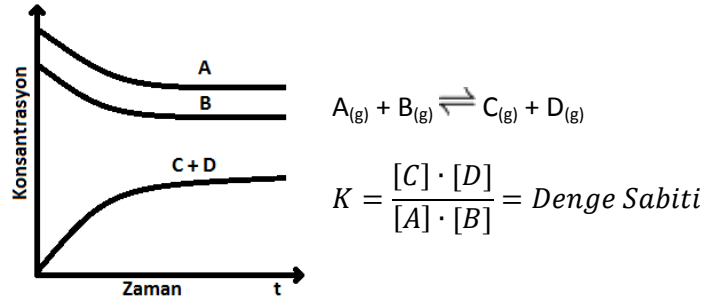


JEOKİMYASAL TERMODİNAMİK

Kimyasal Denge

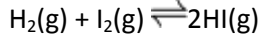
Reaksiyonun durduğu andır.



DENEY	KONSANTRASYON (mol/l)			
	A	B	C	D
1	3	2	1	1
2	9,6	10,0	4	4
3	0,5	3	0,5	0,5
4	21,9	1,22	2,11	2,11

$$K = 0,167$$

SORU: 490°C'de 1 litrelik bir kap içerisine 1 mol H₂ ve 1 mol I₂ gazı konuluyor. Tepkimeleri sonucu HI oluşuyor. Denge kurulduğu zaman konsantrasyonları ne olur? (K=45,9)

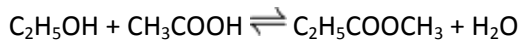


$$K = 45,9 = \frac{(2x)^2}{(1-x) \cdot (1-x)} = \frac{4x^2}{x^2 + 2x + 1}$$
$$45,9x^2 + 91,8x + 45,9 = 0$$
$$x = 0,772$$

$$x = \frac{-b \mp \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

SORU: 1 mol etil alkol ile 1 mol asetik asit tepkimeye girerek etil asetat ester ile su oluşturmaktadır. Bu tepkimenin K denge sabiti 4 olduğuna göre

- 1 mol etil alkol(C₂H₅OH), 1 mol asetik asit(CH₃COOH), 3 mol ester(C₂H₅COOCH₃) ve 3 mol su(H₂O) koyulduğunda reaksiyon hangi yönde olur?
- Denge durumunda her bir madde kaç mol olur?



$$\begin{array}{cccc} 1 \text{ mol} & 1 \text{ mol} & 3 \text{ mol} & 3 \text{ mol} \\ 1+x & 1+x & 3-x & 3-x \end{array}$$

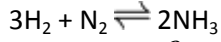
$$4 = \frac{(3-x)^2}{(1+x)^2}$$

$$x^2 - 6x + 9 = 4x^2 + 8x + 4$$

$$3x^2 + 14x - 5 = 0$$

$$x = 0,33$$

SORU: N₂, H₂ ve NH₃ gazlarının 400°C'de denge durumundaki karışımında amonyak ve azotun kısmi basınçları sırasıyla 4 ve 3,5 atm'dir. Hidrojenin kısmi basıncını hesaplayınız. (K=1,66·10⁻⁴)



$$K = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \cdot [N_2]}$$

$$1,66 \cdot 10^{-4} = \frac{[4]^2}{[P_{H_2}]^3 \cdot [3,5]}$$

$$[P_{H_2}]^3 = 27538,72$$

$$[P_{H_2}] = 30,2 \text{ atm}$$

SİSTEM

Evrenin göz önüne alınıp incelenmek istenen parçasıdır.

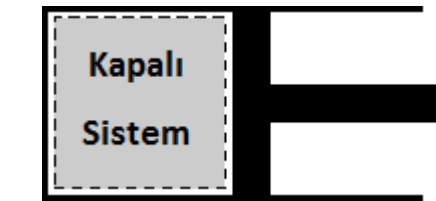
Sistemin dışında kalan kısımlara **çevre** denir. Sistem-çevre arasında madde ve enerji alışverişi olabilir. Olup olmamasına göre 3 kısma ayrılır:

AÇIK SİSTEM



Hem madde hem enerji alışverişi söz konusuysa açık sistemdir. Jeolojide bu tip sistemlere **metasomatik kayaçları** örnek verebiliriz.

KAPALI SİSTEM



Madde alışverişi yok ama enerji alışverişi varsa kapalı sistemdir. **İzokimyasal metamorfizma** örnek verilebilir. Hiçbir elementte değişiklik olmamalıdır. (Al₂SiO₅)

YALITILMIŞ SİSTEMLER



Madde alışverişi de enerji alışverişi de yok.

İç Enerji (U) tam olarak ölçülemez. İki durum arasındaki fark ölçülebilir. (U₂ - U₁ = ΔU)

İç enerji-Isı-iş arasındaki bağıntı: ΔU=Q-W

ΔU : İç enerjideki değişim

Q: Bir sistem tarafından alınan veya verilen ısı.

W: Bir sisteme dışarıdan yapılan ya da sistemin kendisinin yaptığı iş

- ★ Sisteme dışarıdan bir iş yapılıyorsa (-)
Sistem tarafından bir iş yapılıyorsa (+)
- ★ Isı enerjisi sisteme akıyorsa (endotermik ise) (+)
Sistemden dışarıya ısı veriliyorsa (ekzotermik ise) (-)

SORU: İki litosferik plaka arasında bir çarpışma sırasında sedimanter kayalar bölgesel olarak metamorfizma olmakta ve yata kuvvetlerin etkisi altında antiklinal ve senklinal şekilde kıvrılmaktadır. Bu kıvrılma sırasında 2,75 km'lik bir yata yer değiştirme söz konusu olursa kayalar üzerinde yapılan iş ne kadardır? (Etkiyen kuvvetlerin değeri $2,5 \cdot 10^9$ N)

$$W = -F \cdot d$$

$$W = -2,5 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot 2,75 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$W = -6,875 \cdot 10^{12} \text{ joule}$$

Isı değişimi $Q = 2 \cdot 10^{12}$ joule ise iç değişimi hesaplayınız.

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 2 \cdot 10^{12} - (-6,875 \cdot 10^{12})$$

$$\Delta U = 8,875 \cdot 10^{12} \text{ joule}$$

TERMODİNAMİK YASALARI

TERMODİNAMİĞİN 1. YASASI

Enerji yoktan var edilemez, vardan da yok edilemez.

TERMODİNAMİĞİN 2. YASASI

Enerji her zaman daha faydalı konumdan daha az faydalı konuma geçer. / Enerji kendiliğinden konsantre formdan dağınık forma dönüşme eğilimindedir. Bu durum evrenin entropisinde artışa neden olur.

ENTROPİ

Dağınıklık, düzensizlik demektir. Düzensiz bir halin entropisi düzenli bir halin entropisinden daha yüksektir.

Entropi Değişimi

Bir halden diğer bir hale dönüşüm esnasında sistemin aldığı ısının olayın olduğu sabit sıcaklığa oranı olarak ifade edilir.

$$\Delta S = \frac{Q \text{ (cal)}}{T \text{ (Kelvin)}}$$

Entropi Artışı

- 1) Katı → Sıvı → Gaz
- 2) Gaz genişlemesiyle (düzensizlik arttıkça)
- 3) Saf bileşenler birbiriyle karışınca
- 4) Isıtmayla
- 5) Kimyasal enerjinin ısı enerjisine dönüşmesiyle
- 6) Bir ortamdan başka bir ortama ısı akışıyla artar.

TERMODİNAMİĞİN 3. YASASI

Sıfır mutlak sıcaklıkta saf kristal maddelerin entropisi sıfırdır. Çünkü moleküllerin durumunda herhangi bir düzensizlik söz konusu değildir.

ENTALPİ

Sistemin sabit basınçta almış olduğu ısı = Sistem entalpisi

Entalpinin mutlak değeri bilinmez. Ancak değişimi hesaplanabilir. (ΔH)

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reaksiyon}} = \sum \Delta H^{\circ}_{\text{ürünler}} - \sum \Delta H^{\circ}_{\text{reaktifler}}$$

★ Entalpi değişimi (-) ise ekzotermik

Entalpi değişimi (+) ise endotermik

★ ΔH (-) ise reaksiyon kendiliğinden oluşur.

ΔH (+) ise reaksiyonun oluşması için dışarıdan müdahale gerekir.

GIBBS SERBEST OLUŞUM ENERJİSİ

$\Delta G < 0 \rightarrow$ Reaksiyon kendiliğinden oluşur.

$\Delta G > 0 \rightarrow$ Reaksiyon kendiliğinden oluşmaz.

$\Delta G = 0 \rightarrow$ Reaksiyon kendiliğinden oluşur.

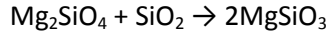
$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\Delta G_R = G_R^\circ + R \cdot T \cdot \ln K$$

- ΔG → Serbest oluşum enerjisi
 ΔG° → Serbest oluşum enerjisinin ilk hali
 ΔH → Entalpi
 T → Mutlak sıcaklık = 298,15°K = 25°C
 ΔS → Entropi
 R → Gaz sabiti = 1,987 cal/K
 ΔG_R → Herhangi bir andaki standart durum
 ΔG_R° → Başlangıçtaki standart durum

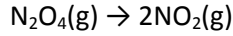
SORU: Forsterit minerali kuvars ile reaksiyona girerek enstatit oluşturmaktadır. Bu reaksiyonun entalpi değişimini hesaplayınız.



