

קבועים			
C.G.S	M.K.S	סימן	הקבוע
$3 \cdot 10^{10}$ cm/esu	$3 \cdot 10^8$ m/sec	C	מהירות האור
$4.8 \cdot 10^{-10}$ esu	$1.6 \cdot 10^{-19}$ C	e	מטען אלקטרון
$9.1 \cdot 10^{-28}$ g	$9.1 \cdot 10^{-31}$ Kg	m_e	מסת אלקטרון
$1.67 \cdot 10^{-24}$ g	$1.67 \cdot 10^{-27}$ Kg	m_p/m_n	מסת פרוטון/ניוטון
$6.63 \cdot 10^{-27}$ erg*sec	$6.63 \cdot 10^{-34}$ J*sec	h	קבוע פלאנק
$2.18 \cdot 10^{-11}$ erg	$2.18 \cdot 10^{-18}$ J	R_h	קבוע רידברג
	$6.022 \cdot 10^{23}$ 1/mole	N_A	מס' אבוגדרו
1	$8.98 \cdot 10^9$ Nm ² /C ²	K	קולון
$1/4\pi$	$8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m	ϵ_0	מקדם דיאלקטרי

יחידות ומימדים				
	J	erg	eV	kcal/mole
1 J =	1	10^7	$6.24 \cdot 10^{18}$	$1.44 \cdot 10^{20}$
1 erg =	10^{-7}	1	$6.24 \cdot 10^{11}$	$1.44 \cdot 10^{13}$
1 eV =	$1.6 \cdot 10^{-19}$	$1.6 \cdot 10^{-12}$	1	23.06
1 kcal/mole =	$6.95 \cdot 10^{-21}$	$6.95 \cdot 10^{-14}$	$4.34 \cdot 10^{-2}$	1
$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} \parallel 1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J} \parallel 1 \text{ g} = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ amu} \parallel \text{ gr/mol} = \text{amu}$				

פגמים נקודתיים:

$$\frac{n}{N} = e^{-\frac{Q}{RT}}$$

n - מספר היעדרויות ליחידת נפח.
 N - מספר אתרי שריג ליחידת נפח(מס' אטומים+מס' היעדרויות).
 בדרכי ניח שרוב האתרים תפוסים ו-N הוא פשוט מספר האטומים.
 Q - אנרגיית אקטיבציה ליצירת היעדרויות.
 R - קבוע הגזים.
 T - טמפרטורה בקלווין.

$$n_{\#moles} = \frac{weight}{A.W.} = \frac{number \text{ of atoms}}{N_A}$$

קשרים אטומים

Z1 - מטען יון חיובי. $F_a = \frac{A}{r^2}$ $E = \int F_a = -\frac{A}{r}$
 Z2 - מטען יון שלילי.
 e - מטען אלקטרון.
 אפסילון - קבוע דיאלקטרי.
 r - מרחק בין יונים [מטר].
 $E_{0(r=0)} = -\frac{A}{(nB)^{\frac{1}{1-n}}} + \frac{B}{(nB)^{\frac{n}{1-n}}}$
 $A = (Z_1 e) \cdot (Z_2 e)$
 $\%IonicBond = [1 - e^{-0.25(X_A - X_B)^2}] \cdot 100$

קשרים יוניים - משיכה אלקטרוסטטית בין יונים בעלי מטען שונה. (קשר חזק מאוד)
קשרים קוולנטיים - קייים "שיתוף" של אלקטרונים בין ענני האלקטרונים. של שני אטומים סמוכים, כך שכל אטום "מרגיש" סביבו סידור אלקטרונים דומה לזה של שיווי משקל (קשר חזק).

קשרים מתכתיים - ליבות היונים, בעלות מטען חיובי, מופרדות זו מזו, אך גם קשורות זו לזו ע"י "ים" של אלקטרוני הערכיות של האטומים. (חלש יותר מקשר קוולנטי/יוני)

קשרים בין מולקולריים

1) ואן דר-ולס: משיכה מגנטית בין קטבים במולקולות. (דיפול קבוע, דיפול מושרה).
 2) קשרי מימן: משיכה בין חלקי מולקולות המכילים מימן. X - N, O, F. (חזקים יותר מואן דר-ולס)

אופן מציאת הכיוון

קובעים מערכת צירים באחת מפינות הקוביה לפעמים מיקומה יהיה נתון בשאלה. מתייחסים לקוביה בעלת צלע באורך יחידה. אם בווקטור הכיוון יש מציין הגבוה מאחד, מנרמלים את הווקטור לפי המציין הגבוה ביותר $[10] \rightarrow [1/2]$.
 מוצאים את הקוארדינטה בתא יחידה $x=1/2, y=1, z=0$.
 מחברים את הנקודה עם הראשית לקבלת וקטור הכיוון.
מציאת אינדקסי הכיוון מתוך הקוארדינטות
 מציאת הקוארדינטות של נקודת ההתחלה ונקודת הסיום, והחסרה בניהם. הכפלת הערכים למציאת מס' שלמים. סידור האינדקסים בתוך סוגריים מרובעים.

