

דפי כסף

קבוע הגזים R

$\frac{\text{liter} \cdot \text{mmHG}}{\text{mole} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{Joule}}{\text{mole} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{kal}}{\text{mole} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{erg}}{\text{mole} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{mole} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{liter} \cdot \text{atm}}{\text{mole} \cdot \text{K}}$
62.33	8.313	1.98	$8.31 \cdot 10^7$	82.1	0.082

המרת יחידות

	1J	1erg	1eV	1kcal/mol
1J	1	10^7	$6.24 \cdot 10^{18}$	$1.44 \cdot 10^{20}$
1erg	10^{-7}	1	$6.24 \cdot 10^{11}$	$1.44 \cdot 10^{13}$
1eV	$1.6 \cdot 10^{-19}$	$1.6 \cdot 10^{-12}$	1	23.06
1kcal/mol	$6.95 \cdot 10^{-21}$	$6.95 \cdot 10^{-14}$	$4.34 \cdot 10^{-2}$	1

CGS	MKS	סימון	הקבוע
$3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$	$3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$	C	מהירות האור
$4.8 \cdot 10^{-10} \text{ e.s.u}$	$1.6 \cdot 10^{-19} \text{ c}$	e/q	מטען אלקטרון
$9.1 \cdot 10^{-28} \text{ g}$	$9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	m_e	מסת אלקטרון
$1.66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$	$1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	n_p/m_n	מסת פרוטון/ניוטון
$6.63 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sec}$	$6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$	h	קבוע פלאנק
$2.18 \cdot 10^{-11} \text{ erg}$	$13.6 \text{ eV}, 2.18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$	r_H	קבוע רידברג
	$6.022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mole} N_A$	N_A	מספר אבוגדרו
14.4 eV	$8.89 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2$	k	לחישוב משיכה אלקטרוסטטית
	$R/N_A = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$	K_B	קבוע בולצמן

גדלים במטרים

mili	micro	nano	pico	kilo	$^{\circ} A$
10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{+3}	10^{-10}

1 liter·atm=24.2cal=101.3J
 1 cal=4.184J
 1 a.m.u=1.661·10⁻²⁷kg
 1 Molar=1 mol/liter
 1 J=0.239kal=1c·1volt
 1 Deybe=10⁻¹⁸esu·cm
 =3.34·10⁻³⁰C·m
 1 C=3·10⁹esu

1 atm =760mmHG
 =760Torr
 =101325N/m²
 =101.325kPa (kilo Pascal)
 =1.01325bar

חוקי לוגריתמים
 $-\log a = x$
 $a = 10^{-x}$

$V = \text{volume}(m^3)$
 $P = \frac{F}{V} \text{ pressure}(atm)$
 $T(^{\circ}k) = T(^{\circ}c) + 273$
 $\lambda = \text{wavelength}(m)$
 $\nu = \text{frequency} = \frac{1}{\lambda} (Hz)(1/\text{sec})$
 $L/d = \text{length / dis tan ce}(m)$
 $r = \text{radius}(m)$
 $n = \text{level / orbital}$
 $\mu = \text{momentdipol}(Debye)$
 $\rho = \text{density} = \frac{m}{V} (gr / cm^3)$
 $\eta = \frac{h}{2\pi}$

$n(X) = \frac{\text{mass}}{A_w}$ מס' מולים
 $n(XY) = \frac{\text{mass}}{M_w}$

הקדמה -

$^A_Z X$ - מס' מסה (מס' פרוטונים+ניוטונים), Z - מס' אטומי (מס' פרוטונים).
איזוטופ - שינוי של מס' ניוטרונים באטום (ה-A משתנה).
מספר אבוגדרו - מספר אטומי הפחמן ב-12 גרם חומר.

מול - כמות חומר המכילה מס' אבוגדרו של חלקיקים.

$$\text{Mol} = \frac{\text{atoms}}{N_A} = \frac{\text{molecules}}{N_A}$$

AMU=Atomic Mass Unit
נוסחה אמפירית - מתארת את היחסים המינימאליים בין החומרים.
נוסחה מולקולרית - מתארת במדויק את ההרכב.
גורם מגביל - המגיב שיגמר ראשון, יקבע את כמות התוצר המתקבל.

מבנה האטום ע"פ תורת הקוונטים -

כל מצב מבין המצבים האפשריים של האלקטרון באטום מסומן ע"י 4 מספרים קוונטים (טבעיים). n, l, m_l, m_s . הינם **אורביטלים אטומיים**. לכל מצב יש אנרגיה ופונקציה גל המתארת אותה. כל צירוף של המספרים מסמן מצב אפשרי לאלקטרון.

n - מספר קוונטי ראשי, מגדיר "קליפה" (רמת אנרגיה)

l - מספר קוונטי משני, $0 \leq l < n$, מגדיר "תת-קליפה". $l=0 \rightarrow s, l=1 \rightarrow p, l=2 \rightarrow d$.

m_l - מספר קוונטי מגנט כלל ערך של l יש $2l+1$ ערכים. $|m_l| \leq l$ נניח $m_l = -1, 0, 1$.

m_s - מספר קוונטי ספיני ± 0.5 . לא משפיע על אנרגטיקה.

