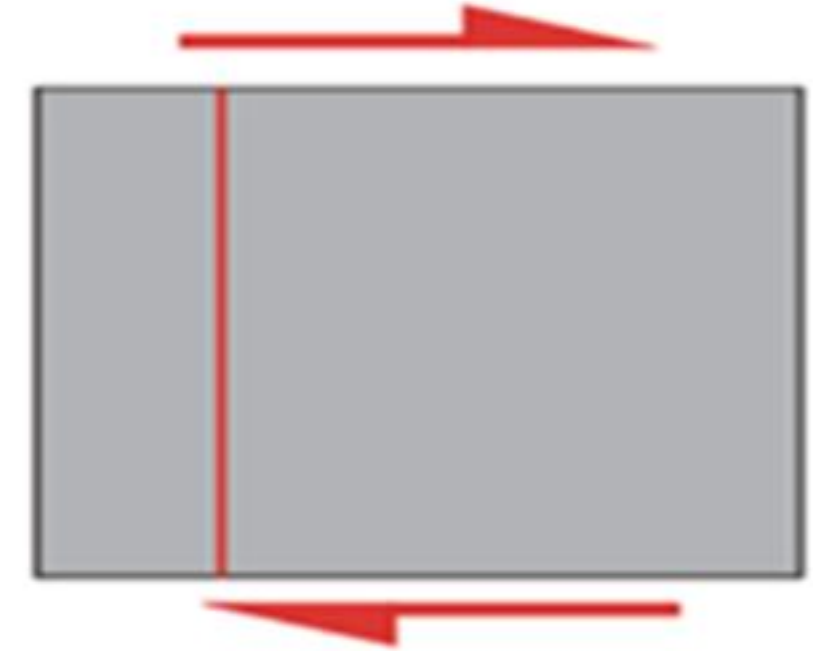
٣ الإنفعال القصى Shear strain

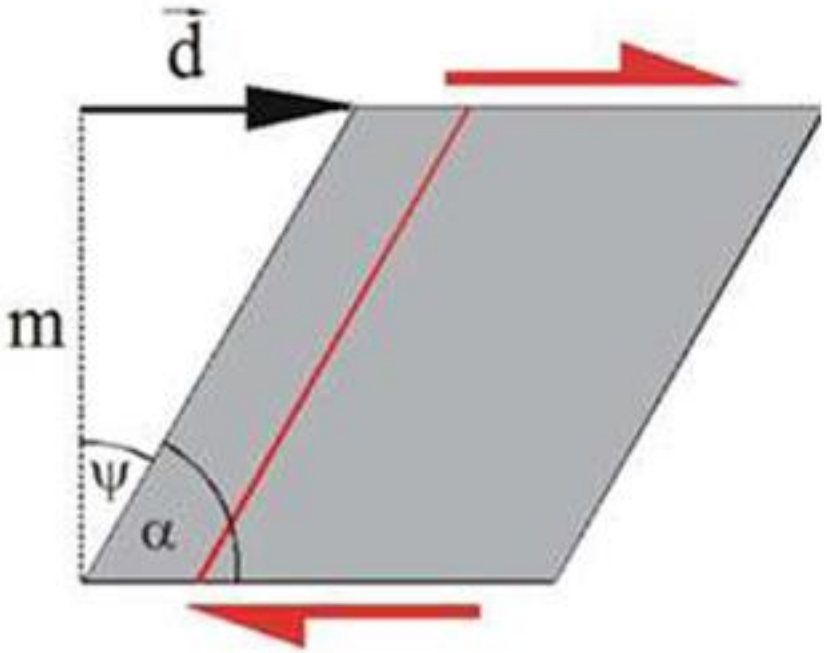
ويعرف بقيمة الأنفعال عند حدوث قصى لجسم ما ويحسب من المعادلة الآتية:

$$\text{Shear } g = \tan \psi$$

حيث ان:

$$\tan \psi = d/m$$




d
m
ψ
α