Forsterit Kuvars Enstatit

- $\Delta H^\circ_{\text{forsterit}} = -520,4 \text{ kcal/mol}$
 $\Delta H^\circ_{\text{kuvars}} = -217,6 \text{ kcal/mol}$
 $\Delta H^\circ_{\text{enstatit}} = -370,1 \text{ kcal/mol}$
 $-2 \cdot 370,1 - (-520,4 + (-217,6)) = -2,2 \text{ kcal/mol}$

SORU: Diazotoksit azot dioksit'e dönüşüyor;



25°C → K=0,141

$\Delta G^\circ = 1161 \text{ cal}$

a) 25°C'de N_2O_4 (1 atm), NO_2 (0,1 atm) olursa ΔG ne olur?

b) 25°C'de N_2O_4 (0,1 atm), NO_2 (1 atm) olursa ΔG ne olur?

a. $K = \frac{(0,1)^2}{1^2} = 0,01$

$$\Delta G = G^\circ + R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\Delta G = 1161 \text{ cal} + 1,987 \cdot 298,15 \cdot \ln 0,01$$

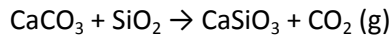
$$\Delta G = -1,567 \text{ kcal}$$

b. $K = \frac{1^2}{0,1} = 10$

$$\Delta G = 1,161 \text{ kcal} + 1,987 \cdot 298,15 \cdot \ln 10$$

$$\Delta G = 2,525 \text{ kcal}$$

SORU: Bir magmatik intrüzyonun kireçtaşı kantağında kuvars ve kalsitin reaksiyonu sonucu vollastonit oluşuyor ve CO_2 açığa çıkıyor.



$$\Delta H^\circ_{\text{kalsit}} = -1206,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{kalsit}} = 88,7 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{kuvars}} = -910,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{kuvars}} = 41,46 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{vollastonit}} = -1635,22 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{vollastonit}} = 82,01 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{karbondioksit}} = -393,51 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{karbondioksit}} = 213,8 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta H=?$$

$$\Delta H=88,67 \text{ kJ/mol}$$

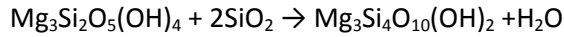
$$\Delta S=?$$

$$\Delta S=165,65 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta G=?$$

$$\Delta G=39,281 \text{ kJ/mol}$$

SORU: Kuvars içeren ultramafik kayalar bölgesel metamorfizmaya uğradıklarında bunların içerisindeki serpantin suyunu vermesi sonucu (dehidrasyon) talk ve su açığa çıkıyor. Bu reaksiyonun ΔH , ΔS ve ΔG değerlerini hesaplayınız.



$$\Delta H^\circ_{\text{serpantin}} = -4361,66 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{kuvars}} = -910,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{talk}} = -5915,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{su}} = -285,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{serpantin}} = 221,3 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{kuvars}} = 41,46 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{talk}} = 260,83 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{su}} = 70,09 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

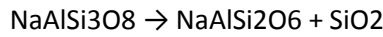
$$\Delta H = -18,74 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S = 26,7 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$\Delta G = -36,7 \text{ kJ/mol}$$

SORU: Düşük sıcaklık yüksek basınç metamorfizmasının egemen olduğu dalma batma zonlarında albit minerali bozularak yadehit ve kuvars oluşmaktadır. Bu tepkimenin serbest oluşum enerjisini hesaplayınız. ($\Delta H = 53,21 \cdot 10^3 \text{ J/mol}$ $\Delta S = 200,4 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$)



albit yadehit kuvars

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$\Delta G = 53210 - 298,15 \cdot 200,4$$

$$\Delta G = -6,539 \text{ kJ/mol}$$

ÇÖZELTİLERİN TERMODİNAMIĞI

Katı, sıvı ya da gaz şeklinde olur.

Gaz çözeltiler bir gazın diğeri içerisinde çözünmesiyle oluşur.

Sıvı çözeltiler ise gaz, sıvı ya da katının bir sıvı içerisinde çözünmesiyle oluşur. Eğer sıvı suysa buna sulu çözeltiler denir.

Katı çözeltiler bir katının bir başka katı içinde bulunmasıdır. Plajiyoklazlar örnek olarak verilebilir. Pirinç ve çelik de birer katı çözeltilerdir.

Az bulunan çözünen, çok bulunan çözücü olarak ifade edilir. Konsantrasyonu saptamak mümkündür.

Mol Kesri

Bir bileşenin mol sayısının toplam mol sayısına oranına mol kesri denir.

Mol kesirleri toplamı 1'dir.

1 mol alkol + 3 mol su

$$\% \text{alkol} = 1/1+3 = 0,25$$

$$\% \text{su} = 3/1+3 = 0,75$$

$$X_1 + X_2 = 1$$

Molarite (M)

Çözünen bir maddenin molaritesi çözeltinin litresinde bulunan mol sayısıdır.

Molalite (m)

Çözünen bir maddenin molalitesi çözeltinin 1 kilogramında bulunan mol sayısıdır.

RAOULT YASASI

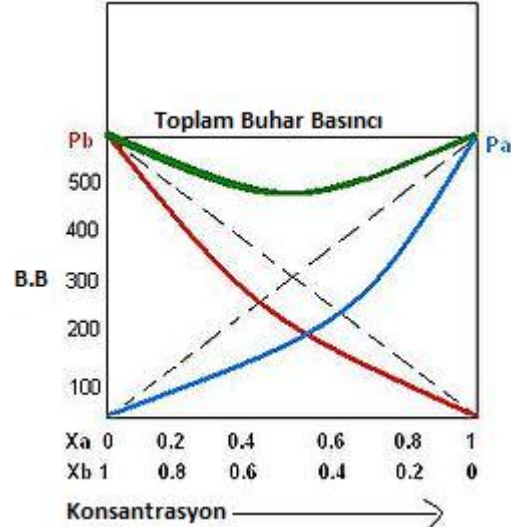
Bir çözücünün buhar basıncı sisteme ilave edilen çözünen ile düşmektedir.

$$X_b = \frac{P_1^0 - P_1}{P_1^0}$$

$$X_a = \frac{P_1}{P_1^0}$$

P_1^0 : Saf çözücünün buhar basıncı.

P_1 : İçerisinde X_b mol kesrinde çözünen bulunan çözücünün buhar basıncı.



HENRY YASASI

Bu yasaya göre bütün gazların çözünürlüğü çözelti üzerindeki gazın kısmi basıncı arttıkça artar. Çözünen gazın kısmi basıncının gazın çözeltideki mol kesrine oranı sabittir.

$$h = \frac{P_B}{X_B} = \frac{\text{Gazın Kısmi Basıncı}}{\text{Gazın Mol Kesri}}$$

FAZ DİYAGRAMLARI

Jeokimyada, petrolojide, petrografi ve mineralojide yaygın olarak kullanılıyor. Hangi mineralin hangi basınç ve sıcaklık koşullarında nasıl hareket ettiğini inceler.

Faz

Bir maddenin çeşitli ortamlarda fiziksel olarak birbirinden farklı ve mekanik yolla birbirlerinden ayrılabilen kısımlarına faz denir.

Kristal bir fazdır (katı).

GIBBS Faz Kuralı

Bir sistemdeki fazların sayısı ile bileşenlerin sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren kurala "GIBBS faz kuralı" denir. (1870, Willard GIBBS).

$$P + F = C + 2$$

P: Fazların sayısı

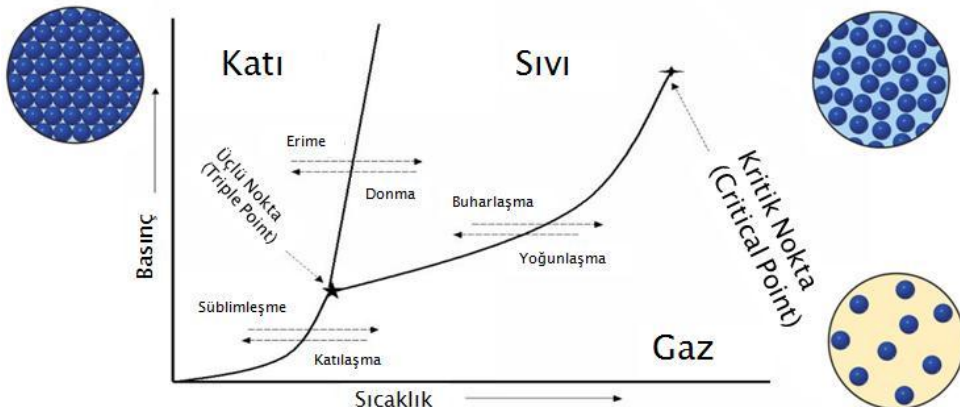
F: Sistemin serbestlik derecesi (değişken sayısı)

C: Sistemdeki bileşenlerin sayısı

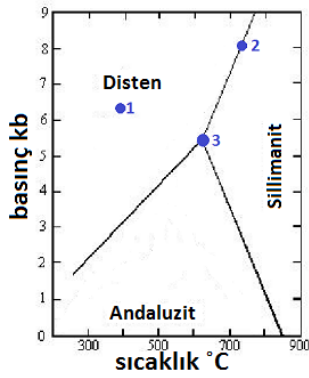
F: Basınç ve sıcaklık sistemin serbestlik derecesi olarak ortaya çıkan bir şey.