האנרגיה של אורביטל אטומי של אלקטרון:

$$E_k + E_p = E_{n,l,m_l} = -r_H \frac{Z^2}{n^2} (eV)$$

לכל האורביטלים שנמצאים בקליפה n יש אנרגיה שווה ("מנוונים") וכיוונם שונה. כלל ש- n גדול יותר הסיכוי למצוא את האלקטרון במרחקים גדולים מהגרעין גדל.

את רדיוס בוהר נוכל לקבל אם ניקח l_{max} ל- n מסוים.

כאשר $l=0$ הסיכוי למצוא אלקטרון בכל כיוון שווה (איזוטרופי).

כאשר $l \neq 0$ הכיסוי למצוא אלקטרון בכיוון מסוים שונה (לא איזוטרופי).

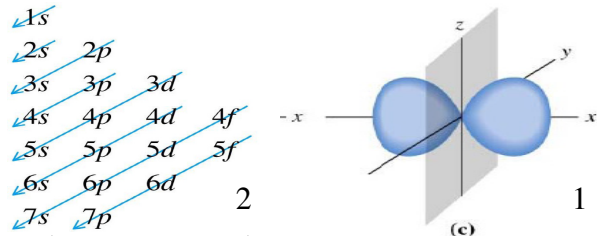
עקרון פאולי - ל-2 אלקטרונים באטום לא יכולים להיות 4 מספרים קוונטים זהים.

אלקטרונים הנבדלים בניהם בסימן m_s נקראים מזוגים.

מספר האלקטרונים המקסי שיכולים לאכלס קליפה n -ית $= 2n^2$. בכל קליפה מקסי' n אלקטרונים

(1) התחום המרחבי בסיכוי 90% למצוא אלקטרון. אורביטל $2p_x, l=1, m_l=1$

(2) סדר מילוי אורביטלים



כלל הונד (האוטובוס) -

באכלוס אלקטרונים

באורביטלים מנוונים, יכנסו

קודם כבודדים בעלי ספינים

מקבילים ורק אח"כ נזווג

אותם עם ספיין נגדי. הקליפה בעלת ה- n הגדול ביותר שמאוכלסים בה אורביטלי s ו- p

נקראת קליפת ערכיות. אלקטרוני s ו- p שמאכלסים אותה נקראים אלקטרונים ערכיות.

מסי' מקסי' של אלקטרונים בקליפת ערכיות הוא $8 - (n^2 - np^6)$.

כאשר קליפת הערכיות מלאה הגזים נקראים אצילים.

סדר מילוי אורביטלים - ימולאו בסדר עולה של הסכום $n+1$. אם הסכום שווה עבור

שני אורביטלים שונים ממלאים קודם את האורביטל בעל n נמוך יותר. **Cu ו-Cr**

חריגים והם יציבום כאשר יש תת קליפה מלאה או חצי מלאה.

המודל האטומי של בוהר (נכון עבור אטומים ויונים דמויי מימן) -

1. אלקטרון נע סביב הגרעין במסלול מעגלי בהשפעת הכוח החשמלי בין הגרעין והאלקטרון.

2. אלקטרון יכול לנוע רק במסלולים מיוחדים סביב הגרעין (מצבים קשורים) ולכל מסלול רדיוס מסוים ובו אנרגיה מסוימת לגרעין. כל מסלול מסומן ב- n ונקרא מסי' קוונטי.

3. האלקטרון נע בין המסלולים ע"י בליעה או פליטה של פוטון.

עליית ברמת אנרגיה \leftarrow פליטה. ירידה \leftarrow בליעה (ואת זה קל לזכור).

$n=1$ מצב יסוד, אנרגיה הכי נמוכה.

$n \neq 1$ מצב מעורר (בסופו של דבר יחזור למצבו הטבעי).

$n = \infty$ יינון, בו האלקטרון משתחרר מהאטום (האפקט הפוטואלקטרי).

$E=0$. אם $E > 0$ לאחר שחרור האלקטרון מהאטום אז $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

חזרה לרמה $lyman \leftarrow n=1, balmer \leftarrow n=2, paschen \leftarrow n=3$

E של שני אלקטרונים קשורים קטנה יותר מה- E של שניהם בנפרד, אז

יש להשקיע אנרגיה בהפרדתם

$E_{e1} + E_{e2} > E_{e(1+2)}$

$$E_{photon} = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{\Delta E}{h}$$

$$E_n = -r_H \frac{z^2}{n^2}$$

$$\Phi = E = E_k + E_0$$

$$r_n = \frac{a_0}{z} n^2$$

$$a_0 = 0.53 \text{ \AA}$$

אנרגית הפוטון המשתתף -

$$\Delta E = h\nu = E_f - E_i = \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) (r_H Z^2)$$

$$p = mv$$

מספר הגל -

$$\bar{\nu} [1/m] = \frac{1}{\lambda}$$

אורך גל דה-ברולי -

$$\lambda_{DB} = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e v}$$

מסלולים בעלי רדיוס מותר הם אלו שעבורם תנע זוויתי מקיים:

$$mvr = \frac{nh}{2\pi} = n\eta$$

הפרש אנרגיה במעבר בין $n=1$ ל- $n=\infty$,

אנרגית יוניזציה של מצב יסוד: $I_p = +r_H Z^2$

אנרגיה של קרן אור המורכבת מ- n פוטונים בתדירות ν

$$n h \nu$$

מודל חלקיק בתיבה -

פוטי במרכז התיבה אפס ובקצוות אינסופי.
רמות אנרגיה - פוני הגל -

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \cdot L = n\lambda/2$$

$$E_n = \frac{h^2 n^2}{8mL^2}$$

$$\Delta E = \frac{h^2}{8mL^2} (n_f^2 - n_i^2)$$

משיכה אלקטרוסטטית בקשר יוני -

$$E = \frac{kq_1 \cdot q_2}{r} (J)$$

$$\frac{kq_1 \cdot q_2}{r} = \frac{14.4 \cdot (\text{NumPosCh arg } e) \cdot (\text{NumNegCh arg } e)}{r_1 + r_2} (eV)$$

$r =$ מרחק בין מרכז קטיון לאניון
אנרגיה עודפת (סימן מינוס) או אנרגיה שיש להשקיע

מבנה לואיס -

יוצאי דופן בהשלמה לאוקטט- Be, B, Al

במטען אי-זוגי אין השלמה לאוקטט ('רדיקלים חופשיים')
רזוננס - מס' מבני לואיס אפשריים לאותה מולקולה.
משתנה רק מיקום האלקטרונים.

bond pair - זוג אלקטרונים המשותף לשני האטומים.

בקשר קובלנטי כפול יש שני bond pairs, במשולש יש שלושה.

lone pair - זוג אלקטרונים שאינו משותף בקשר.

זוג גלמוד דוחף חזק יותר מ-bond pair ולכן יש זווית יותר גדולה.

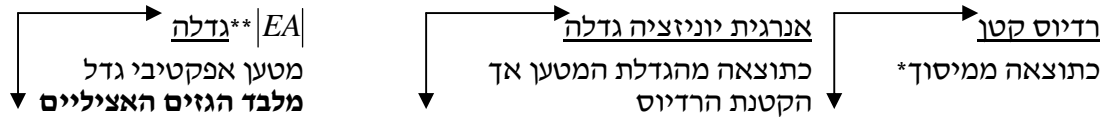
גודל זווית - זוג גלמוד < bond pair

אנרגיית קשר - קשר משולש < זוג גלמוד < קשר כפול < קשר בודד
אורך קשר - קשר יחיד < קשר כפול < קשר משולש

הטבלה המחזורית של מנדלייב -

טור 1 - מתכות אלקליות
טור 2 - מתכות אלקליות עפרוריות
טור 3-12 - מתכות מעבר
טור 13-17 - מעל הקו המקווקו- אל מתכות (נטייה לקבל אלקטרון)
מתחת לקו המקווקו- מתכות (נטייה למסור אלקטרון)

טור 17 - הלוגניים
טור 18 - גזים אציליים.



רדיוס גדל עקב אכלוס קליפת ערכיות גבוהה יותר	אנרגיית יוניזציה קטנה עקב עלייה ברמת האנרגיה והתרחקות ממישכת הגרעין (הגדלת המיסוך).	EA קטנה לכידת אלקטרון חיצונית.
---	---	--

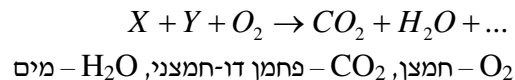
אם מספר אלקטרונים זהה מה שקובע הוא Z , ככל שיותר גדול כך הרדיוס ואנרגיית יוני קטנים.
***מיסוך** - מטען הגרעין האפקטיבי (Z_{eff}) שמרגיש אלקטרון (שקלול המטענים השליליים של האלקטרונים לעומת המטען החיובי של הגרעין). ירידה בטור = הקטנת השפעת המיסוך כי נוספות קליפות. במעבר שורה, ההשפעה מצומצמת.
רדיוסים של יונים - רדיוס יון חיובי (**קטיון**) > רדיוס אטום ניטרלי > רדיוס יון שלילי (**אניון**).

אנרגיית יוניזציה - $M \rightarrow M^+ + e^-$. עבור אטום מסוים: $I_1 < I_2 < I_3 \dots$
האנרגיה שיש להשקיע כדי להוציא אלקטרון בודד (מקליפת הערכיות) מאטום.
האנרגיה הכי גדולה הדרושה להוצאת אלקטרון היא בגזים האציליים.

