

**BİYONANOTASARIM
LABORATUVARI**

Biyoteknoloji

Nanoteknoloji

Tasarım

BMM 205 Malzeme Biliminin Temelleri

Katılarda Yayınım

Dr. Ersin Emre Ören

**Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü**

**TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Ankara - TÜRKİYE**

**eeoren@etu.edu.tr
<http://eeoren.etu.edu.tr>**

Difüzyon:

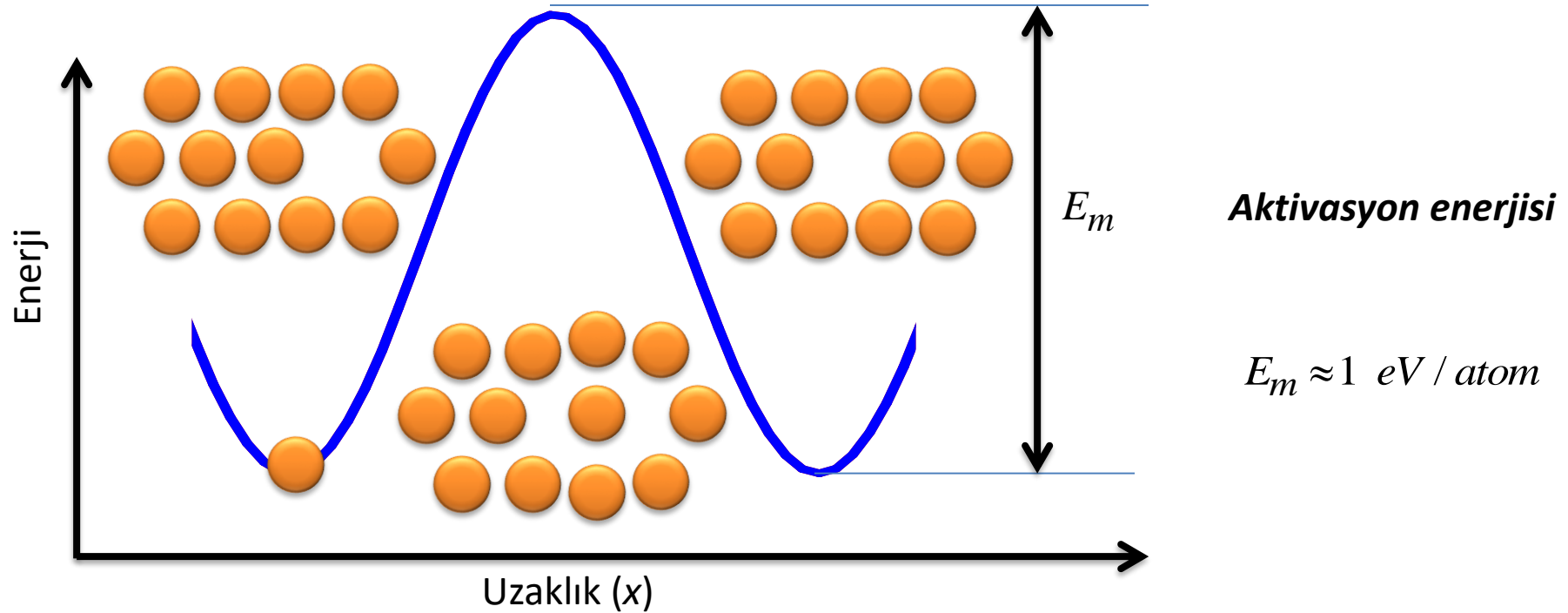
Yayınım Kanunları

Fick'in 1. Kanunu:

$$J = -D \frac{dC}{dx}$$

Fick'in 2. Kanunu:

$$\frac{d}{dt} C = D \frac{d^2 C}{dx^2}$$



Difüzyon: Isı ile aktive edilen bir işlemdir...

Bir atomun oda sıcaklığındaki ortalama ısı enerjisi: $kT = 0.026$ eV

Bir atomun boşluk difüzyonu sırasındaki hareket olasılığı o atoma komşu bir boşluk bulunması olasılığı ile atomun atlama frekansının çarpımına eşittir.