C: Bütün fazların oluşumu için gerekli ve yeterli olan kimyasal bileşenlerin en küçük sayısıdır.

TEK BİLEŞENLİ SİSTEMLER



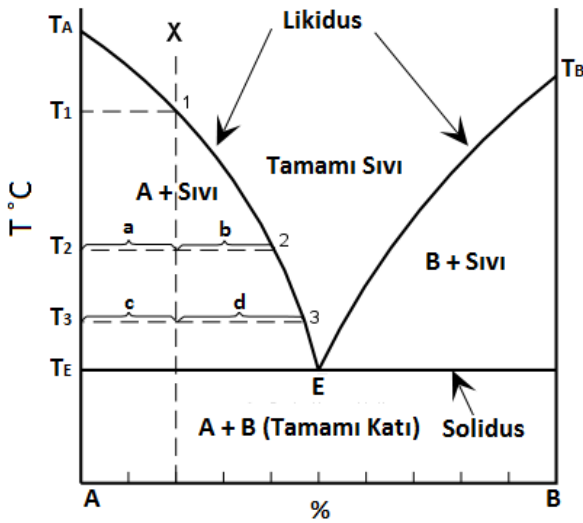
Disten, sillimanit, andaluzit Al_2SiO_5 (Alüminyum silikat)



Paleosıcaklık ve paleobasınç gösteren mineraller.

- 1 numaralı nokta: $P=1$ ve $F=2$
- 2 numaralı nokta: $P=2$ ve $F=1$
- 3 numaralı nokta: $P=3$ ve $F=0$

İKİ BİLEŞENLİ SİSTEMLER



P: Sabit

E: ÖTEKTİK NOKTA: Her iki bileşenin aynı anda kristalleştiği nokta.

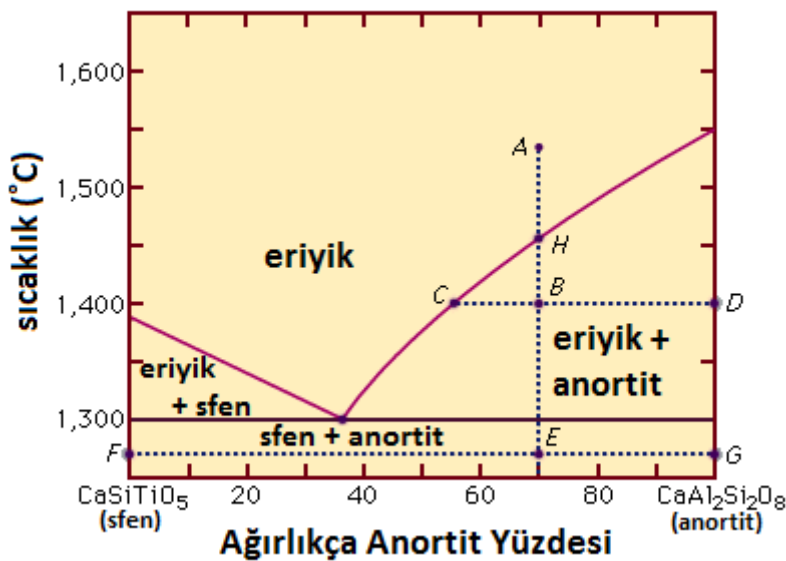
$$\% \text{ Kristal } (T_2) = \frac{b}{a+b} \cdot \%100$$

$$\% \text{ Eriyik } (T_2) = \frac{a}{a+b} \cdot \%100$$

$$\% \text{ Kristal } (T_3) = \frac{d}{c+d} \cdot \%100$$

$$\% \text{ Eriyik } (T_3) = \frac{c}{c+d} \cdot \%100$$

BASİT İKİLİ SİSTEM



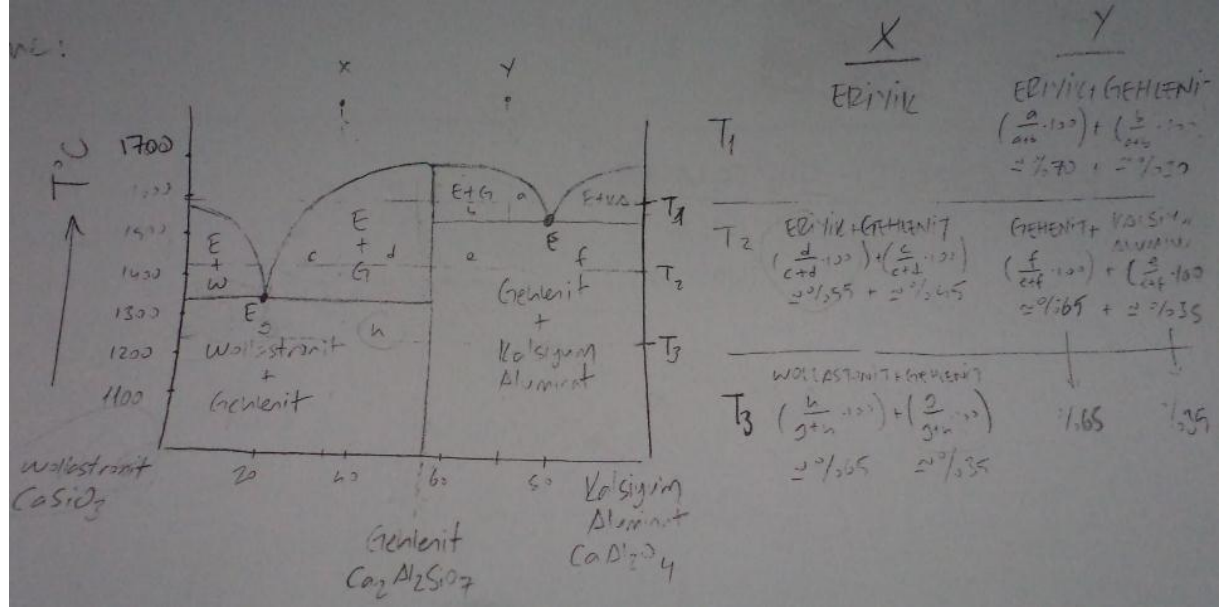
ARA BİLEŞİKLİ SİSTEMLER

1. Düzenli (Congruent) Sistemler
2. Düzensiz (Incongruent) Sistemler

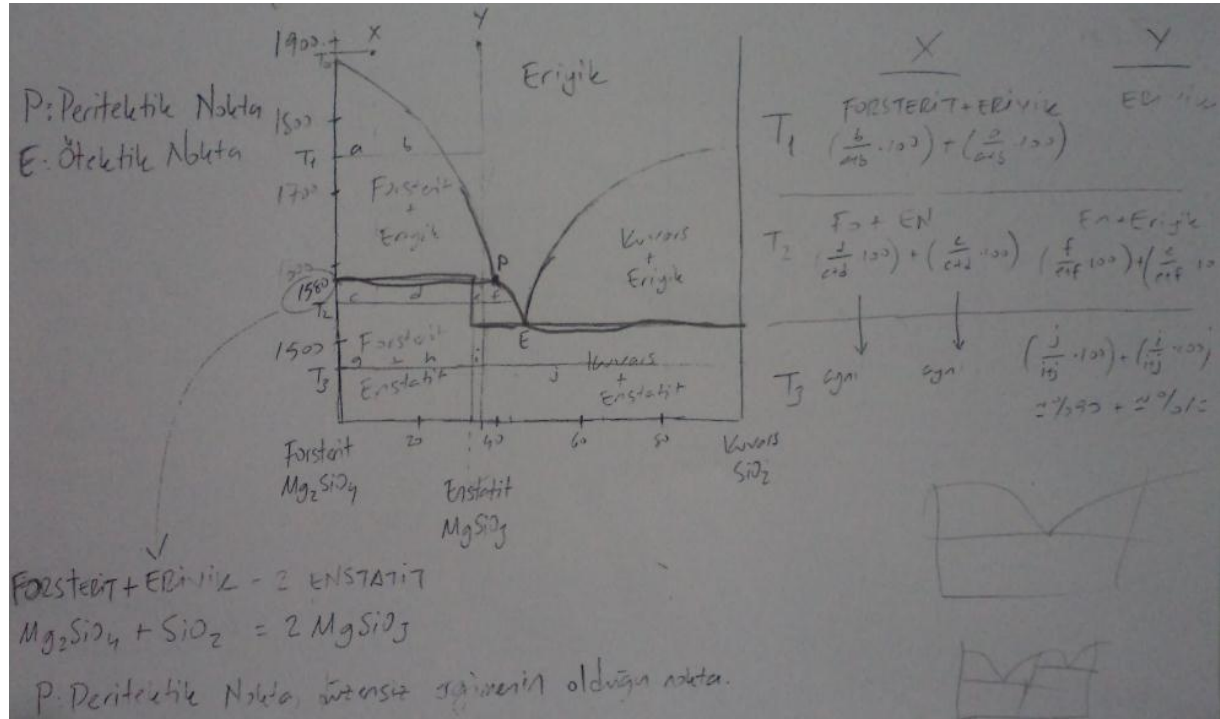
Düzenli ergime, ara bileşik ısıtıldığı zaman katı ile aynı bileşimde tür sıvı oluşturarak ergir ise düzenli ergimedir.