EA אפיניות אלקטרונית (זיקה)** - $M + e^- \rightarrow M^-$.
האנרגיה שמשתחררת (**ערכה המוחלט** של אנרגיית הקשר + האנרגיה הקינטית של האלקטרון לפני לכידתו) כתוצאה מלכידת אלקטרון חופשי ע"י אטום ניטרלי והפיכתו לאניון.
תכונות מגנטיות

דיאמגנטי - כל הספינים מזווגים (**אין** משיכה למגנט)
פאראמגנטי - יש ספינים לא מזווגים (**נמשך** למגנט, ככל שיש יותר לא מזווגים, המשיכה יותר חזקה). (**אם יש מספר אי-זוגי של אלקטרונים הוא בטוח פאראמגנטי**).

תגובת שריפה -



מטען פורמלי (מ"פ) -

[אלקטרונים קושרים] + 0.5 [אלקטרונים לא-קושרים] - סה"כ אלקטרוני ערכיות = מ"פ

אחוז הקשר היוני -

$$\% \text{Kesher} = \frac{Dipol(D) \cdot 100}{4.8(D/\text{Å}) \cdot d(\text{Å})} = \frac{Dipol(D) \cdot 100}{4.8 \cdot 10^{-10} \text{esu} \cdot d(\text{Å})}$$

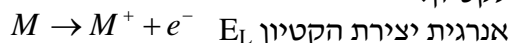
$$\% \text{Ofi} = \frac{\delta}{e} \cdot 100$$

הקשר הכימי –

הקשר נוצר ע"י התפרשות מחדש של חלק מאלקטרוני הערכיות, כך שנוצר מאזן כוחות חשמליים שמחזיק את האטומים ביחד. אנרגיית הקשר = הפרש האנרגיה של האטומים קשורים כמולקולה לבין האנרגיה שלהם בנפרד.

אנרגיה של אטומים קשורים כמולקולה > אנרגיה של האטומים הנפרדים. כלל האוקטט – כל אטום שואף להגיע לקונפיגורציה של גז אציל בו בקליפת הערכיות יש 8 אלקטרונים.

1. קשר יוני – יש העברת אלקטרונים מיסוד בעל אנרגיית יון נמוכה (טורים 1,2) ליסוד בעל אפיניות אלקטרונית גבוהה (טורים 15-17) או בין אניון לקטיון.



2. קשר קובלנטי – חלק מאלקטרוני הערכיות מתפרשים בצורה אחידה ע"פ כל המולקולה.

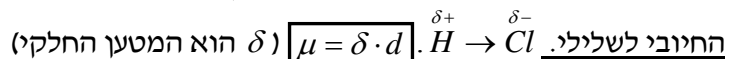
#קשר פולרי – שיתוף זוג אלקטרונים כאשר צפיפות הענן נוטה לכיוון היסוד

השלילי יותר. לדוגמא: $H-\overset{\delta+}{Cl}-\overset{\delta-}{Cl}$, יש נטייה יותר חזקה לתת אלקטרון לך הענן נמשך יותר אליו

#קשר לא פולרי (קובלנטי טהור) – בד"כ במצב של שני יסודות זהים, הענן ממוקם בצורה אחידה.

#קשר קואורדינטיבי – כאשר אחד האטומים לא תורם כלל אלקטרונים לקשר

כאשר יש הפרדה של המטענים נוצר למולקולה מומנט דיפול חשמלי מהמטען

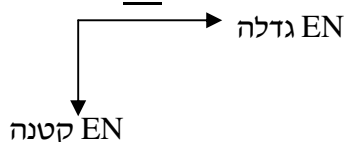


אלקטרושליליות – (F הוא היסוד הכי אלקטרושלילי בכל הטבלה!) מדד המבטא נטיית כל אטום (כשהוא חלק ממולקולה) למשוך אליו

אלקטרונים (קשור ל-EA ו-I)

הערכים נעים מ-0 עד 4, ככל שהערך נמוך יותר הוא יותר נוטה למסור. אופי הקשר הכימי: $0 < \Delta EN < 0.3$ קובלנטי, $0.3 < \Delta EN < 1.9$ קובלנטי פולרי,

$1.9 < \Delta EN < 4$ יוני.



VSEPR – Valence Shell Electron Pair Repulsion

מס' קב' אלק'	גיאומ' של קבוצות אלק'	Lone Pairs	סימן VSEPR	גיאומטריה של המולקולה	היברידיזציה	זווית קשר	דוגמא
2	לינארית	0	AX ₂	לינארית 	180	180	BeCl ₂
3	משולש מישורי	0	AX ₃	משולש מישורי 	120	120	BF ₃
		1	AX ₂ E	זוויתית 	120 < θ	120	SO ₂
4	טטרהדר	0	AX ₄	טטרהדר 	109.5	109.5	CH ₄
		1	AX ₃ E	פירמידה משולשת 	107	109.5	NH ₃
		2	AX ₂ E ₂	זוויתית 	104.5	109.5	OH ₂

גז אידיאלי (בלחץ נמוך וטמפ' גבוהה) –

גז אידיאלי כאשר ניתן להזניח את נפח החלקיקים ואין אינטראקציות ביניהם.

$$PV = nRT = \frac{m}{mW} RT$$

משוואת המצב של גז אידיאלי

עקרון אבוגדרו – אם לחץ וטמפ' שווים, נפחים שווים של גז מכילים אותו מס' מולקולות.