Boşluk bulunması olasılığı $P = z \exp\left(-\frac{Q_v}{kT}\right)$

Atom atlama frekansı $R = R_o \exp\left(-\frac{E_m}{kT}\right)$

Difüzyon Sabiti $D \approx z \exp\left(-\frac{Q_v}{kT}\right) \times R_o \exp\left(-\frac{E_m}{kT}\right) = z \times R_o \exp\left(-\frac{E_m + Q_v}{kT}\right)$

$D = D_o \exp\left(-\frac{Q_d}{kT}\right) \rightarrow$ Difüzyon aktivasyon enerjisi

1903 Nobel Kimya



Svante Arrhenius
1859 - 1927

Soru

Tablo 5.2 de verilen bilgileri kullanarak 550 °C’de magnezyumun alüminyum içerisindeki difüzyon katsayını hesaplayınız.

Table 5.2 A Tabulation of Diffusion Data

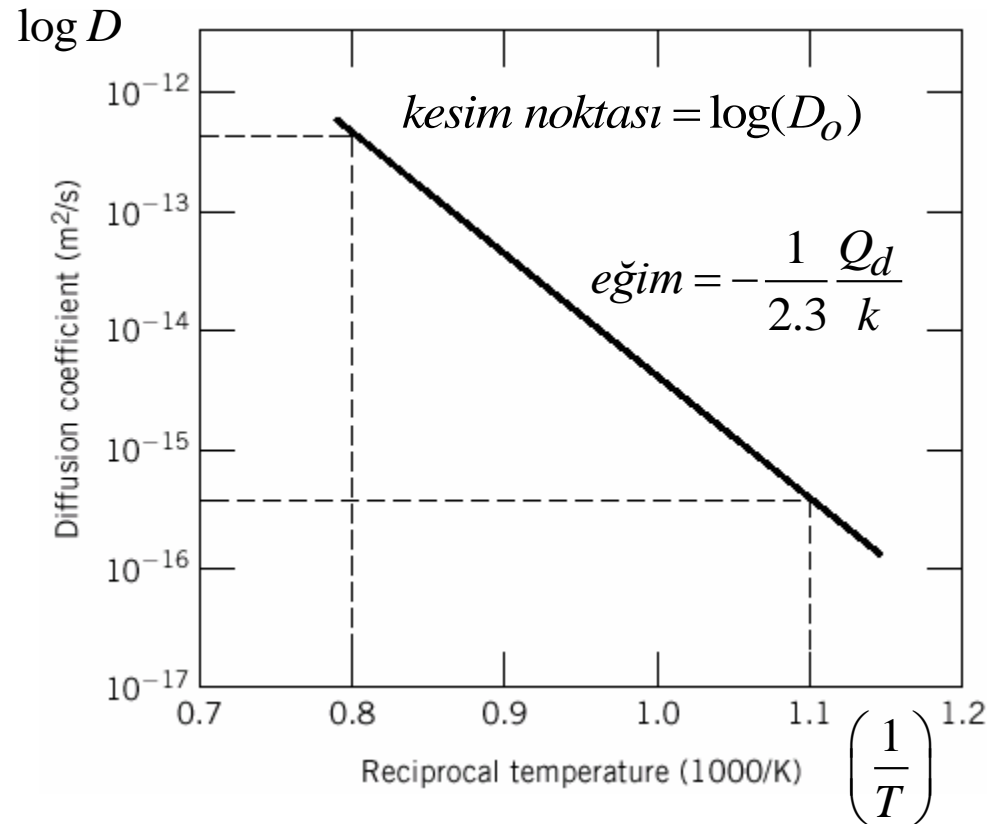
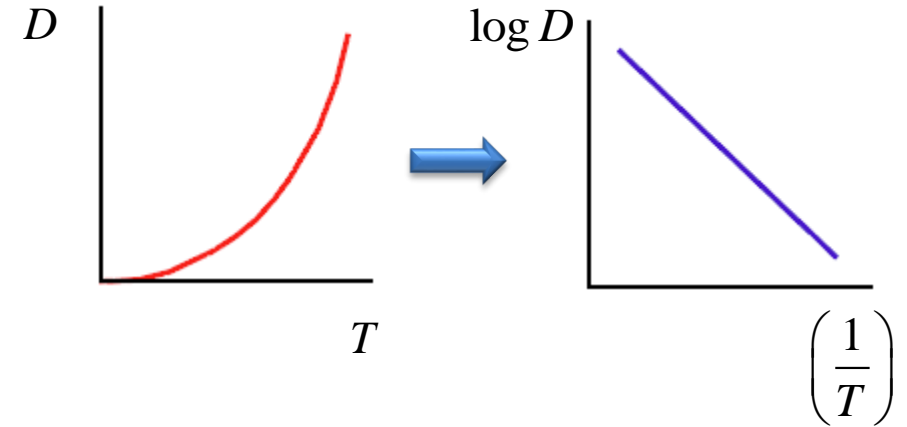
Diffusing Species	Host Metal	$D_0(m^2/s)$	Activation Energy Q_d		Calculated Values	
			kJ/mol	$eV/atom$	$T(^{\circ}C)$	$D(m^2/s)$
Fe	α -Fe (BCC)	2.8×10^{-4}	251	2.60	500	3.0×10^{-21}
					900	1.8×10^{-15}
Fe	γ -Fe (FCC)	5.0×10^{-5}	284	2.94	900	1.1×10^{-17}
					1100	7.8×10^{-16}
C	α -Fe	6.2×10^{-7}	80	0.83	500	2.4×10^{-12}
					900	1.7×10^{-10}
C	γ -Fe	2.3×10^{-5}	148	1.53	900	5.9×10^{-12}
					1100	5.3×10^{-11}
Cu	Cu	7.8×10^{-5}	211	2.19	500	4.2×10^{-19}
Zn	Cu	2.4×10^{-5}	189	1.96	500	4.0×10^{-18}
Al	Al	2.3×10^{-4}	144	1.49	500	4.2×10^{-14}
Cu	Al	6.5×10^{-5}	136	1.41	500	4.1×10^{-14}
Mg	Al	1.2×10^{-4}	131	1.35	500	1.9×10^{-13}
Cu	Ni	2.7×10^{-5}	256	2.65	500	1.3×10^{-22}