Düzensiz ergime; ara bileşik ısıtıldığında bileşimleri ilk katı fazdan farklı olan bir katı faz ile bir sıvıya dönüşüyorsa düzensiz ergimedir.

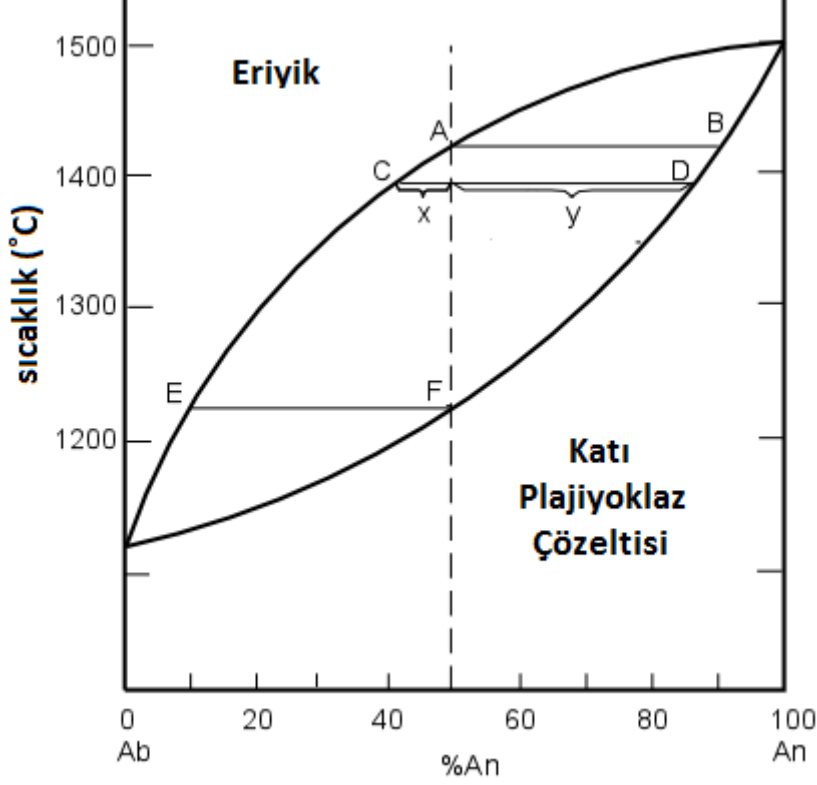
Düzenli Ergimeli Sistemler



Düzensiz Ergimeli Sistemler



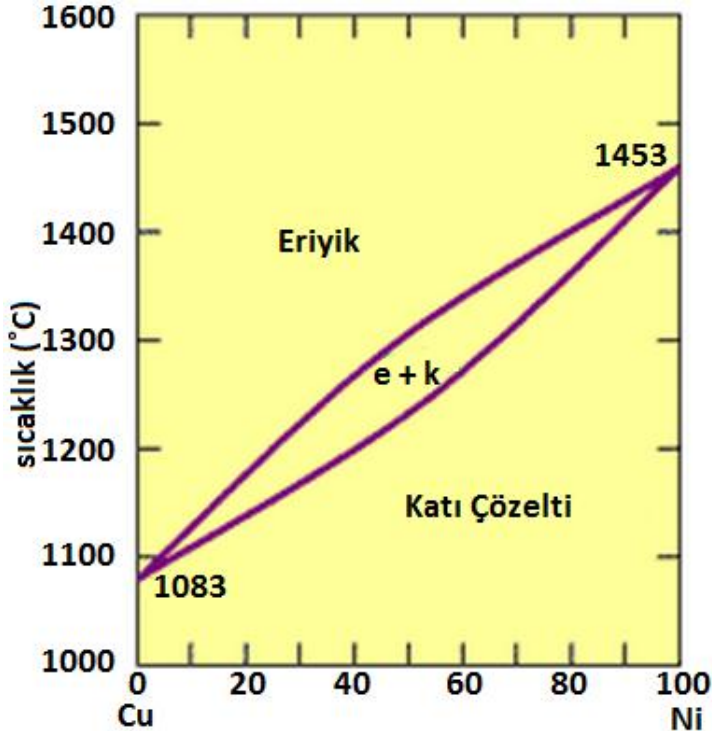
KATI ÇÖZELTİ SİSTEMLERİ



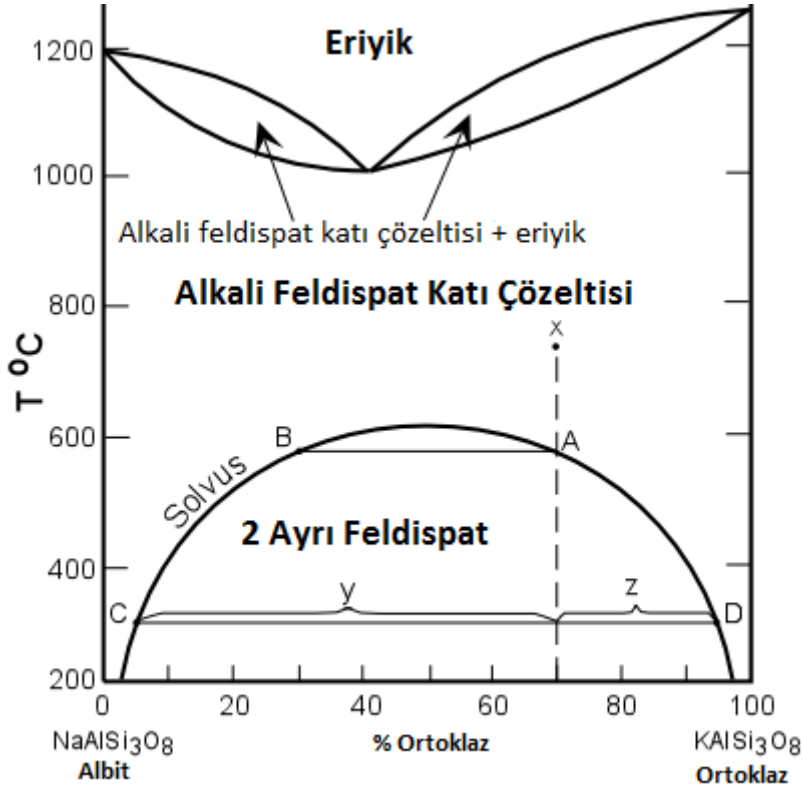
3 farklı şekilde kristalleşebilir;

1. X bileşimindeki eriyik yavaş yavaş soğuyorsa ve ilk oluşan mineral eriyikle sürekli etkileşim halindeyse %50-%50 oluşurlar.
2. Kristal oluşup, eriyikten ayrılmadan hızlı bir şekilde soğursa, çekirdek oluşur. Zonlu doku meydana gelir.
3. Oluşan kristal ayrılıp gidebilir. Eriyikle etkileşime girmez.

ALAŞIMLAR



AYRIŞMA



PERTİT

Ortoklaz mineralinin içinde albit kurtçukları (lamelleri / parçaları) bulunuyorsa pertitleşme (A noktasında)

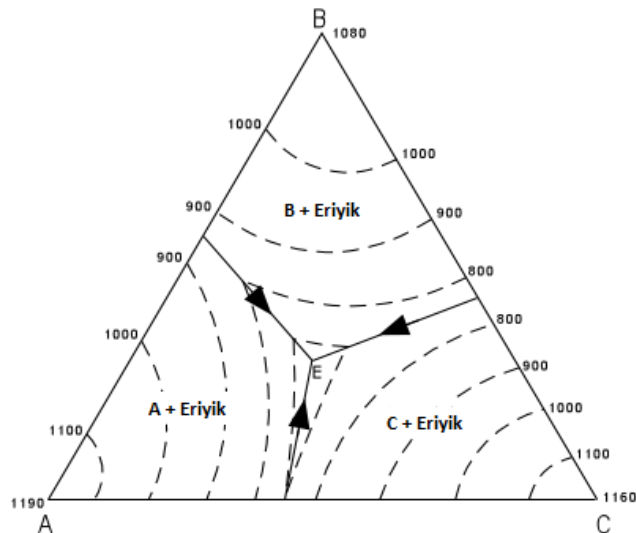
ANTİPERTİT

Albit minerallerinin içinde ortoklaz kurtçukları (lamelleri / parçaları) bulunuyorsa antipertitleşme (B noktasında)