$$PM = \rho RT$$

$$\left(\rho = \frac{m}{V}\right)(n = \text{moles})$$

חוק הלחצים של דלתון – לחץ כ"א מהגזים שבכלי, כאילו הוא מלא לבד את כל נפח הכלי. הלחץ הכללי הוא סכום הלחצים החלקיים של הגזים השונים בכלי.

$$P_i V = N_i RT$$

$$X_i = \frac{N_i}{N_{tot}}$$

$$P_{tot} = P_1 + P_2 + \dots + P_i$$

$$N_{tot} = N_1 + N_2 + \dots + N_i$$

$$P_i = X_i P_{tot}$$

$$P_{tot} V = N_{tot} RT$$

גז לא אידיאלי/ראלי (ואן דר-ולס) –

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

a – משיכה בין החלקיקים

b – נפח עצמי של חלקיק

nb – הנפח האסור. הנפח התפוס ע"י n מולים של גז.

טמפרטורה – מייצגת E_k ממוצעת של החלקיקים

$$(1) \bar{E}_k = \frac{1}{2} M_w (V_{RMS})^2 = \frac{3}{2} RT$$

(1) E_k של מול אחד של גזים:

$$(2) \bar{E}_k = \frac{1}{2} m (V_{RMS})^2 = \frac{3}{2} K_B T$$

(2) E_k של מולקולה אחת:

Mw ביח' של Kg/mole

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{3RT}{M_{mole}}} = \sqrt{\frac{3K_B T}{m_{molecule}}}$$

תנאי STP – $T=1^\circ C, P=1atm$

נפח של 1 מול יהיה **22.4 לי'**.

הרכב האוויר – 80% חנקן, 20%

חמצן – O_2N_2

***דיפוזיה** – שטף מולקי

מלחץ (ריכוז) גבוה ללחץ (ריכוז) נמוך

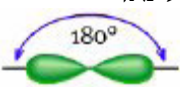
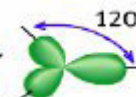
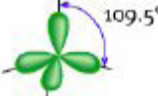
****אפוזיה** – מעבר של גז דרך חריר קטן.

היברידיזציה –

היברידיזציה – הכלאה בין אורביטלים מקוריים ליצירת אורביטלים מוכלאים. אלקטרוני הערכיות מאכלסים מחדש את האורביטלים

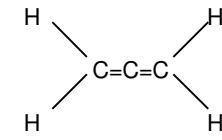
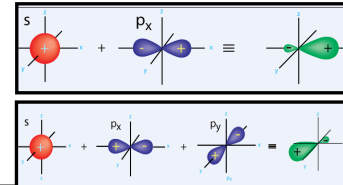
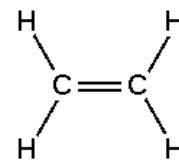
קשר בודד – חפיפה בין אורביטלי 1S.

קשר כפול – σ הכלאת אורביטלים סביב האטום המרכזי. π - חפיפת האורביטלים שלא עברו הכלא.

אורביטלים רגילים	היברידיזציה	אורביטלים אחרי היב'	קישור	צורת אורביטל
s, p	sp	$2\sigma + 2\pi$	קשר בודד/זוג גלמוד וקשר משולש אן שני קשרים כפולים	לינארי 
s, p, p	sp^2	$3\sigma + \pi$	2 קשרים בודד/זוגות גלמודים וקשר כפול אחד	משולש מישורי 
s, p, p, p	sp^3	4σ	4 קשרים בודדים/זוגות גלמוד	טטרהדר 
קשר בודד = סיגמא σ , קשר כפול = פאי + סיגמא $\sigma + \pi$, קשר משולש = פאי + סיגמא $\sigma + 2\pi$				

קבוצות אטומים HCH במישורים מקבילים

קבוצות אטומים HCH במישורים מאונכים



נידוף/איודי –

מולי בפאזה נוזלית משנות מצבי צבירה. התנתקות המולי משטח הנוזל והפיכתן לגז = **נידוף/איודי**.

מתנדפות ראשונות המולי עם האנרגיה הקינטית הגבוהה ביותר $\leftarrow E_k$ הממוצעת יורדת והנוזל מתקרר. רתיחה קיימת רק בכלי פתוח ללחץ חיצוני. חימום נוזל בכלי סגור יעלה את לחץ האדים עד להשגת ש"מ דינמי בין הנוזל והאדים.