Source: E. A. Brandes and G. B. Brook (Editors), *Smithells Metals Reference Book*, 7th edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1992.

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q_d}{kT}\right) \quad D = 1.2 \times 10^{-4} m^2 / s \exp\left(-\frac{131000 J / mol}{8.31 J / mol.K \times 823 K}\right) \quad D = 5.76 \times 10^{-13} m^2 / s$$

Difüzyon:

$$D = D_o \exp\left(-\frac{Q_d}{kT}\right)$$



$$\ln D = \ln D_o - \frac{Q_d}{kT}$$

$$\ln D = \ln D_o - \frac{Q_d}{k} \left(\frac{1}{T}\right)$$

$$\log D = \log D_o - \frac{1}{2.3} \frac{Q_d}{k} \left(\frac{1}{T}\right)$$

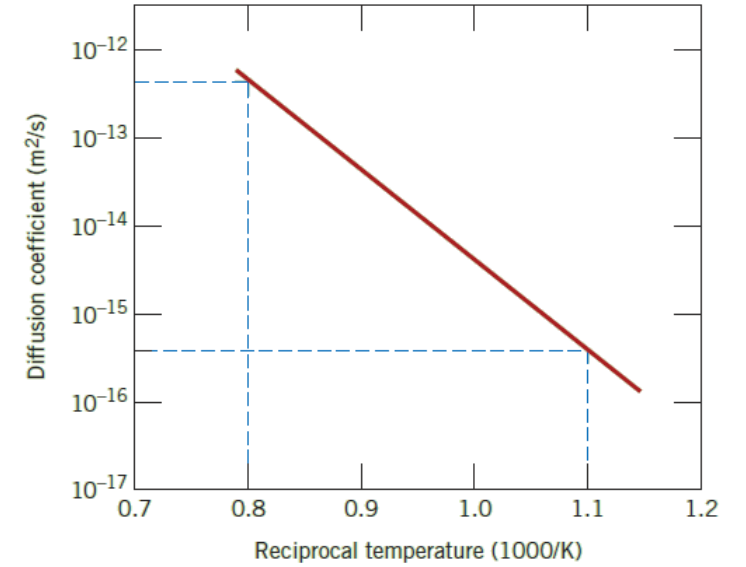
$$Q_d = -2.3k \left[\frac{\log D_2 - \log D_1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}} \right]$$

KATILARDA YAYINIM (DİFÜZYON)

Soru

Sağda verilen grafikte bakırın altın içerisindeki difüzyon verileri bulunmaktadır.