$$ALBİT \rightarrow \frac{z}{y+z}$$

$$ORTOKLAZ \rightarrow \frac{y}{y+z}$$

ÜÇ BİLEŞENLİ SİSTEMLER

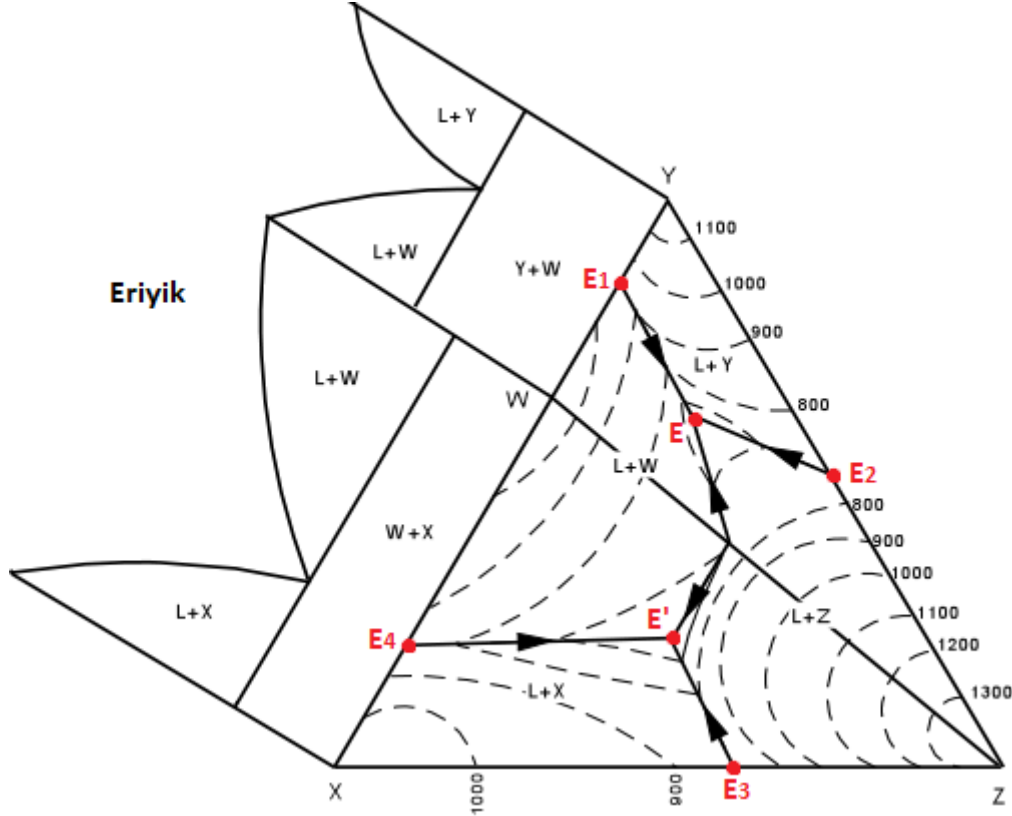


B → SPİNEL (MgOAl₂O₃)

C → LÖSİT (KAlSi₂O₆)

E → Üçlü ötektik nokta

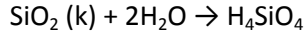
ARA BİLEŞİKLİ SİSTEM



★ İkili ötektik noktadan üçlü ötektik noktaya doğru çizilen eğrilere **KÖTEKTİK EĞRİLER** denir.

KISMİ BASINÇ VE AKTİVİTE DİYAGRAMLARI

SORU: Amorf silisin çözünürlüğü 140 ppm ise kuvarsın çözünürlüğü nedir?



$$K = [\text{H}_4\text{SiO}_4] = 140 \text{ ppm}$$

$$= 140 \text{ ppm}$$

★ K hesaplanırken katılar hesaba katılmaz. Su da 1'e eşit olduğundan alınmaz.

$$\text{ppm} = w \cdot n \cdot 10^3 \quad \rightarrow \quad n = \frac{\text{ppm}}{w} \cdot 10^{-3}$$

$$n = \frac{140 \text{ ppm}}{96} \cdot 10^{-3} = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} = K = [\text{H}_4\text{SiO}_4]$$

$$\Delta G_R^0 = -1,364 \cdot \log K$$

$$\Delta G_R^0 = 3,872 \text{ kcal/mol}$$

$$\text{a) } \Delta G \Rightarrow \quad \text{SiO}_2 = -190,9$$

$$\text{H}_2\text{O} = -56,7$$

$$\Delta G (\text{H}_2\text{SiO}_4) = ?$$

$$\Delta G_R^0 = \Delta G^0 (\text{H}_4\text{SiO}_4) - [\Delta G^0 (\text{SiO}_2) + 2\Delta G^0 (\text{H}_2\text{O})]$$

$$3,87 = \Delta G^0 (\text{H}_4\text{SiO}_4) - [-190,9 + 2 \cdot (-56,7)]$$

$$\Delta G^0 (\text{H}_4\text{SiO}_4) = -300,43 \text{ kcal/mol}$$

$$\text{b) } \Delta G^0 \Rightarrow \quad \text{SiO}_2 = -192,4$$

$$\text{H}_2\text{O} = -56,7$$

$$\Delta G (\text{H}_2\text{SiO}_4) = ?$$

$$\Delta G_R^0 = \Delta G^0 (\text{H}_4\text{SiO}_4) - [\Delta G^0 (\text{SiO}_2) + 2\Delta G^0 (\text{H}_2\text{O})]$$

$$\Delta G_R^0 = -300,43 - [-192,4 + 2 \cdot (-56,7)]$$

$$\Delta G_R^0 = 5,37$$

c) $\log K = -3,93$ ise ppm = ?

$$\Delta G_R = -1,364 \cdot \log K$$

$$K = 10^{-3,93} = 1,156 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/mol}$$

$$\text{ppm} = w \cdot n \cdot 10^3 = 96 \cdot 1,156 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3$$

$$\text{ppm} = 11,1$$

	AMORF SİLİS	KRİSTOBALİT	OPAL	KALSEDON	KUVARS
ÇÖZÜNÜRLÜK (ppm)	120-140	60-80	45	20	8-14

1. Kristallik derecesi arttıkça çözünürlük azalır.
2. pH 9'a kadar çözünürlük sabit, 9'dan sonra artış gösterir.
3. Sıcaklık arttıkça çözünürlük artar.
4. Basınç arttıkça çözünürlük artar.
5. Tane boyu küçüldükçe çözünürlük artar.
6. Yabancı madde ilave edilirse çözünürlük azalır.

ALÜMİNYUM

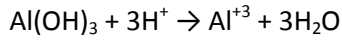
Alüminyum silikat içeren tüm minerallerde bulunur. Türkiye'de Seydişehir'de Alüminyum yatakları mevcuttur.

Al(OH)_3 → Gipsit ya da Hidrarjilit

AlOOH → Diaspor ya da Böhmit

Hidrarjilitin Çözünürlüğü

Asidik Ortamda



$$\Delta G^0 \rightarrow -277,3 \quad 0 \quad -115 \quad -56,7$$

$$K = \frac{[\text{Al}^{+3}]}{[\text{H}^+]^3}$$

$$\Delta G^0 = -115 - 3 \cdot (56,7) - 0 + 277,3$$

$$\Delta G^0 = -7,8 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta G_R^0 = -1,364 \cdot \log K$$

$$\log K = \frac{-7,8}{-1,364} = 5,7$$

$$K = 10^{5,7} = 501187,2$$

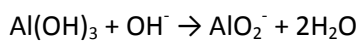
$$\log K = \log [\text{Al}^{+3}] - 3 \log [\text{H}^+] = 5,7$$

$$\log [\text{H}^+] = -\text{pH}$$

$$\log [\text{Al}^{+3}] = -3 \text{ pH} + 5,7$$

$$y = -3x + 5,7$$

Bazik Ortamda



$$\Delta G^0 \rightarrow -277,3 \quad -37,6 \quad -200,7 \quad -56,7$$

$$K = \frac{[\text{AlO}_2^-]}{[\text{OH}^-]}$$

$$\Delta G^0 = -200,7 - 2 \cdot (56,7) + 37,6 + 277,3$$

$$\Delta G^0 = 0,8 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta G_R^0 = -1,364 \cdot \log K$$