משוואת קלאוזיוס-קלפיירון –

חום/אנטלפית האיוד ΔH_{vap}

המראה (מוצק \leftarrow גז) ΔS

קבוע לנוזל C

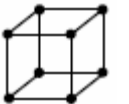
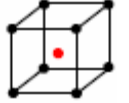
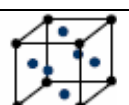
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{Mw_2}{Mw_1}}$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\ln P = -\left(\frac{\Delta H_{vap}}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) + C$$

$$\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{\Delta H_{vap}}{R}\right)\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

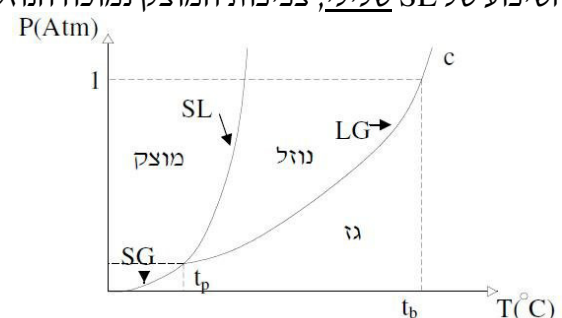
תאי יחידה –

צורה	% חללים	נפח החלל	נפח תפוס	אורך אלכסון	רדיוס	מס' מט' אט'	שם	
	47.6%	$V = a^3(1 - \frac{\pi}{6})$	$V = \frac{\pi a^3}{6}$	$a\sqrt{3}$	$r = \frac{a}{2}$	1	פשוט	SC
	31.98%	$V = a^3 - \frac{\pi\sqrt{3}}{8} \cdot a^3$	$V = \frac{8}{3}\pi r^3$	$a\sqrt{3}$	$r = \frac{\sqrt{3}}{4}a$	2	ממורכו גוף	BCC
	25.95%	$V = 16r^3(\sqrt{2} - \frac{\pi}{3})$	$V = \frac{16}{3}\pi r^3$	$a\sqrt{2}$	$r = \frac{a}{\sqrt{8}}$	4	ממורכו פאה	FCC

$$n = \frac{\text{cellWeight}}{A_w} = \frac{\text{cellWeight}}{M_w} = \frac{\text{atomNum}}{N_A}$$

דיאגרמת פאזות –

נק' רתיחה – לחץ האדים מעל הנוזל שווה ללחץ החיצוני
 נק' רתיחה נורמלית – נק' רתיחה בלחץ 1atm
 נק' היתוך נורמלית – נק' מעבר ממוצק לנוזל בלחץ של 1atm
 c – נק' קריטית מעליה לא ניתן לעבור לנוזל.
 t_b – נק' רתיחה נורמלית.
 אם השיפוע של SL שלילי, צפיפות המוצק נמוכה הנוזל.



ש"מ כימי (תגובה כימית הפיכה) –

$$aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)}$$

מציאת הכיוון הדומיננטי של התגובה –
 $Q_c(t) = K_c$ – קצב שווה
 $Q_c(t) < K_c$ – לכיוון ימין (1)
 $Q_c(t) > K_c$ – לכיוון שמאל (2)
עקרון לה-שטליה –
 מערכת בש"מ שמופעלת עליה הפרעה תשאף להקטין את ההפרעה ולחזור לש"מ. **השפעות:**
לחץ – הגדלתו תגרום להסטת התגובה לכיוון בו מס' המולים קטן יותר. **K קבוע.**
טמפ' – העלאתה הריאקציה תלך לכיוון אנדותרמי. **K משתנה.**
גורמים כימיים – הקטנת ריכוז תגרום לפעולה להעלאת ריכוזו. **K קבוע.**

ש"מ דינמי:
 $R_1 = R_2$
 $R_1 = K_1[A][B]$ – קצב התגובה בכיוון 1
 $R_2 = K_2[C][D]$ – קצב התגובה בכיוון 2
 $[X]$ – ריכוז מולרי, כמות החומר ליח' נפח (ביח' mol/liter).
 $[P_x]$ – לחץ חלקי
 K – קבוע קצב התגובה (קבוע בטמפ' מסוימת)
 $[X] = \frac{n}{V}$
ש"מ לפי ריכוזים מולריים – ש"מ לפי לחצים חלקיים –

אחוז הפירוק:
 $\frac{[\Delta X]}{[X]} \cdot 100$

תגובה אנדותרמית – קולטת חום
תגובה אקסותרמית – פולטת חום

$\Delta n = (c + d) - (a + b)$

	אקסוי	אנדוי	K
חימום	X		קטן – למגיבים
קירור		X	גדל – לתוצרים
חימום		X	גדל – לתוצרים
קירור	X		קטן – למגיבים

בחישוב קבוע ש"מ בתגובות גז+מוצק/נוזל, נחשב את ריכוזו כ-1!

מלחים קשי תמס –

תמיסה מימית של מים וחומר נוסף (בכל מצב צבירה).
 מלחים בעלי מסיסות מוגבלת במים, יוצרים מערכת ש"מ בין המוצק ליונים בתמיסה $MX_{(s)} \leftrightarrow M^+_{(aq)} + X^-_{(aq)}$
מולר – מספר מולים של מומס בליטר תמיסה $[M] = \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$
מסיסות – כמות החומר שאפשר להמיס בתמיסה נתונה.
אפקט היון המשותף – אם מוסיפים לתמיסה רוויה של מלח קשה תמס מלח נוסף המכיל יון משותף, מסיסות המלח המקורי יורדת (לפי עקרון לה-שטליה).
מכפלת המסיסות –
 $K_{SP} = [M^+][X^-]$ (לא ניתן להמס יותר)
 בתמיסה בלתי רוויה – $K_{SP} > [M^+][X^-]$
 לא ייתכן מצב של – $K_{SP} < [M^+][X^-]$
אלקטרוליט – מומס שבתמיסה מימית מתפרק ליונים (חומצות, בסיסים, מלחים).
לא-אלקטרוליט – מומס בתמיסה מימית נשאר בצורתו ולא מתפרק (סוכר).