מציאת אינדקסים של מישור:

מציאת נקודות החיתוך של המישור עם הצירים. למשל $x=1, y=1, z=1/2$.
 חישוב ההפכי לקוארדינטות וסידור בסוגריים עגולים (112).
דרך נוספת: במערכת קובית בלבד: מציאת 2 כיוונים המוכלים במישור וביצוע מכפלה וקטורית בניהם.
מציאת מישור עפ"י אינדקסים:
 קביעת ראשית הצירים.
 מחשבים את ההפכים של המציניים לקבלת נק' החיתוך עם הצירים, לדוגמא: $(11/2) \rightarrow (112)$
 מציאת החיתוכים של המישור עם הצירים. בדוגמא הנ"ל יתקבלו $x=1, y=1, z=1/2$.

Hexagonal

$[u' v' w'] \rightarrow [u v t w]:$

$u'' = n/3 * (2u' - v')$

$v'' = n/3 * (2v' - u')$

$t'' = -(u'' + v'')$

$w'' = nw'$

$(h' k' l') \rightarrow (h, k, i, l):$

$h = h'$

$k = k'$

$i = -(h' + k')$

$l = l'$

$APF = \pi / \sqrt{18}$

FCC	BCC	SC	
$a = \frac{4r}{\sqrt{2}}$	$a = \frac{4r}{\sqrt{3}}$	$a = 2r$	יחס בין a (אורך צלע) ל-r
$\frac{\sqrt{2}}{2} a$	$\frac{\sqrt{3}}{2} a$	6 שכנים במרחק a	מס' קוארדנטיבי (מס' השכנים הקרובים)
$\sqrt{2} \cdot \pi / 6$	$\sqrt{3} \cdot \pi / 8$	$\pi / 6$	מקדם אריזה אטומי
(111) [110]	(110) [111]	{100} <100>	מישור וכיוון הכי צפוף

Cubic: $a=b=c / \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ || **Hexagonal:** $a=b \neq c / \alpha=\beta=90^\circ \gamma=120^\circ$ || **Tetragonal:** $a=b \neq c / \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ || **Rhombohedral(Trigonal):** $a=b=c / \alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$ || **Orthorhombic:** $a \neq b \neq c / \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ || **Monoclinic:** $a \neq b \neq c / \alpha=\gamma=90^\circ \neq \beta$ || **Triclinic:** $a \neq b \neq c / \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

פגמים משטחיים (פני שטח, גבולות בין גרעינים...):

גבול גרעין בזווית נמוכה: $\theta \approx \sin(\theta) \approx b/h$ (h-מרחק בין נקעים).
 זווית הטיה גבוהה יותר - יותר נקעים (גבול צפוף יותר) - אנרגיה גבוהה יותר (סטייה גבוהה יותר מגביש אידיאלי)
 גבול גרעין בזווית גבוהה: חוסר התאמה שנמדד בזוויות גבוהות יחסית. מאופיין בחוסר סדר, צפיפות נמוכה ואנרגיה גבוהה.
אינטרקציה בין נקעים: $E = |b_1|^2 + |b_2|^2 + |b_3|^2$
מגם גבול תאום: ABCABCBCBA
מגם הערמה: ABCABCBCBA
 תנועת נקעים: בתהליך ההחלקה אטומים זזים מאתר לאתר. ההחלקה מתבצעת על המישורים הקצופים ביותר, שם תנועת האטומים תהיה מינימלית.

צפיפות קווית = אורך שתופסים אטומים על הקו \ אורך הקו.
 צפיפות מישורית = שטח שתופסים אטומים ע"ג המישור \ שטח המישור.
 מקדם אריזה אטומי = נפח אטום * מספר אטומים \ נפח תא יחידה.

מרחק בין מישורי (h,k,l אינדקסי המישור): $d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$
 צפיפות תא יחידה = משקל תא יחידה \ נפח תא יחידה. $\rho = \frac{\sum n_i \cdot M_{w_i}}{a^3 \cdot N_A}$
 מס' אטומים ליחידת נפח: $\frac{N_{atoms}}{V} = \frac{\rho \cdot N_A}{M_w}$

נקעים:

נקע קצה: $t \perp b$

נקע בורגי: $t \parallel b$ (מישור החלקה לא מוגדר)

נקע מעורב: t, b לא מקבילים ולא ניצבים זה לזה.