Buna göre difüzyon aktivasyon enerjisini (Q_d) ve sıcaklıktan bağımsız (D_o) katsayısını hesaplayınız .



$$Q_d = -2.3k [eğim]$$

$$Q_d = -2.3k \left[\frac{\log D_2 - \log D_1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}} \right]$$

$$Q_d = -2.3 \times 8.31 \text{ J / mol.K} \left[\frac{-15.45 - (-12.4)}{1.1 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1} - 0.8 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}} \right] \quad Q_d = 194 \text{ kJ / mol}$$

$$\log D_o = \log D + \frac{1}{2.3} \frac{Q_d}{k} \left(\frac{1}{T} \right) = -15.45 + \frac{1}{2.3} \frac{194 \text{ kJ / mol}}{8.31 \text{ J / mol.K}} \left(1.1 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1} \right)$$

$$= -4.28 \quad D_o = 10^{-4.28} \text{ m}^2 / \text{s} = 5.2 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$\log(10) = 1$	10
$\log(9) = 0.954$	9
$\log(8) = 0.903$	8
$\log(7) = 0.845$	7
$\log(6) = 0.778$	6
$\log(5) = 0.699$	5
$\log(4) = 0.602$	4
$\log(3) = 0.477$	3
$\log(2) = 0.301$	2
$\log(1) = 0$	1

Soru

Sağdaki çelik dişlinin yüzey aşınma direncini arttırmak için karbürleme işlemi uygulanmalıdır. Başlangıçta dişlinin C konsantrasyonu 0.20 wt% olarak verilmiştir ve karbürleme işlemi sırasında yüzey konsantrasyonu 1.00 wt% değerinde sabit tutulmuştur. Aşağıdaki verileri kullanarak dişli yüzeyinin 0.75 mm altında 0.60 wt% C konsantrasyonu için gereken sıcaklık zaman bağıntısını bulunuz.



$$D_o = 2.3 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s} \quad Q_d = 148 \text{ kJ} / \text{mol}$$

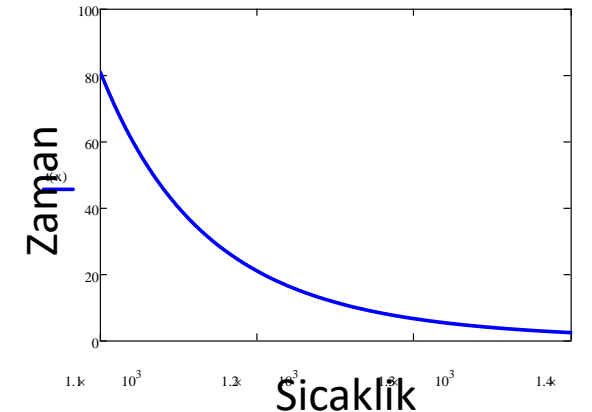
$$\frac{C_x - C_o}{C_s - C_o} = 1 - \text{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) = \text{sabit} \Rightarrow \text{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) = 1 - \frac{0.6 - 0.2}{1.0 - 0.2} = 0.5$$

$$\Rightarrow \frac{x}{2\sqrt{Dt}} = \text{sabit} = 0.4747$$

$$\Rightarrow Dt = \text{sabit} = 6.24 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow D_o \exp \left(-\frac{Q_d}{kT} \right) t = 6.24 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$t = \frac{0.0271}{3600 \cdot \exp \left(-\frac{17810}{T} \right)} \text{ saat}$$

