

## Tentamen Deformatie en metamorfose van de korst

Maandag 31 januari 2011, 09:00-12:00, Educatorium, zaal Theta

- Voorzie elk ingeleverd vel papier van Uw duidelijk leesbaar geschreven naam.
- Beantwoord vragen 1 t/m 6 en vragen 7 t/m 10 op **aparte vellen papier**.
- **Suggestie: lees vóór het inleveren Uw tekst na.**

1. Omschrijf kort en zakelijk de betekenis van de volgende begrippen

- a. effectieve spanning
- b. angular shear
- c. hinterland dipping duplex
- d. boudinage
- e. contractional jog (in een strike-slip fault system)

2. Onderstaande afbeelding toont een normal fault in een pakket zandstenen en conglomeraten in zuid Californië, waarlangs een licht gekleurde zandsteen circa 1 meter verzet wordt. De ontsluiting is zo gefotografeerd dat in de afbeelding de ware helling en de ware verplaatsing van de breuk te zien is.

- a. Geef een *verklaring* voor het feit dat de meeste afschuivingsbreuken aan het aardoppervlak een helling van circa  $60^\circ$  vertonen.
- b. Bepaal, gebruikmakend van de stand van de breuk, met een Mohr cirkel constructie de coëfficiënt van interne frictie voor deze gesteenten.
- c. Laboratorium experimenten met de zandsteen geven een waarde voor de sterkte (cohesie) van 25 MPa. Indien de kleinste hoofdnormaalspanning  $\sigma_3$  tijdens het breken 50 Mpa bedraagt, hoe groot is dan de grootste hoofdnormaalspanning  $\sigma_1$ ?

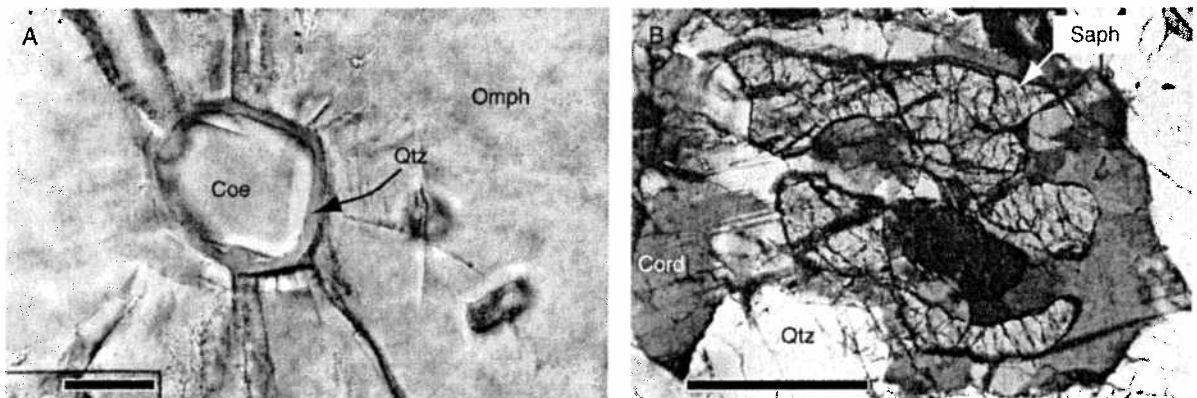


3. Op welke twee principiële verschillende wijzen kan extensie in de bovenste korst naar de diepere lithosfeer worden geacomodeerd? Illustreer elk van deze twee gevallen met een schets.

4. Geef in het kort aan met welke criteria men in een ductiele shear zone de bewegingszin en de bewegingsrichting kan bepalen. Illustreer deze criteria zoveel mogelijk met schetsen.
5. In veel orogenen komen restanten voor van oceanische korst en lithosfeer, die in het algemeen aangeduid worden als ofiolieten.
  - a. Geef een korte beschrijving van de standaard opbouw van een ofiolietsectie.
  - b. Geef eveneens in het kort aan hoe deze opbouw ontstaat als gevolg van processen in mid-oceanische rug (=MOR) systemen.
6. Noem tenminste een vijftal kenmerken van de Alpen, waarmee je kunt beargumenteren dat deze gebergtegordel ontstaan is in een subductiezone setting.

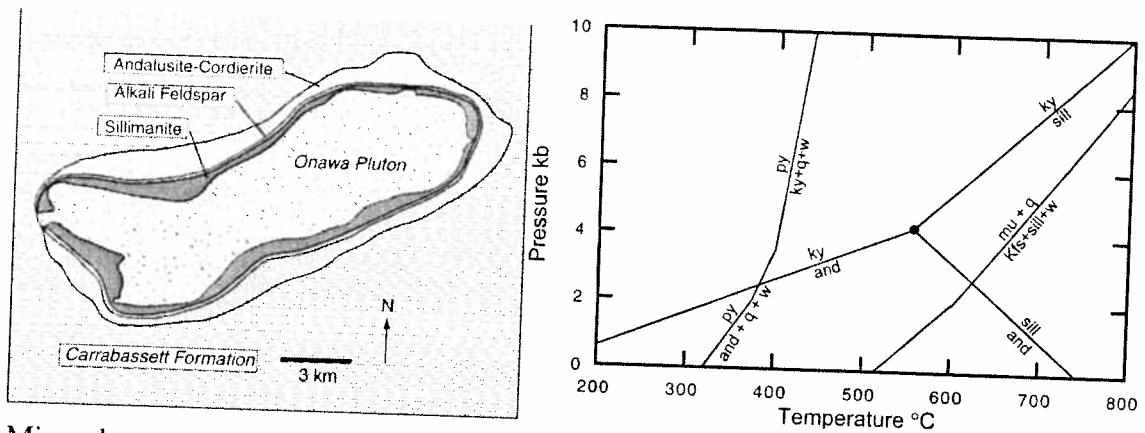
*Beantwoord de naovolgende vragen op een ander vel papier.*