מישור החלקה של הנקע הוא המישור שעליו מונחים שני הוקטורים t ו- b . ניתן למצוא אותם ע"י מכפלה וקטורית.

וקטור בורגוס b: גודלה וכיוונה של המדרגה שתיווצר כאשר הנקע ייצא מהגביש. מציין את כיוון הפעלת המאמץ. הוא קבוע. המרחק הבין אטומי הקצר ביותר.

מציאת וקטור בורגוס: סימון מלבן בעל מס' זהה של צעדים בכל צד סביב קו הנקע. הוקטור המחבר בין נק' הסיום להתחלה (עבור מבנה קובי: $|b| = a/2 \cdot \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$, $b = a/2 [hkl]$)
תנועת נקעים: ההחלקה מתבצעת על המישורים הצפופים ביותר, שם תנועת האטומים תהיה מינימלית.

מערכת החלקה: המישור עליו נע הנקע, והכיוון בו הוא נע - מישור צפוף+כיוון צפוף. כיוון החלקה נמצא על מישור החלקה.

דיפוזיה

החוק הראשון של פיק:

$J = \frac{dm}{Adt}$ $J = -D \frac{dC}{dx}$
 J - שטף דיפוזיה [$\text{atoms/cm}^2 \cdot \text{sec}$]
 D - מקדם הדיפוזיה [cm^2/sec]
 C - ריכוז [atoms/cm^3]
 X - אורך [cm]

מקדם הדיפוזיה D:

D_0 - מקדם שאינו תלוי בטמ' [cm^2/sec]
 Q_d - אנרגיית אקטיבציה לדיפוזיה. [$\text{J/mol, cal/mol, eV/mol}$]
 R - קבוע הגזים. $R = 8.314 [\text{J/mol} \cdot \text{K}]$ $R = 1.987 [\text{cal/mol} \cdot \text{K}]$
 $R = 8.62 \cdot 10^{-5} [\text{eV/atom} \cdot \text{K}]$
 T - טמ' [K]

D גבוה - דיפוזיה קלה יותר - בדר"כ חומר פחות צפוף.

החוק השני של פיק (משוואת הדיפוזיה):

$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial X^2}$
 C_0 - ריכוז התחלתי.
 C_s - ריכוז בפני השטח. C_s^* - ממוצע בין C_s ל- C_0 .
 C_x - ריכוז ספציפי שמחפשים.

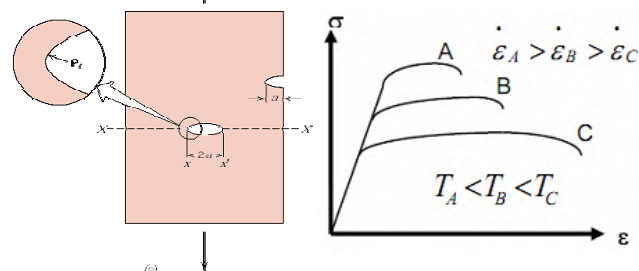
גרדיאנט ריכוזים קבוע: $C = \left(\frac{C_1 - C_2}{l} \right) x + C_2$

מוט חצי אינסופי: $\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - \phi \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right)$

מוט חצי אינסופי משני צדדים: $\frac{C_x - C_0}{C_s^* - C_0} = 1 - \phi \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right)$

$C_s^* = \frac{C_s + C_0}{2}$

מרחק דיפוזיה אופייני: $X = \sqrt{Dt}$
 כדי שהמוט יחשב אינסופי הוא צריך להיות גדול ממרחק הדיפוזיה!
 $(l > 10(Dt)^{1/2})$



אזור אלסטי - התחום הלינארי של הגרף, דפורמציה הפיכה.
אזור פלסטי - התחום שאינו לינארי בגרף, דפורמציה פלסטית בלתי הפיכה (תנועת נקעים).
מודול האלסטיות (יאנג) E - שיפוע העקום בתחום האלסטי.

σ_y - מאמץ כניעה - מעבר בין האזור האלסטי לפלסטי. σ_{ult} - תחילת יצירת צוואר וחללים.
 σ_f - נקודת כשל. **עומס** - כח היצוני F הפועל על הדגם.

