PAÜ FEN FAKÜLTESİ FİZİK BÖLÜMÜ
FIZ 344 MALZEME FİZİĞİNE GİRİŞ DERSİ
2025-2026 BAHAR DÖNEMİ BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI ÇÖZÜMLERİ

S1	S2	S3	S4	T

Adı-Soyadı: ……

Öğrenci No: ……

Dersin Sorumlusu: **Prof.Dr. Aytaç ERKİŞİ**

19.06.2026 (09:00 – 10.30)

Soru 1 (30 P): Başlangıçta % 0,20 karbon (*C*) YMK *Fe-C* alaşımı yüksek sıcaklıkta atmosfer koşullarında karbürlenmiş ve yüzey karbon konsantrasyonu % 1,0 olmuştur. 49,5 $saat$ sonra yüzeyden 4,0 mm uzaklıktaki karbon konsantrasyonu % 0.35 olup, yayınma olayı 1027 ℃'de gerçekleşmiştir. Bu sıcaklık değeri için yayınma katsayısını hesaplayınız. Sıcaklık 1250 ℃ olarak uygulansaydı aynı konum ve aynı konsantrasyonu elde etmek için gereken zaman ne olurdu?

(1250 ℃ için yayınma katsayısı $1{,}92 \times 10^{-10}\ m^2/s$)

z	erf(z)
0.90	0.7970
z	0.8125
0.95	0.8209

$\boldsymbol{C_0 = a}$ğ. % $\mathbf{0,20}$ $\qquad$ $\boldsymbol{t = 49,5\ saat}$

$\boldsymbol{C_x = a}$ğ. % $\mathbf{0,35}$ $\qquad$ $\boldsymbol{x = 4 \times 10^{-3}\ m}$

$\boldsymbol{C_y = a}$ğ. % $\mathbf{1,0}$

$$\frac{C_x - C_0}{C_y - C_0} = 1 - erf\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad ve \quad z = \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \quad ise$$

$$\frac{0.35 - 0,20}{1,0 - 0,20} = 1 - erf(z)$$

$$erf(z) = 0,8125$$

$$\frac{z - 0,90}{0,95 - 0,90} = \frac{0,8125 - 0,7970}{0,8209 - 0,7970} \quad \Rightarrow z = 0,93$$

$$z = \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \ ise\ D = \frac{x^2}{4z^2 t} \ olur.$$

$$D = \frac{(4 \times 10^{-3}\ m)^2}{4(0,93)^2(49,5 \times 3600\ s)} = 2,6 \times 10^{-11}\ m^2/s \quad (15\ P)$$

- x ve konsantrasyonlar aynı olduğuna göre, kararsız durum yayınması için $\boldsymbol{D.t = sabit}$ olmalıdır.

$$D_{1250\,℃} \times t_{1250\,℃} = D_{1027\,℃} \times t_{1027\,℃}$$

$$t_{1250\,℃} = \frac{(2,6 \times 10^{-11})(49,5\ saat)}{(1,92 \times 10^{-10})} = 6,71\ saat \quad (15\ P)$$

Soru 2 (20 P): Aşağıda verilen terimleri kısaca açıklayınız.

Elastik (Esneklik ya da Young Modülü) Modülü: Metallerde oluşan gerilme ile birim şekil değişimi arasında $\boldsymbol{\sigma = E\epsilon}$ şeklinde doğrusal bir ilişki vardır. Hooke Kanunu olarak bilinen bu denklemde, E orantı sabiti (GPa) elastik modülü ya da Young modülü olarak adlandırılır. **(4 P)**

Anelastiklik : Birçok mühendislik malzemesinde, zamana bağlı bir elastik şekil değişimi bileşeni söz konusudur. Yani, gerilmenin uygulanması sonrasında, elastik şekil değişimi bir miktar devam eder ve yük kaldırıldıktan sonra elastik şekil değişiminin tamamen geri dönebilmesi için belirli bir sürenin geçmesi gerekir. Bu şekilde zamana bağlı olarak meydana gelen elastik davranış **anelastiklik** olarak bilinir. **(4 P)**