$$\log K = -0,587 \rightarrow K = 0,259$$

$$K_{SU} = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

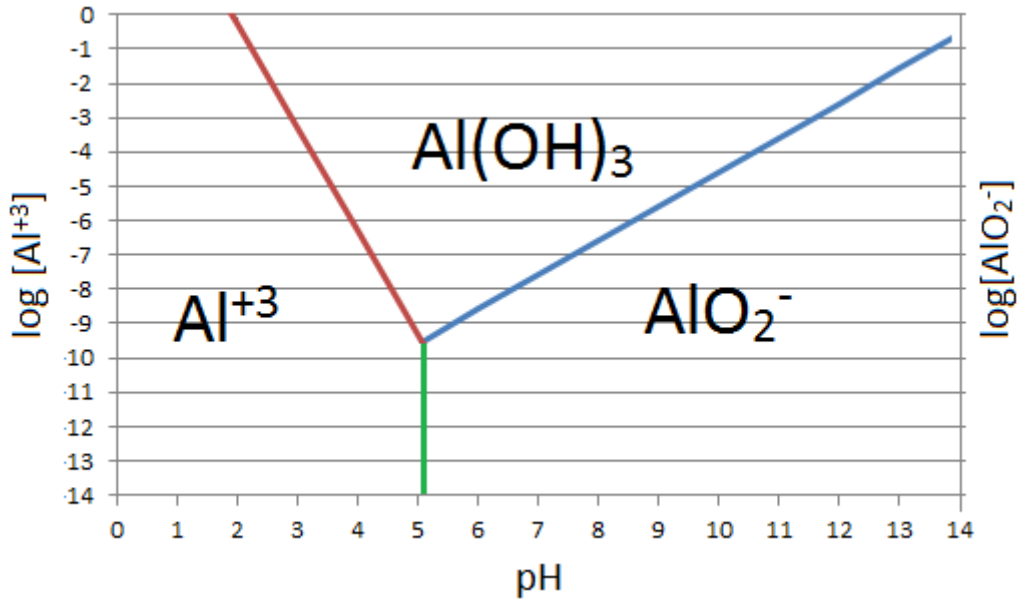
$$K = \frac{[AlO_2^-]}{[OH^-]} = \frac{[AlO_2^-]}{\frac{10^{-14}}{[H^+]}} \rightarrow 10^{-0,587} \cdot 10^{-14} = [AlO_2^-] \cdot [H^+] = 10^{-14,587}$$

$$\log [AlO_2^-] + \log [H^+] = -14,587$$

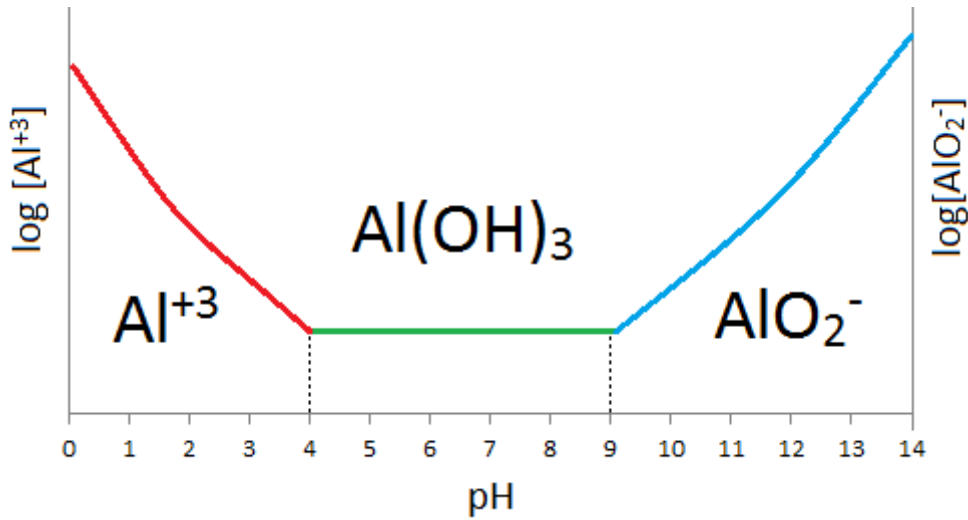
$$\log [AlO_2^-] = -\log [H^+] - 14,587$$

$$\log [AlO_2^-] = \text{pH} - 14,587$$

$$y = x - 14,58$$

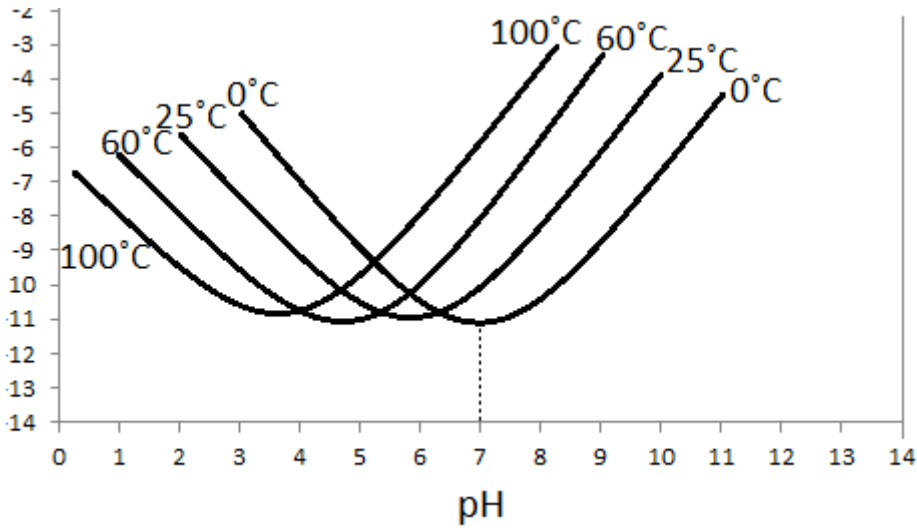


Alüminyum hem asidik hem de bazik ortamda çözünen bir elementtir.

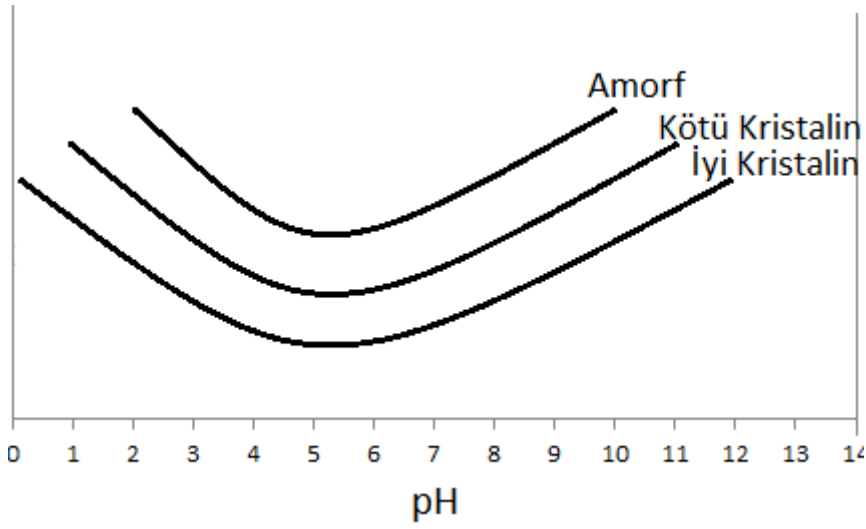


pH 4-9 arası çözünürlük minimum düzeyde, pH 4'ün altında ya da 9'un üzerinde olursa çözültiyeye geçer. Başka bir ifadeyle ortam çok asidik ya da bazikse çözültiyeye geçer.

Alüminyum yatakları ana kayacın çok yakınında bulunur. Çünkü suyun pH değeri Alüminyum çözüp taşıyamaz. Taşınması zordur.

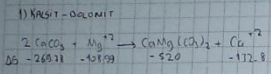


pH 7'nin üzerinde sıcaklık arttıkça çözünürlük artar.
pH 7'nin altında sıcaklık arttıkça çözünürlük düşer.



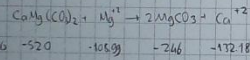
Kristallik derecesi arttıkça çözünürlük azalır.

KALSİT - DOLOMİT - MANKEZİT - BRUSİT DENGEŞİ



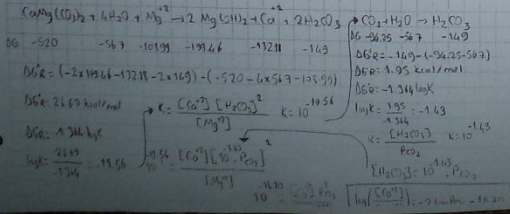
$\Delta G^\circ_r = (-112.8 - 520) - (2 \times -2697.1 - 1019.9)$
 $\Delta G^\circ_r = 3.63 \text{ kcal/mol}$
 $\Delta G^\circ_r = -1.34 \text{ log } K$
 $\text{log } K = \frac{3.63}{-1.34} = -2.66$
 $K = 10^{-2.66}$
 $K = 4.58 \cdot 10^{-3}$

2) DOLOMİT - MANKEZİT

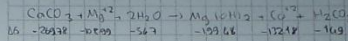


$\Delta G^\circ_r = (-112.8 + 2 \times -246) - (-520 - 1019.9)$
 $\Delta G^\circ_r = 4.11 \text{ kcal/mol}$
 $\Delta G^\circ_r = -1.34 \text{ log } K$
 $\text{log } K = \frac{4.11}{-1.34} = -3.02$
 $K = 10^{-3.02}$

3) DOLOMİT - BRUSİT



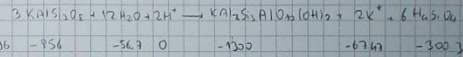
4) KALSİT - BRUSİT



$\Delta G^\circ_r = (-194.6 - 112.8 - 149) - (-2697.1 - 1019.9 - 2 \times 56.7)$
 $\Delta G^\circ_r = 11.53 \text{ kcal/mol}$
 $\Delta G^\circ_r = -1.34 \text{ log } K$
 $\text{log } K = \frac{11.53}{-1.34} = -8.55$
 $K = 10^{-8.55}$