דפורמציה - שינוי ממדי הדגם עקב השפעת העומס: $\Delta L = L_f - L_0$
קשיחות - יכולת החומר לספוג אנרגיה עד לשבר. **חוזק** - המאמץ המקסימלי שהחומר יכול לשאת.
קשיחות - התנגדות לדפורמציה פלסטית מקומית.
משיכות - סה"כ דפורמציה עד לשבר. יכולה להיות מבוטאת כאחוז ההתארכות או הירידה בשטח.
אלסטיות - נטיית החומר למעוות תחת מאמץ בתחום האלסטי.
 טמ'פ' עולה או קצב עיבור איטי יותר -> החומר נעשה משיך יותר (גרף רחב יותר).
מאמץ הנדסי:

העומס מחולק בשטח החתך הניצב לו: $\sigma = \frac{F}{A_0}$
 $[Mpa] = [N/mm^2]$, $[Pa] = [N/m^2]$

מעוות (עיבור) הנדסי:

השינוי באורך מחולק באורכו ההתחלתי של הדגם: $\epsilon_e = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_f - L_0}{L_0}$

גזירה: $\tau = \frac{F}{A_0}$
 כאשר F הכח שפועל במקביל למשטח העליון והתחתון (בעלי שטח A_0)

עיבור כולל: $\epsilon_{tot} = \epsilon_{elastic} + \epsilon_{res}$ (אלסטי ועוד השיורי)

הקשר בין המאמץ והמעוות בדפורמציה פלסטית נתון ע"י מודול האלסטיות (יאנג) לפי חוק הוק: $\sigma = E \epsilon$ (לשים לב שהמאמץ והעיבור בתחום האלסטי!)

מקדם פאוסון: $\nu = -\frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} = -\frac{\epsilon_y}{\epsilon_z}$
 המקסימום של V הוא 0.5 עבור חומרים איזוטרופים

שווה ל 0.25 והמודול האלסטי (E) ומודול הגזירה (G) קשורים לפי: $E = 2G(1 + \nu)$

מאמץ אמיתי: $\sigma_T = \frac{F}{A_i} = \sigma(1 + \epsilon)$
מעוות אמיתי: $\epsilon_T = \ln \frac{L_i}{L_0} = \ln(1 + \epsilon)$

אם אין שינוי בנפח בזמן הדפורמציה: $A_i l_i = A_0 l_0$ (רק בין נק' כניעה ל-UTS)

A_i, l_i - שטח חתך ואורך רגעי. A_0, l_0 - התחלתי.

אנרגיה ליח' נפח במתיחה: $W = \int_{\epsilon_1}^{\epsilon_2} \sigma d\epsilon = \int_{\epsilon_1}^{\epsilon_2} E \epsilon d\epsilon$

(האנרגיה היא גם השטח מתחת לגרף)

מודול נפח: $P_{hyd} = \frac{K \Delta V}{V_0}$

$\sigma_T = K \epsilon_T^n$ - k קבוע הקשיית מעוותים, n - מקדם הקשיית מעוותים.
 בנקודת UTS- מתקיים $n = \epsilon_i$

קשיות ויקרס: $HV = 1.845 \cdot \frac{F}{d^2}$ בדיקת ברינקל: $HBN = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

(D - קוטר חודרן, d - קוטר עקבה)

שבר

שבר פריך-ניתוק שני מישורים בניצב, ללא דפורמציה פלסטית. $\sigma_f = \sigma_y$

שבר משיך-החלקת מישורים זה על-גבי זה, דפורמציה פלסטית ניכרת. $\sigma_f > \sigma_y$
 מעבר פריך משיך - עם הירידה בטמפרטורה התנגדות החומר הופכת להיות פריכה יותר. לעיתים המעבר הינו חד (ואז ניתן להגדיר את טמפרטורת המעבר)

לחץ קריטי (גריפית'): $\sigma_c = \sqrt{\frac{2E\gamma_s}{\pi a}}$
 E- מודול אלסטיות, γ_s - אנרגיית פניי, a- חצי אורך

של סדק פנימי. עבור תיקון ארווין נחליף את γ_s בנוסחה ל- $(\gamma_s + \gamma_p)$

מאמצים בחרץ אליפטי: $\sigma_{max} = 2\sigma_0 \sqrt{\frac{C_{cr}}{\rho}}$

(עבור חרץ פנימי באורך a: $C_{cr} = a/2$, עבור חרץ חיצוני באורך a: $C_{cr} = a$, ρ - רדיוס עקמוניות)
חסינות שבר - פרמטר שמשקף את התנגדות החומר לשבר בנוכחות סדק:

$Y K_c = Y \sigma_c \sqrt{\pi \cdot C_{cr}}$ - פונקציה שתלויה בסוג הסדק והדגם. עבור דגם מישורי המכיל סדק