TABLE 17.1 Relative Strengths of Some Common Bronsted-Lowry Acid and Bases

Acid	Conjugate Base
Perchloric acid	Perchlorate ion
Hydroiodic acid	Iodide ion
Hydrobromic acid	Bromide ion
Hydrochloric acid	Chloride ion
Sulfuric acid	Hydrogen sulfate ion
Nitric acid	Nitrate ion
Hydronium ion ^a	Water ^a
Hydrogen sulfate ion	Sulfate ion
Nitrous acid	Nitrite ion
Acetic acid	Acetate ion
Carbonic acid	Hydrogen carbonate ion
Ammonium ion	Ammonia
Hydrogen carbonate ion	Carbonate ion
Water	Hydroxide ion
Methanol	Methoxide ion
Ammonia	Amide ion

^aThe hydronium ion-water combination refers to the ease with which a proton is passed from one water molecule to another, that is, $H_3O^+ + H_2O \rightleftharpoons H_2O + H_3O^+$

TABLE 17.4 Ionization Constants of Some Polyprotic Acids

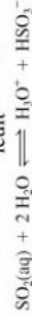
Acid	Ionization Equilibria	Ionization Constants, K	pK
Hydrosulfuric ^a	$H_2S + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HS^-$	$K_{a1} = 1.0 \times 10^{-7}$	$pK_{a1} = 7.00$
	$HS^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + S^{2-}$	$K_{a2} = 1 \times 10^{-19}$	$pK_{a2} = 19.0$
Carbonic ^b	$H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HCO_3^-$	$K_{a1} = 4.4 \times 10^{-7}$	$pK_{a1} = 6.36$
	$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-}$	$K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$	$pK_{a2} = 10.33$
Phosphoric	$H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + H_2PO_4^-$	$K_{a1} = 7.1 \times 10^{-3}$	$pK_{a1} = 2.15$
	$H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HPO_4^{2-}$	$K_{a2} = 6.3 \times 10^{-8}$	$pK_{a2} = 7.20$
	$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + PO_4^{3-}$	$K_{a3} = 4.2 \times 10^{-13}$	$pK_{a3} = 12.38$
Sulfurous ^c	$H_2SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HSO_3^-$	$K_{a1} = 1.3 \times 10^{-2}$	$pK_{a1} = 1.89$
	$HSO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + SO_3^{2-}$	$K_{a2} = 6.2 \times 10^{-8}$	$pK_{a2} = 7.21$
Sulfuric ^d	$H_2SO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HSO_4^-$	$K_{a1} = \text{very large}$	$pK_{a1} < 0$
	$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + SO_4^{2-}$	$K_{a2} = 1.1 \times 10^{-2}$	$pK_{a2} = 1.96$

^aThe value for K_{a1} of H_2S most commonly found in older literature is about 1×10^{-4} , but current evidence suggests that the value is considerably smaller.

^b H_2CO_3 cannot be isolated. It is in equilibrium with H_2O and dissolved CO_2 . The value given for K_{a1} is actually for the reaction



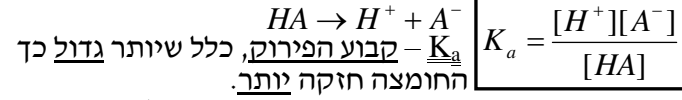
Generally, aqueous solutions of CO_2 are treated as if the $CO_2(aq)$ were first converted to H_2CO_3 , followed by ionization of the H_2CO_3 . H_2SO_3 is a hypothetical, nonisolable species. The value listed for K_{a1} is actually for the reaction



^d H_2SO_4 is completely ionized in the first step.

חומצות (תורם פרוטונים) -

חומצה - אלקטרולית שבתמיסה מספק יוני H^+ (פרוטון).
****חומצות חזקות (כל המומס מתפרק) - HCl, HNO₃.**



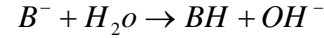
תגובת חומצה בסיס - מעבר פרוטון מחומצה לבסיס, תגובה כזאת ליצירת מלח ומים תקרא **תגובת סתירה**.
 מעבר מקבוע הפירוק של חומצה לקבוע הפירוק של הבסיס הצמוד -

$$K_a \cdot K_b = K_w = 10^{-14} \quad \text{כלל שהחומצה חזקה כך הבסיס הצמוד חלש.}$$

כלל ש- $pK_a + pK_b = 14$
 $pK_a = -\log(K_a)$
חומצה פוליפרופטית - מכילה יותר מפרוטון אחד. מתפרקת בשלבים כאשר לכל שלב מוגדר קבוע פירוק משלו. בד"כ $K_{a1} < K_{a2} < K_{a3}$.
חומצות מוכרות נוספות - HBr, HI, HClO₄, H₂SO₄

בסיסים (מקבל פרוטונים) -

בסיס - אלקטרולית שבתמיסה מספק יוני OH^- (הידרוקסיד).
****בסיס חזק (משחרר יונים באופן מלא) - NaOH.**



$$K_b = \frac{[BH][OH^-]}{[B^-]}$$

קבוע הקישור ככל שיותר גדול כך הבסיס יותר חזק.