5) KALSİT - KANDİSİT - MİKALİSİT DENGEŞİ

1) K - KANDİSİT - MİKALİSİT DENGEŞİ



$\Delta G^\circ_r = (-1300 - 2 \times 67.4 - 2 \times 0) - (3 \times -954 - 12 \times 56.7)$
 $\Delta G^\circ_r = 11.11 \text{ kcal/mol}$
 $\Delta G^\circ_r = -1.34 \text{ log } K$
 $\text{log } K = \frac{11.11}{-1.34} = -8.25$
 $K = 10^{-8.25}$

KALSİT - DOLOMİT - MANKEZİT - BRUSİT DENGEŞİ

Kalsit - Dolomit

$\text{log } \frac{[\text{Ca}^{+2}]}{[\text{Mg}^{+2}]} = 2.66$

Dolomit - Mankezit

$\text{log } \frac{[\text{Ca}^{+2}]}{[\text{Mg}^{+2}]} = -3.52$

Dolomit - Brusit

$\text{log } \frac{[\text{Ca}^{+2}]}{[\text{Mg}^{+2}]} = -2 \text{ log } P_{\text{CO}_2} - 16.70$

$\text{log } P_{\text{CO}_2} = -8.35$

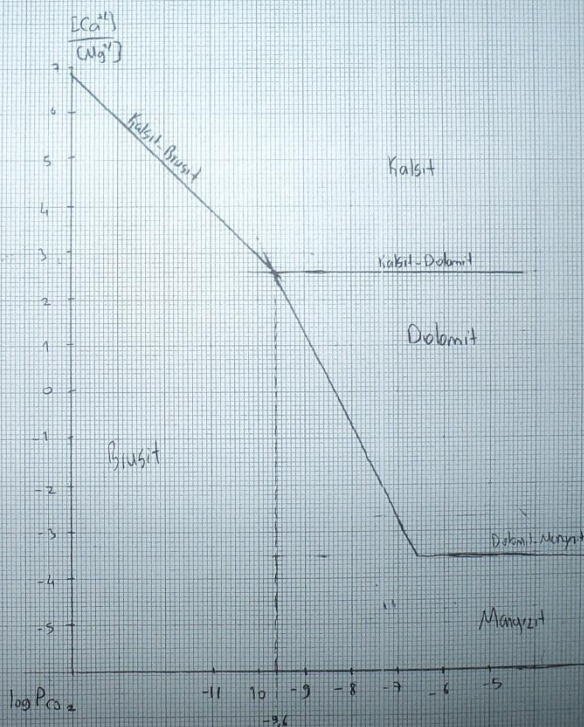
$\text{log } 2 = 0.3 = -2 \text{ log } P_{\text{CO}_2} - 16.70 \Rightarrow -8.5$

$\text{log } 3 = 0.48 = -2 \text{ log } P_{\text{CO}_2} + 16.70 \Rightarrow -8.6$

Kalsit - Brusit

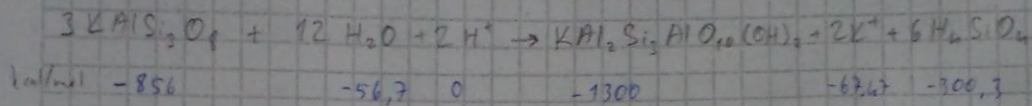
$\text{log } \frac{[\text{Ca}^{+2}]}{[\text{Mg}^{+2}]} = -\text{log } P_{\text{CO}_2} - 7.02$

- 5 → -2
- 6 → -1
- 7 → 0
- 8 → 1
- 9 → 2
- 10 → 3
- 11 → 4



JIPSIT - KAOLINIT - MIKA (SERISIT) - K-FELDSPAT DENGESİ

1) K-FELDSPAT - MIKA (SERISIT) DENGESİ



$$\Delta G_r^\circ = -1300 - 2 \cdot 67,47 - 6 \cdot 300,3 - (-3 \cdot 856 - 12 \cdot 56,7)$$

$$\Delta G_r^\circ = 11,66 \text{ kcal/mol}$$

$$K = \frac{[\text{H}_4\text{SiO}_4]^6 [\text{K}^+]^2}{[\text{H}^+]^2} \Rightarrow \log K = 2 \log [\text{K}^+] + 6 \log [\text{H}_4\text{SiO}_4] - 2 \log [\text{H}^+]$$

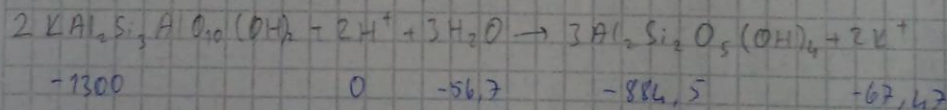
$$\Delta G_r^\circ = -1,364 \log K \Rightarrow \log K = \frac{-11,66}{1,364} = -8,55$$

$$\frac{1}{2} \log K = \log [\text{K}^+] + 3 \log [\text{H}_4\text{SiO}_4] - \log [\text{H}^+]$$

$$\frac{1}{2} \cdot (-8,55) = \log \frac{[\text{K}^+]}{[\text{H}^+]} + 3 \log [\text{H}_4\text{SiO}_4]$$

$$\boxed{-4,28 - 3 \log [\text{H}_4\text{SiO}_4] = \log \frac{[\text{K}^+]}{[\text{H}^+]}}$$

2) MIKA - KAOLINIT



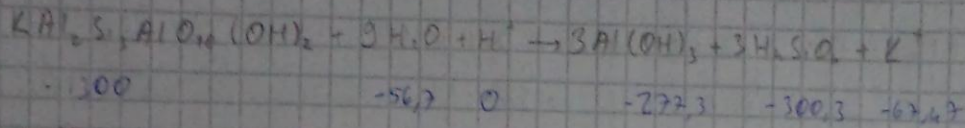
$$\Delta G_r^\circ = -11,36 \text{ kcal/mol}$$

$$K = \frac{[\text{K}^+]^2}{[\text{H}^+]^2} \quad \frac{1}{2} \log K = \log \frac{[\text{K}^+]}{[\text{H}^+]}$$

$$\Delta G_r^\circ = -1,364 \log K \Rightarrow \log K = \frac{11,36}{1,364} = 8,33$$

$$\boxed{\log \frac{[\text{K}^+]}{[\text{H}^+]}} = \frac{8,33}{2} = 4,165$$

3-) MİKAL- JİPSİT DENGESİ



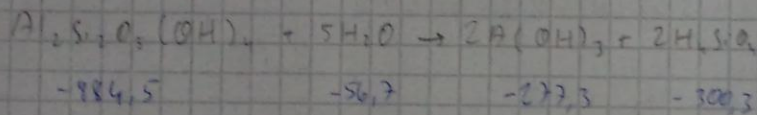
$$\Delta G_1^0 = 10,03 \text{ kcal/mol}$$

$$K = \frac{[K^+] \cdot [H_4SiO_4]^3}{[H^+]}$$

$$\Delta G_1^0 = -1,366 \log K \Rightarrow \log K = \frac{10,03}{-1,366} = -7,35$$

$$\log \frac{[K^+]}{[H^+]} = -3 \log [H_4SiO_4] - 7,35$$

4-) KAOLİNİT- JİPSİT DENGESİ



$$\Delta G_2^0 = 12,5 \text{ kcal/mol}$$

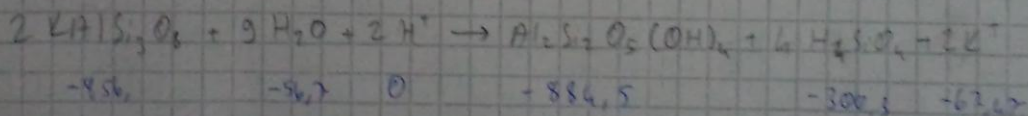
$$\Delta G_2^0 = -1,366 \log K \Rightarrow \log K = -9,38$$