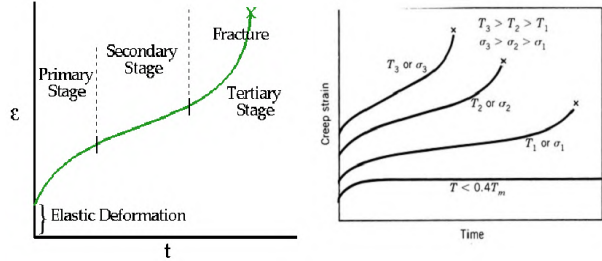
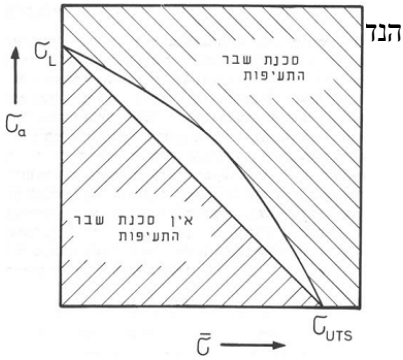
קטן מרוחב הדגם, Y שווה ל 1. K_c נתון ב $[MPa \sqrt{m}]$, C_{cr} במטרים.
 לדגם עבה יותר יש חסינות שבר נמוכה יותר.

התעייפות

קריטריון לכשל: $n=1$ גודמן, $n=2$ גרבר

$$\sigma_a \geq \sigma_L \left(1 - \left(\frac{\bar{\sigma}}{\sigma_{UTS}} \right)^n \right)$$

σ_a - אמפליטודת המאמץ, σ_L - מאמץ גבול ההתעייפות. מצב העמסה סימטרית - מאמץ ממוצע שווה לאפס, מאמץ מינימלי שווה והפוך בסימנו למאמץ המקסימלי, יחס המאמץ $R = -1$. קריטריון גודמן/גרבר לכשל בא לקחת את גבול ההתעייפות מניסוי שנערך במצב העמסה סימטרי ולהשליך על מצבי העמסה אחרים אשר בהם המאמץ הממוצע אינו אפס. כלומר σ_L בנוסחה חייב להילקח מניסוי במצב העמסה סימטרי, יש להציב תכונת דגם σ_{UTS} ומאמץ ממוצע חדש שמעניין אותנו להעריך σ . מקבלים את מאמץ האמפליטודה שמעליו יש כשל בוודאות בהתעייפות (לא ידוע אחרי כמה מחזורים), ומתחתיו החלק יתנהג כמו מתחת מאמץ גבול התעייפות, כלומר לא צפוי כשל בהתעייפות. קריטריון גודמן יותר מחמיר. זה הכל.



זחילה

לחץ מכני מתמשך, בדרי"כ בטמפ' גבוהות שגורם לדפורמציה. עבור מתכות זה נעשה חשוב רק עבור טמפ' הגדולות מ- $0.4T_m$ (טמפ' התכה אבסולוטית)

מאמץ ממוצע: $\bar{\sigma} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$; טווח המאמץ: $\sigma_r = \sigma_{max} - \sigma_{min}$

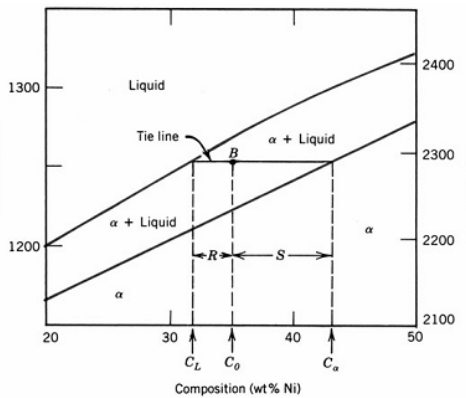
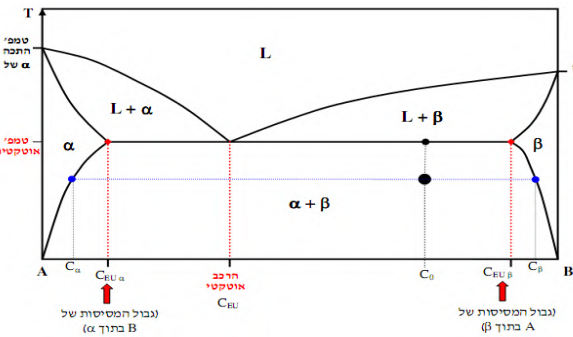
אמפליטודת המאמץ: $\sigma_a = \frac{\sigma_r}{2}$; יחס המאמץ: $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$

יחס בין קצב הזחילה הקבוע (השלב השני) ללחץ והטמפ': $\frac{d\epsilon}{dt} = C \cdot \sigma^n \cdot e^{-\left(\frac{Q}{RT}\right)}$