יוניצייה עצמית של מים - חומר אמפוטרי, מתנהג כחומצה וכבסיס ולכן מתפרק ליונים.

$$H_2O \leftrightarrow H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$K_w(\text{roomTemp}) = 10^{-14}$$

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$pH + pOH = 14$$

PH=7 - נייטרלי
 PH<7 - חומצי
 PH>7 - בסיסי
בסיסים מוכרים - CsOH, RbOH, KOH, LiOH, MG(OH)₂, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂

TABLE 17.3 Ionization Constants of Some Weak Acids and Weak Bases in Water at 25 °C

זרחתי	פחמתי	גפרתי	גפרי	אצטטי	חנקיני	הדרובסעידי	יודי	ברומי	כלורי	יונים שליליים	יונים חיוביים
PO ₄ ³⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	S ²⁻	C ₂ H ₃ O ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	OH ⁻	I ⁻	Br ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	נתרן
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	K ⁺	אשלגן
i	i	SS	i	SS	S	n	i	i	i	Ag ⁺	כסף
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	NH ₄ ⁺	אמון
i	i	SS	i	SS	S	n	i	i	i	Hg ₂ ²⁺	I כספית
i	i	d	i	S	S	i	i	SS	S	Hg ²⁺	II כספית
i	i	i	d	S	S	S	S	S	S	Ba ²⁺	בריום
i	i	SS	d	S	S	SS	S	S	S	Ca ²⁺	סידן
i	i	S	i	S	S	i	d	S	S	Cu ²⁺	נחושת
i	i	S	d	S	S	i	S	S	S	Mg ²⁺	מגנזיום
i	i	i	i	S	S	i	SS	SS	SS	Pb ²⁺	עופרת
i	i	S	i	S	S	i	S	S	S	Zn ²⁺	אבץ
i	i	S	i	S	S	i	S	S	S	Fe ²⁺	II ברזל
i	n	SS	d	S	S	i	S	S	S	Fe ³⁺	III ברזל
i	n	S	d	S	S	i	S	S	S	Al ³⁺	אלומיניום

- i - מסיסות זניחה (קטנה מ- 10⁻³M) "חומר בלתי-מסיס"
- SS - מסיסות נמוכה (בין 10⁻³M ל- 10⁻¹M) "חומר קשה-תמס"
- S - מסיסות גבוהה (מעל 10⁻¹M) "חומר קל-תמס"
- d - מתפרק (החומר מגיב עם מים)
- n - החומר לא בודד

Ionization Equilibrium	Ionization Constant K	pK	
Acid	$K_a =$	$pK_a =$	
Iodic acid	$HIO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + IO_3^-$	1.6×10^{-1}	0.80
Chlorous acid	$HClO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + ClO_2^-$	1.1×10^{-2}	1.96
Chloroacetic acid	$HC_2H_2ClO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_2H_2ClO_2^-$	1.4×10^{-3}	2.85
Nitrous acid	$HNO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_2^-$	7.2×10^{-4}	3.14
Hydrofluoric acid	$HF + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + F^-$	6.6×10^{-4}	3.18
Formic acid	$HCHO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CHO_2^-$	1.8×10^{-4}	3.74
Benzoic acid	$HC_7H_5O_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_7H_5O_2^-$	6.3×10^{-5}	4.20
Hydrazoic acid	$HN_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + N_3^-$	1.9×10^{-5}	4.72
Acetic acid	$HC_2H_3O_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_2H_3O_2^-$	1.8×10^{-5}	4.74
Hypochlorous acid	$HOCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OCl^-$	2.9×10^{-8}	7.54
Hydrocyanic acid	$HCN + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CN^-$	6.2×10^{-10}	9.21
Phenol	$HOC_6H_5 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_6H_5O^-$	1.0×10^{-10}	10.00
Hydrogen peroxide	$H_2O_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO_2^-$	1.8×10^{-12}	11.74
Base	$K_b =$	$pK_b =$	
Diethylamine	$(C_2H_5)_2NH + H_2O \rightleftharpoons (C_2H_5)_2NH_2^+ + OH^-$	6.9×10^{-4}	3.16
Ethylamine	$C_2H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+ + OH^-$	4.3×10^{-4}	3.37
Ammonia	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$	1.8×10^{-5}	4.74
Hydroxylamine	$HONH_2 + H_2O \rightleftharpoons HONH_3^+ + OH^-$	9.1×10^{-9}	8.04
Pyridine	$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$	1.5×10^{-9}	8.82
Aniline	$C_6H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+ + OH^-$	7.4×10^{-10}	9.13