7. Give short answers to the following questions;
  - a. Draw a pressure (P) -temperature (T) diagram showing the conditions of the main metamorphic facies.
  - b. Give a short description of a slate, a schist and a gneiss.
  - c. How can impact and burial metamorphism be identified?
  - d. How can the pressure and temperature in the crust be changed?
8. The images show the microstructures of metamorphic continental crustal rocks A) from the Erzgebirge area in Germany (scale is 40 microns) and B) from Edwards island in Antarctic (scale is 0.5 mm). Mineral names: Coe = coesite, Qtz = quartz, Omph = omphacite, cord = cordierite, and Saph = sapphirine.



- a) What metamorphic PT conditions are indicated by these mineral assemblages?
- b) Why does the quartz occur in a rim around the coesite?
- c) What tectonic environments can explain the formation of these rocks?

9. The figure shows a map of the metamorphic zones formed in the Carrabasset pelitic sediments in Maine, USA.



Minerals: mu = muscovite, q = quartz, and = andalusite, Kfs = alkali feldspar, sill = sillimanite, ky = kyanite, py = pyrophanite

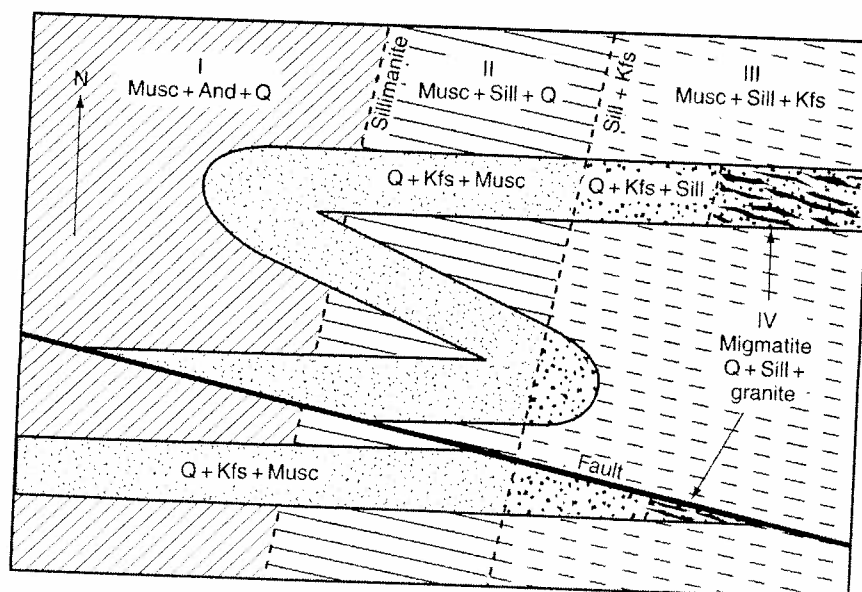
a) What field observations can be used to decide if this is an example of contact or regional orogenic metamorphism?

b) Draw a PT diagram showing the metamorphic field gradient and reactions associated with the andalusite, alkali feldspar and sillimanite isograds.

b) Use the sequence of isograds around the Onawa pluton and the PT diagram to work out the maximum depth of metamorphism in the alkali feldspar zone. Note that crustal density is about  $2700 \text{ kg/m}^3$ ,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , SI units of pressure are Pa and 1 kilobar (kb) = 100 MPa.

c) Use the PT diagram and isograd sequence to work out the minimum temperatures of metamorphism in the sillimanite zone.

10. The figure shows a sequence of metamorphic zones in a simple metamorphic area, which contains a folded sequence of sandstone and mudstone meta-sediments.



Mineral compositions: quartz (Q) =  $\text{SiO}_2$ , Muscovite (Musc)  $\text{KA}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ , Andalusite (And)  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ , Silliminite (Sill)  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ , Alkali feldspar (Kfs)  $\text{KAISi}_3\text{O}_8$ .

- a) How many chemical components are needed to describe the minerals in this area?
- b) Define the phase rule, and use this rule to determine the number of minerals that are stable in a divariant assemblage (which is stable over a range of pressures and temperatures) and a univariant assemblage (stable along a reaction line).
- c) Construct triangular compositional phase diagrams for each metamorphic zone. This can be done by considering three significant components,  $\text{KAISi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and projecting the mineral composition of muscovite from  $\text{H}_2\text{O}$ .
- d) Write balanced reactions that describe the changes in mineral assemblages between the metamorphic zones.
- e) What isograds occur between the metamorphic zones?