$T = const \Rightarrow \frac{d\epsilon}{dt} = A \cdot \sigma^n \Rightarrow \log\left(\frac{d\epsilon}{dt}\right) = \log(A) + n \cdot \log(\sigma)$

$\sigma = const \Rightarrow \frac{d\epsilon}{dt} = C \cdot e^{-\left(\frac{Q}{RT}\right)}$

Q - אנרגיית אקטיבציה לזחילה, n, A, C - קבועים של החומר. עקומת הזחילה מכילה 3 אזורים. ראשי - קצב הזחילה יורד בהדרגה, משני - קצב הזחילה קבוע (בדרי"כ השלב הארוך ביותר), שלישי - האצה בקצב הזחילה וכשל עמידות בזחילה עולה - $T_m < E$, עולה (מודול יאנג) עולה, גרעינים גדולים.



- אוטקטיית $L \leftrightarrow \alpha + \beta$ $\frac{\alpha + L \sqrt{\beta + L}}{\alpha + \beta}$
- אוטקטואידית $\delta \leftrightarrow \alpha + \beta$ $\frac{\alpha + \delta \sqrt{\beta + \delta}}{\alpha + \beta}$
- פרי-טקטיית $L + \alpha \leftrightarrow \beta$ $\frac{L + \alpha}{\beta}$
- פרי-טקטואידית $\gamma + \alpha \leftrightarrow \beta$ $\frac{\gamma + \alpha}{\beta}$

מעבר ריכוזים

ריכוז משקלי (%wt)

$(\%wt) = C_i = \frac{G_i}{\sum G_i} = \frac{X_i M_i}{\sum X_i M_i}$

G_i - משקל של מרכיב I במערכת. X_i - שבר חלקי של i. M_i - משקל מולקולרי או אטומי של i.

מעבר בין ריכוז משקלי לאטומי ע"י חלוקה במסה מולרית:

$(\%at) = X_i = \frac{n_i}{\sum n_i} = \frac{C_i / M_i}{\sum (C_i / M_i)}$

n_i - מספר אטומים/מולים של מרכיב i. C_i - ריכוז משקלי מרכיב i. M_i - משקל מולקולרי או אטומי של i.

חוק גיבס בלחץ קבוע:

מס' דרגות החופש: $\nu = n + 1 - \gamma$

n - מס' המרכיבים, γ - מס' הפאזות.

דיאגרמת סיגר - אחוזים משקליים

C_0 = הרכב הנתך, C_α = הרכב המוצק, C_L = הרכב הנוזל.

$W_\alpha = \frac{C_0 - C_L}{C_\alpha - C_L}$ $W_L = \frac{C_\alpha - C_0}{C_\alpha - C_L}$

כמויות יחסיות של α ו- β :

$X_\alpha = \frac{C_\beta - C_0}{C_\beta - C_\alpha}$ $X_\beta = \frac{C_0 - C_\alpha}{C_\beta - C_\alpha} = 1 - X_\alpha$

כמויות יחסיות של מבנה אוטקטי ופאזה β מחוץ לאוטקטי: בטמפ' האוטקטיית:

$X_\alpha = \frac{C_{EU\beta} - C_0}{C_{EU\beta} - C_{EU}}$ $X_{\beta(out)} = \frac{C_{EU} - C_\alpha}{C_{EU} - C_{EU\beta}}$

אם נרצה לדעת הרכב וכמויות יחסיות רק של הלמלות בפאזה האוטקטיית, נקודת הייחוס תהיה C_{EU} ולא C_0 :

$X_{\alpha(inEU)} = \frac{C_\beta - C_{EU}}{C_\beta - C_\alpha}$ $X_{\beta(inEU)} = \frac{C_{EU} - C_\alpha}{C_\beta - C_\alpha}$

כמות הפאזות α, β בתוך המבנה האוטקטי, מתוך סך כל

החומר נתונות לפי: $X_{\alpha \text{ in EU}} = X_\alpha \cdot X_{EU}$ (out of total material)

קורוזיה

משוואת נרסט: תלות הפוטנציאל בריכוז היונים.

עבור 25 °C פוטנציאל התגובה $M \rightarrow M^{n+} + ne^-$ נתון לפי: $E = E_0 + \frac{0.0592}{n} \log[x^{n+}]$

כאשר E_0 נתון בטבלת הפוטנציאלים הסטנדרטיים.