$$K = [H_4SiO_4]^2 \Rightarrow \log K = 2 \log [H_4SiO_4]$$

$$\frac{-9,38}{2} = \log [H_4SiO_4]$$

$$\log [H_4SiO_4] = -4,69$$

5-) K-FELDSPAT- KAOLİNİT DENGESİ

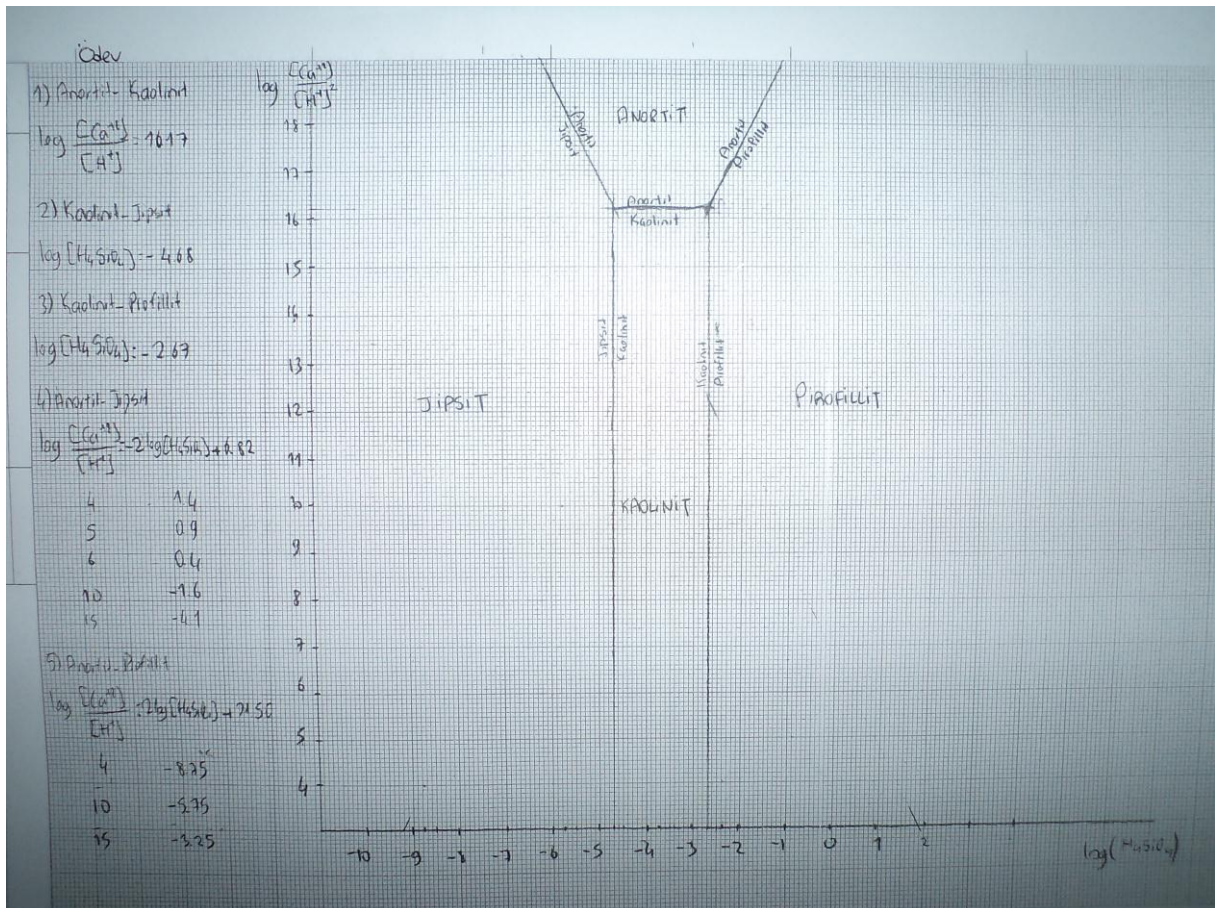
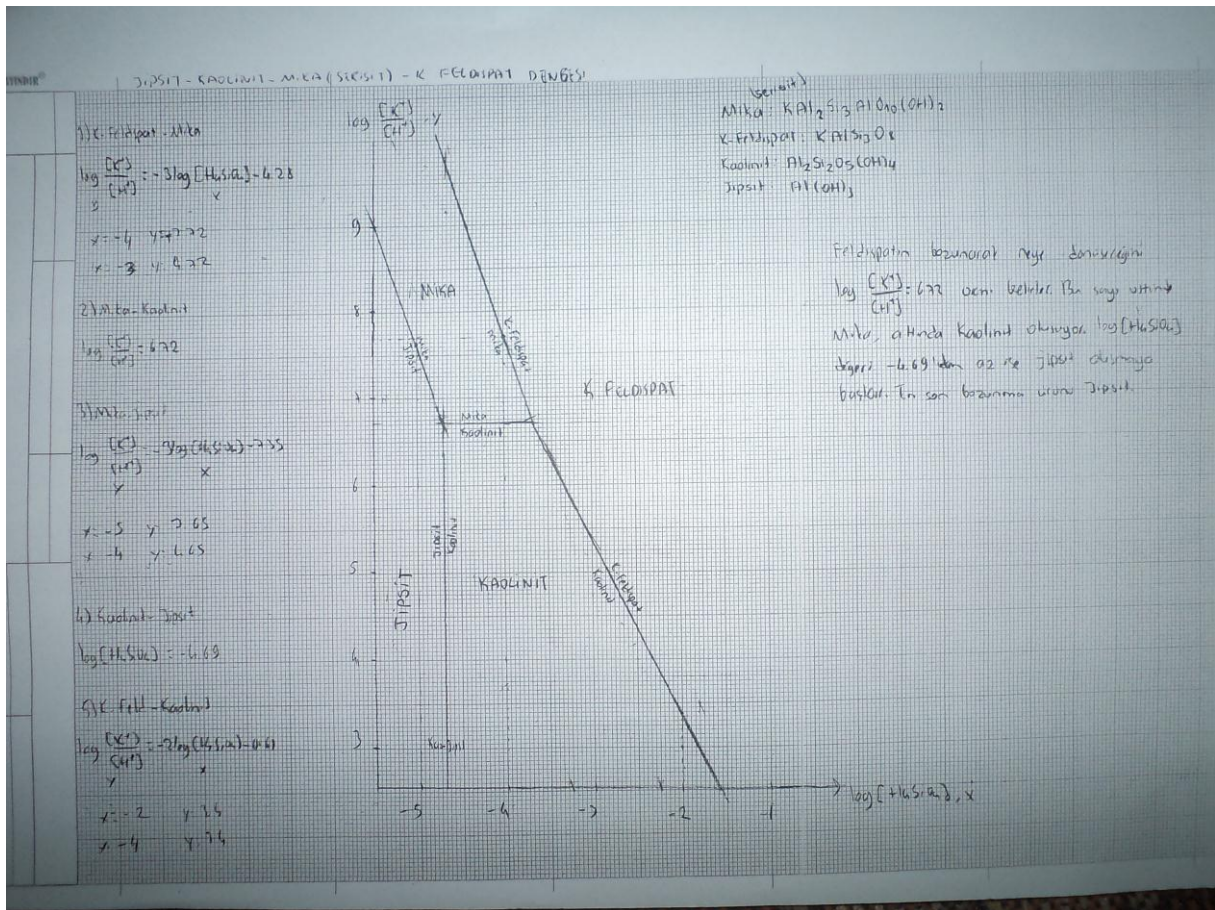


$$\Delta G_3^0 = 1,66 \text{ kcal/mol}$$

$$K = \frac{[K^+]^2 \cdot [H_4SiO_4]^6}{[H^+]^2} \Rightarrow \frac{1}{2} \log K = \log \frac{[K^+]}{[H^+]} + 3 \log [H_4SiO_4]$$

$$\Delta G_3^0 = -1,366 \log K \Rightarrow \log K = -1,22$$

$$\log \frac{[K^+]}{[H^+]} = -2 \log [H_4SiO_4] - 0,62$$



* Anomik de jipsite dönüştürülen

Anomik profilite de dönüştür (bu mineral)

Soru: Sadece sınırlı şekilde

~~Microclin - Kaolinit~~

Deney old. ipat edild. :)

$$\log \frac{[Ca^{+2}]}{[H^{+2}]} = -2 \log [H_4SiO_4] - 2,60$$

① ANORTIT - KAOLINIT
($CaAl_2Si_2O_8$) ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$)

$$\log \frac{[Ca^{+2}]}{[H^{+2}]} = +16,17$$

② KAOLINIT - JİPSİT
($Al(OH)_3$)

$$\log [H_4SiO_4] = -2,68$$

③ ANORTIT - JİPSİT

$$\log \frac{[Ca^{+2}]}{[H^{+2}]} = -2 \log [H_4SiO_4] + 6,82$$

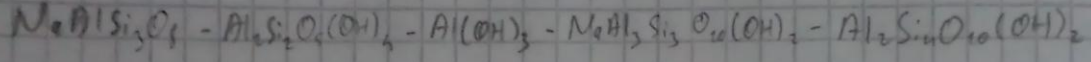
④ ANORTIT - PROFİLLİT
($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$)

$$\log \frac{[Ca^{+2}]}{[H^{+2}]} = 2 \log [H_4SiO_4] + 21,5$$

⑤ KAOLINIT - PROFİLLİT

$$\log [H_4SiO_4] = -2,67$$

Örnekle ALBİT - KAOLİNİT - JİPSİT - PARAGONİT - PROFİLLİT



Sıvan Ağırlıkları

1) ALBİT - KAOLİNİT

$$\log \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}^+]} = -2 \log [\text{H}_4\text{SiO}_4] - 0,19$$

2) KAOLİNİT - JİPSİT

$$\log [\text{H}_4\text{SiO}_4] = -4,68$$

3) ALBİT - PARAGONİT

$$\log \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}^+]} = -3 \log [\text{H}_4\text{SiO}_4] - 6,10$$

4) PARAGONİT - KAOLİNİT

$$\log \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}^+]} = -7,63$$

5) PARAGONİT - JİPSİT

$$\log \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}^+]} = -3 \log [\text{H}_4\text{SiO}_4] - 6,40$$

6) ALBİT - PROFİLLİT

$$\log \frac{[\text{Na}^+]}{[\text{H}^+]} = -\log [\text{H}_4\text{SiO}_4] + 2,48$$

7) KAOLİNİT - PROFİLLİT

$$\log [\text{H}_4\text{SiO}_4] = -2,67$$