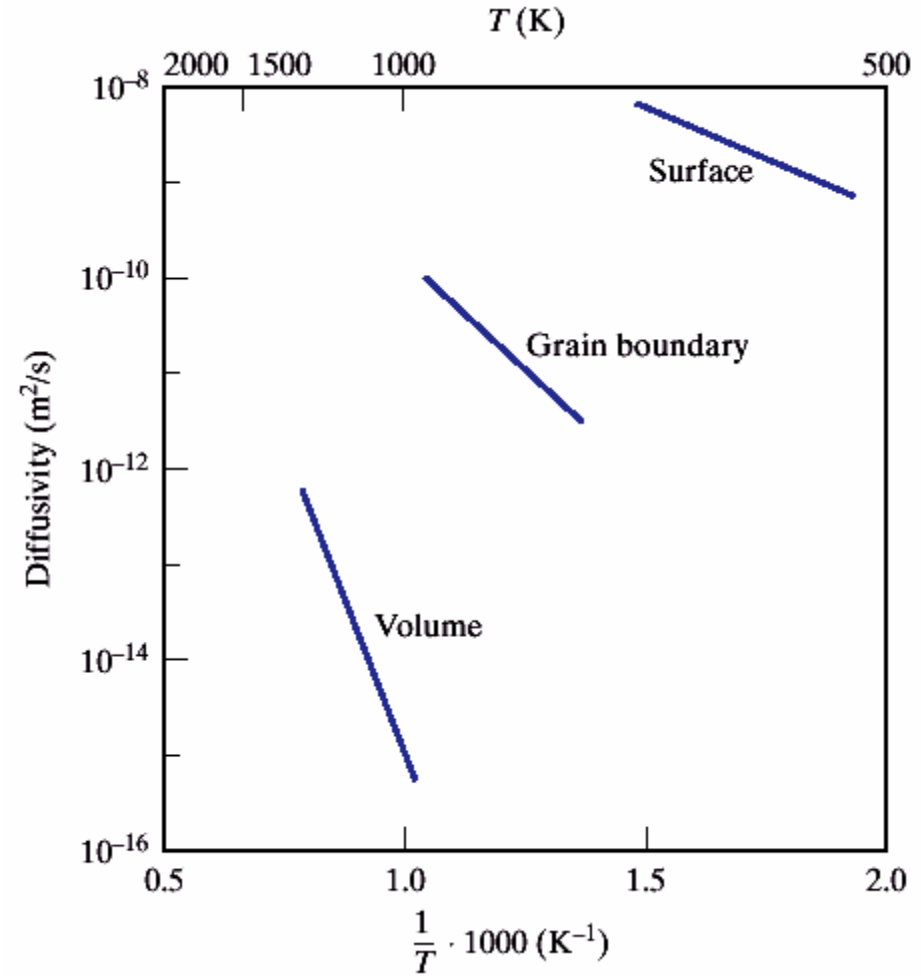
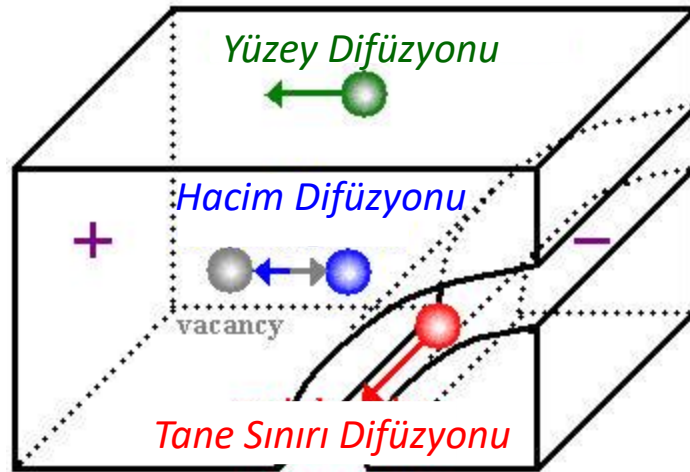


Difüzyon Yolları:

Hacim Difüzyonu

Tane Sınırı Difüzyonu

Yüzey Difüzyonu



Önümüzdeki Ders Saatinde

Ders Kitabımızın 6. Bölümündeki

MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

adlı konuya başlayacağız!