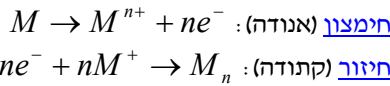
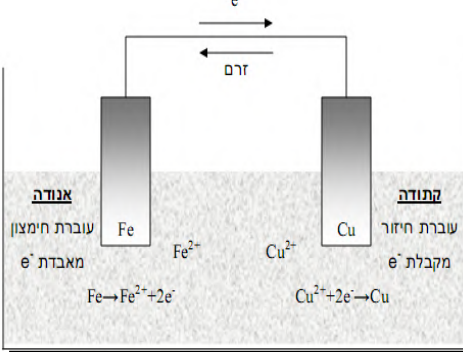
בצורה שונה: $\Delta V = (V_2 - V_1) - \frac{0.0592}{n} \log \frac{\mu_1^{n+}}{\mu_2^{n+}}$
 עבור טמפי' שונות: $\Delta V = (V_2 - V_1) - \frac{RT}{nF} \ln \frac{\mu_1^{n+}}{\mu_2^{n+}}$

$(V_2 - V_1)$ פוטי' קתודה, V_1 פוטי' אנודה, μ -ריכוז מולרי, n-מספר האלקטרונים המשתתפים, F-קבוע פאראדיי (96,500 קולון למול) במהלך הקורוזיה, האנודה "נאכלת" ומאבדת ממשקלה.

קצב איבוד המסה (קצב הקורוזיה) ניתן לפי $R = \frac{87.6 \cdot w}{\rho \cdot A \cdot t}$ קצב הקורוזיה $\left[\frac{mm}{year} \right]$

w [mg] - משקל שאבד, ρ [gr/cm³] - צפיפות, A [cm²] - פני שטח חשופים, T [hr] - משך התהליך. 87.6 הוא קבוע שמתקן מעבר יחידות בהתאם ליחידות המוגדרות בנוסחה.

סדרת EMF - הפוטנציאל הנוצר כשמצמידים מתכות לאלקטרודת רפרנס מסוג Pt בתמיסת יוני H^+ . הפוטנציאלים הנתונים מתייחסים למתכות בתמיסת יונין בריכוז של 1M. עבור צמד מתכות - האנודה תהיה בעלת פוטנציאל החיזור הנמוך יותר. סוגי קורוזיה: אחידה, גליונית, נקיקים, גימום, בין-גרעינית, שחיקה, מאמצים.



תכונות מגנטיות

עוצמת השדה המגנטי המופעל: $H = \frac{A}{m}$, $\vec{H} = \frac{N \cdot I}{l}$ (N - מסי' לולאות, I - זרם, l - אורך)

צפיפות השטף המגנטי: $\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$, $B [Tesla] = \frac{Wb}{m^2}$

μ_0 - פרמביליות: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} = 1.257 \cdot 10^{-6} \frac{henry}{m} = \frac{Wb}{A \cdot m}$

בואקום: $\vec{B}_0 = \mu_0 \cdot \vec{H}$, **פרמביליות יחסית:** $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$

מגנטיזציה: $\vec{M} = \chi_m \cdot \vec{H}$

χ_m - סוספטביליות: $B = \mu_0 \cdot H + \mu_0 \cdot M = \mu_0 \cdot H(1 + \chi_m)$, $\chi_m = \mu_r - 1$

צפיפות שטף רוויה (עבור פרומגנטים): $\vec{B}_s = \mu_0 \cdot \vec{M}_s$

בור מגנטון - קבוע למגנטיזציה של אלקטרונים: $\mu_B = 9.27 \cdot 10^{-24} [A \cdot m^2]$

מגנטיזציה הרוויה ליחידת נפח: $M_s = \mu_B \cdot N$ (N - מסי' אטומים ליח' נפח)

דיאמגנטייות: $\mu_r < 1$, $\chi_m \approx 10^{-5}$ אין מומנט קבוע לאטומים.

פאראמגנטייות: $\mu_r > 1$, $10^{-5} < \chi_m < 10^{-2}$ לכל אטום מומנט משלו.

פרומגנטייות: $B \approx \mu_0 M$, $\chi_m \approx 10^6$

לחומר מגנטי קשה יש remanence גבוה, coercivity גבוה, צפיפות שטף מגנטי ברוויה גבוהה, שטח גדול בתוך "טבעת" ההיסטריזיס ופרמביליות ראשונית נמוכה. ניתן למגנט באופן קבוע פרומגנטים בגלל היכולת של המומנטים המגנטיים של אטומים סמוכים להסתדר במקביל זה לזה. הסידור המקביל קיים באזורים בעלי נפח קטן - דומיננטים. כאשר מוסר השדה המגנטי החיצוני המגנטיזציה נשארת בגלל התנגדות הקירות לתזוזה. בחומרים פאראמגנטיים אין צימוד של מומנטי הדיפול המגנטיים, ולכן לא נוצרים דומיננטים.