Plastik Deformasyon : Atomsal açıdan bakıldığında, plastik deformasyon çok sayıda atomun veya molekülün birbirlerine göre hareketleri sırasında komşularıyla sahip oldukları bağların kopması ve yeni komşularıyla yeni bağ oluşturmaları olarak açıklanabilir. Uygulanan gerilme kaldırıldığında atomlar başlangıçtaki ilk konumlarına geri dönmezler. **(4 P)**

Akma Dayanımı : Yapıların birçoğu, gerilme altında sadece elastik şekil değişimi olacak şekilde tasarlanır. Plastik deformasyona uğrayan (kalıcı şekil değiştiren) bir yapı kendisinden beklenen görevi yerine getiremez. Bu nedenle, plastik deformasyonun başladığı gerilmenin, yani **akma** olayının nerede gerçekleştiğinin bilinmesi istenir. **(4 P)**

Sertlik : Sertlik, bir malzemenin yerel (bölgesel) plastik deformasyonuna (Örneğin: batma veya çizilmeye) karşı gösterdiği direncin bir ölçüsüdür. **(4 P)**

Soru 3 (30 P): Aşağıda çizelgede verilen sözgelimi verileri kullanarak Kalay (Sn)'ın 700 ℃ sıcaklıkta Kurşun (Pb) içerisindeki yayınma (difüzyon) katsayısını hesaplayınız.

$(R = 8{,}31\ J/mol.K)$

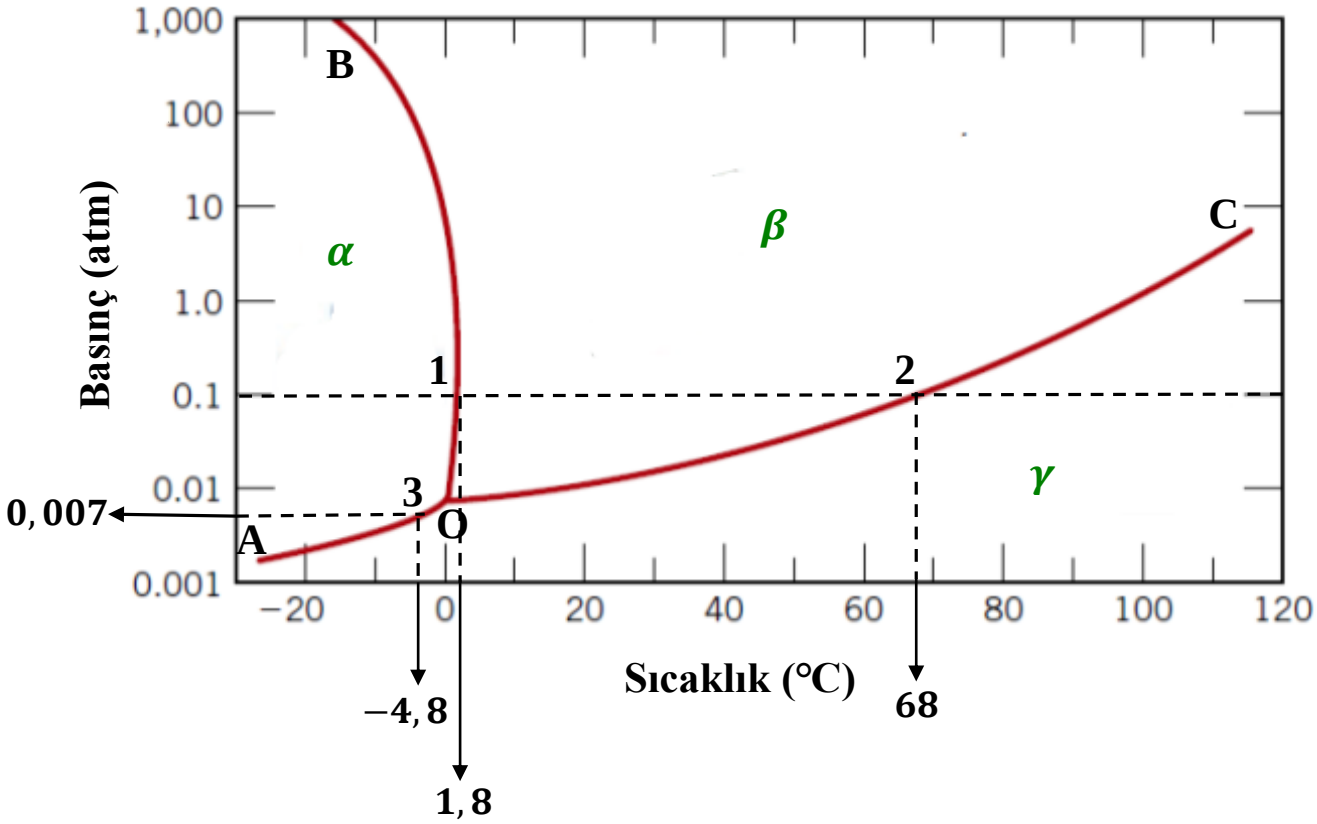
Yayınan Atom	Matris Metal	$D_0(m^2/s)$	Aktivasyon Enerjisi (Q_y)		Hesaplanan Değer	
			kJ/mol	eV/mol	T(℃)	$D(m^2/s)$
Sn	*Pb*	$1{,}8 \times 10^{-3}$	91	2,1	900	$2{,}1 \times 10^{-16}$