תכונות אופטיות

$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ $E [eV] = \frac{12400 [eV \cdot \text{Å}]}{\lambda [Å]}$ $h [J \cdot sec] = 6.63 \cdot 10^{-34}$ קבוע פלאנק

מהירות האור בחומר: $n = \frac{c}{v} = \frac{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$, $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$

($\epsilon_r \approx \sqrt{\epsilon_r}$ ו $\mu_r \approx 1$ לכן $n \approx \sqrt{\epsilon_r}$) - מקדם דיאלקטרי (פרמטיביות), μ - פרמביליות. לרוב המתכות המגנטיות נמוכה ולכן $n \approx \sqrt{\epsilon_r}$

חוק בר: $I = I_0 \cdot e^{-\alpha x}$ - עוצמת הקרן הפוגעת (בדרי"כ), I, העוצמה בנקודה כלשהי, X[m] המרחק שהאור עבר בחומר, $\alpha [1/m]$ - מקדם הבליעה של החומר.

החזרה ממשטח: $R = \frac{I_R}{I_0} = \left(\frac{n_f - n_i}{n_f + n_i} \right)^2$

I_0 - הקרן הפוגעת, I_R - הקרן המוחזרת, n_i - מקדם השבירה של התווך ממנו מגיעה הקרן (מהאוויר שווה ל-1), n_f - מקדם השבירה של התווך אליו מגיעה הקרן.

חוק בר עם התחשבות בהחזרה משתי הדפנות:

$I_T = I_0 \cdot (1 - R)^2 \cdot e^{-\alpha x}$

I_T - אור עובר.



תכונות חשמליות

התנגדות ומוליכות: $R = \frac{\rho l}{A} = \frac{l}{\sigma A}$, $R [\Omega]$, $\rho [\Omega \cdot cm]$ - התנגדות סגולית, $\sigma [\Omega \cdot cm]^{-1}$ - מוליכות סגולית, A [cm²] - שטח חתך של מוליך, l [cm] - אורך מוליך.

חוק אום: $IR = V$, **צפיפות זרם:** $J = \frac{I}{A} = \sigma E$ **שדה חשמלי:** $E = \frac{V}{l}$

התנגדות כוללת: $\rho_{total} = \rho_{thermal} + \rho_{impurity} + \rho_{deformation}$

התנגדות תרמית: $\rho_{thermal} = \rho_0 + aT$ (a, ρ_0 - קבועים לכל מתכת)

התנגדות של זיהומים: $\rho_i = A c_i (1 - c_i)$ (A קבוע של התרכובת, C_i - שבר אטומי)

התנגדות לפי חוק תערובות (ל-2 פאזות): $\rho_i = \rho_a V_a + \rho_b V_b$ (כאשר $V_{a,b}$ הוא השבר הנפחי של החומר a, b)

מעברי יחידות רלוונטים: $\Omega = \frac{V}{A}$, $A = \frac{C}{sec}$, $V = \frac{J}{C}$

מוביליות של אלקטרון: $\mu_e = \frac{V_d}{E}$, V_d - מהירות סחיפה.

מוליכות של מוליך למחצה ע"י נושאי מטען חורים ואלקטרונים:

באופן כללי: $\sigma = n|e|\mu_e + p|e|\mu_h$

עבור אינטרייזי $n=p$: $\sigma = n|e|(\mu_e + \mu_h)$

עבור n-type (donor): $\sigma \approx n|e|\mu_e$

עבור p-type (acceptor): $\sigma \approx p|e|\mu_h$

$p, n [1/cm^3]$ or $[1/m^3]$ - צפיפות נושאי מטען. ריכוז המסמס-ריכוז נושאי המטען אם אנרגיית גל מסויים גדולה מאנרגיית הפער -> הגל יבלע ולא יעבור.

תלות בטמפרטורה: $\ln \sigma = C - \frac{E_g}{2KT}$

C-קבוע שאינו תלוי בטמפרטורה. $E_g [eV]$ - פער אסור. $K=8.62 \cdot 10^{-5} [eV/atom \cdot K]$

עבור מוליך למחצה אינטרינזי: $\ln n = \ln p = C' - \frac{E_g}{2KT}$

$E_g = -2K \left(\frac{\Delta \ln p}{\Delta(1/T)} \right) = -2K \left(\frac{\Delta \ln n}{\Delta(1/T)} \right)$

התנגדות כוללת של חומר יוני: $\rho_{total} = \rho_{electric} + \rho_{ionic}$

מוביליות של יון: $\mu_i = \frac{n_i e D_i}{KT}$

(n_i - אלק' ערכיות, D_i מקדם דיפוזיה, e - כשך נתון באלקטרון וולט e שווה ל-1)