$$\boldsymbol{D = D_0 e^{\left(-\frac{Q_y}{RT}\right)}}$$

$$\boldsymbol{D = (1{,}8 \times 10^{-3}\ \ m^2/s) e^{\left(-\frac{91000\ J/mol}{(8{,}31\ J/mol.K)(700+273\ K)}\right)}}$$

$$\boldsymbol{D = 2{,}92 \times 10^{-8}\ \ m^2/s}$$

Soru 4 (20 P): Aşağıda verilen herhangi bir malzemeye ait olan faz diyagramında, $\boldsymbol{\alpha}$, $\boldsymbol{\beta}$ ve $\boldsymbol{\gamma}$ olmak üzere üç farklı bölge için üç farklı faz tanımlanmıştır. Bu grafikteki ***AO***, ***BO***, ***CO*** eğrileri ve ***O*** noktası ne ifade etmektedir? Bu grafikte **1**, **2** ve **3** olarak işaretlenmiş olan noktalar ne anlama gelmektedir?



Grafikte ***AO***, ***BO*** ve ***CO*** olarak işaretlenen üç eğri faz sınırlarını belirtmekte ve bu eğriler üzerindeki herhangi bir nokta eğrinin her iki tarafında bulunan fazların birbirleriyle denge halinde bulunduğunu göstermektedir. Buna göre, α ve γ fazı ile denge, ***AO*** eğrisi boyunca, benzer şekilde α ve β fazı ile denge, ***BO*** eğrisi boyunca ve β-γ dengesi de, ***CO*** eğrisi boyunca gerçekleşir. Üç fazın da dengede bulunduğu nokta olan ***O*** noktası ise **üçlü nokta** (**değişmez nokta**) olarak tanımlanır. **(10 P)**

1 noktasında**,** malzeme $\mathbf{0,1}\ \boldsymbol{atm}$ basınçta ısıtılarak $\boldsymbol{\alpha}$ fazından $\boldsymbol{\beta}$ fazına dönüşmekte ve bu nokta $\mathbf{1,8}$ ℃'ye karşılık gelmektedir. Doğal olarak soğuma sırasında bunun tersi dönüşüm, yani $\boldsymbol{\beta}$ fazının da $\boldsymbol{\alpha}$ fazına dönüşmesi aynı noktada gerçekleşir. Benzer şekilde, **2** noktasında $\boldsymbol{\beta}$ fazı**,** $\mathbf{0,1}\ \boldsymbol{atm}$ basınçta ısıtılarak $\mathbf{68}$ ℃'de $\boldsymbol{\gamma}$ fazına dönüşür. Soğuma sırasında da $\boldsymbol{\gamma}$ fazı $\boldsymbol{\beta}$ fazına aynı noktada dönüşür. Son olarak **3** noktasında $\boldsymbol{\alpha}$ fazı**,** $\mathbf{0,007}\ \boldsymbol{atm}$ basınçta ısıtılarak $\mathbf{-4,8}$ ℃'de direkt olarak $\boldsymbol{\gamma}$ fazına dönüşür. Soğuma sırasında da $\boldsymbol{\gamma}$ fazı $\boldsymbol{\alpha}$ fazına aynı noktada dönüşür. **(10 P)**