

פסקים בפזיקה קלאסית - סיכום

I מוקדם בשבוע האוקטובר

- הפקדה: צבא אסכ מוכנג המלקיקים נקופים מן הכוחים שאינם מסכי אנטלוקציה.

1) $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$: קבוע בולצמן

2) $N_A = 6.022 \times 10^{23} \frac{molecules}{mol}$: מספר אבוגדרו

3) $R = N_A k_B = 8.31$

4) $M \equiv$ מסת האטום, מסת המולקולות $= [amu] = [\frac{g}{mol}]$

5) $N_A =$ מספר המלקיקים בליטר

6) $n \equiv$ מספר המולקולות במספר מולים

$$\Rightarrow \boxed{M_{mole} = \frac{M}{N_A}}$$

$$\boxed{M_{total} = M \cdot n}$$

7) $1 \text{ liter} = (10 \text{ cm})^3$: המרת נפח

$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$: המרת לחץ

$(x)^\circ C = (x + 273.15) K = (\frac{9}{5}x + 32)^\circ F$: המרת מעלות

$$\boxed{PV = nRT}$$

- משוואת המצב של הגז האידיאלי:

הנחות המוקדם:

1) מיליון גופים V עם מס' גדול N של מלקיקים כהם עם אנטלוקציה מסה m .

2) המלקיקים מוגדרות כמו מלקיק-בולצמן (בולצמן קרן איתם למחוק ג'ולין) וכן ג'ולין

משתפת ומקיימת את חוקי ניוטון.

3) כל מלקולולה מתגבשת. מפי פאס בקיכות המיליון המגבשות אלסטיות לחלוטין.

4) קיימת המיליון קטנים לחלוטין, מסתים וכל צבים.

1) $\boxed{\bar{E}_k = \frac{m \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} k_B T}$: אנרגיה קינטית ממוצעת של גז

מוליכות המוקדם:

2) $\alpha \equiv \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$: מקדם צמיחות

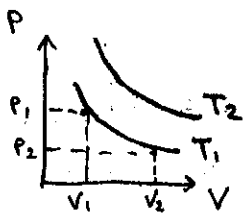
$$\alpha_{ideal-gas} = -\frac{1}{P}$$

3) $\beta \equiv \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$: מקדם התרחבות חמה

$$\alpha_{ideal-gas} = \frac{1}{T}$$

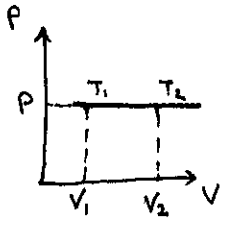
4) $\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = -\frac{\alpha}{\beta}$: משוואת מצב

מיליון
מולקולות
1



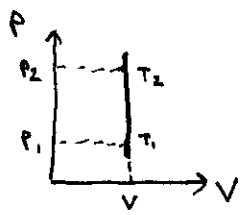
תהליכים איזותרמיים
 (1) תהליך איזותרמי: הטמפרטורה נשארת קבועה.

$T_1 < T_2$
 $PV = nRT = \text{const}$



$\frac{V}{T} = \frac{nR}{P} = \text{const}$

(2) תהליך איזוברי: ערך קבוע.



$\frac{P}{T} = \frac{nR}{V} = \text{const}$

(3) תהליך איזוכורי: זכור קבוע.

תצורות של גזים אידיאליים

כל גז אידיאלי הוא מורכב מפרמיקולות, וכל פרמיקול הוא מורכב מפרמיקולות של גזים - אין משמעות לבקש מהם שיהיו.

$P_i = \frac{N_i}{V} k_B T$ $\{ N_i = \frac{n_i}{N_A} \}$ החלק שמתחבר ל partial pressure

$P = \sum_i P_i$ החלק הכולל

ענף במאטרי

ענף האטמוספירה משתנה בהתאם לרמתו של הגז בלתי-אדיאטי. זה נובע על פי גאומטריה.

משוואת מאדג, ה"ו משקלית. עדיף לזכור את זה משהו מ:

$P(y) = P_0 e^{-\frac{mgy}{k_B T}}$

עדיף T, g של המסה עם הנוחה y (מקנה ב"מ):

$P(y) = P_0 e^{-\left[\frac{gM_0}{RT} \left(1 - \frac{R_e}{R_e + y} \right) \right]}$

עדיף T קבוע ו- g = f(y) (מקנה ב"מ) (ומה):

$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = - \int_0^y \frac{Mg}{RT} dy$

עדיף מקום, בלתי-אדיאטי, לזכור את זה מהמס' הבסיסי:

II התפלגות Maxwell - Boltzman

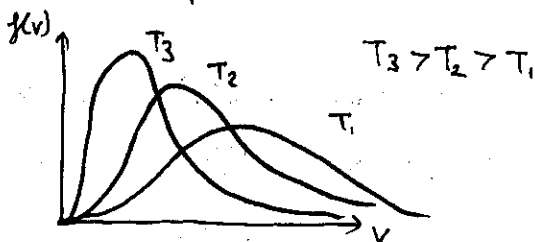
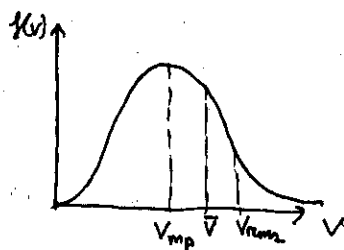
התפלגות מקסוול-בולצמן בוחנת לבוא את התפלגות שרשרתית מסוים בגז אידיאלי תהיה מהירות ממוצעת. מתוך התפלגות זו נוכל למצוא את המהירות הריבועית הממוצעת, את המהירות הממוצעת שלקראת, ואת (root mean square) v_{rms} .

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}$$

$$\bar{v} = \int_0^\infty v f(v) dv = \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m}}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\int_0^\infty v^2 f(v) dv} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$$

$$v_{mp} = \left[\frac{df(v)}{dv} = 0 \right] = \sqrt{\frac{2k_B T}{m}}$$



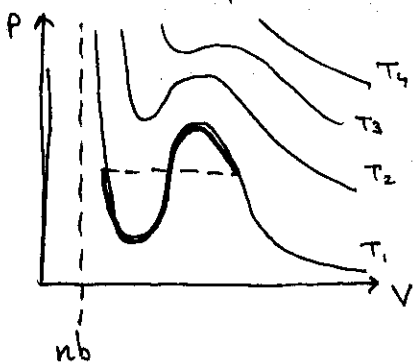
III Van der Waals

גז ואן דר וואלס מנסה למוקד חשב האידיאלי שני תיקונים: ציבור המצדק שהמולקולות הן בקופיות ולכן גם מצדקן החוסם ביותר באחסות במחסום, וציבור המצדק שהגז יש אינטראקציות בין המולקולות (התדבשות, כוחות משיכה).
החלק האקטיבי של גז ואן דר וואלס יהיה קטן יותר מהחלק של גז אידיאלי באותו מצב.

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

$$b \equiv \text{נפח המולקולות} = \left[\frac{m^3}{mol}\right]$$

$$a \equiv \text{חופק אינטראקציה} = \left[\frac{J \cdot m^3}{mol^2}\right]$$

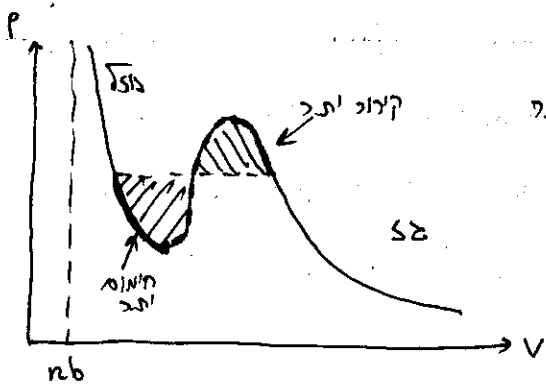


-מצב בטאה

השוואה ואן דר וואלס בוחנת את דילמות PV האות, כאשר $T_4 > T_3 > T_2 > T_1$, כולו שבאמצע מספק בנקודות השוואה שואפת לבוא של גז אידיאלי (איזותרמת T_4).

החלק האדום הוא החלק שמאכל מצדק באזה חשב לבנוצל. פירוט במדויק הבא:

אור
שטוח
e



- החלק האדום המקורן מסמן את תהליך מעגל הפאזה.
 תהליך זה אינו יציב ואי-אפשר לתאר את תבנית הזווית
 בצבת משוואה ואין קצוץ ולס.

- החלקים הסגורים בקטאים מצביי יתב.
 ניתן עיגול את נקודת העמד הקטאי וכו' להחזיר
 שמוי פאזה (אם הימד והפז טחכים והתהליך

מאק טאז אולטי). במקרה כזה נקבל פז, או בופל, גלחצים מאז כבוהים יחסית לעצמם הבוכסאלי.
 לעצב יתב כזה קטאים מצב אקסלטיבי.

- כפי לעצמו את הנקודות בהן יתחיל מעגל פאזה צביק להשוות את השלטים המקווקוים (אלאכלים).
 - גאמפ' מספיק גבוהה, טאמפ' הקבילית, הפז יעגוכ לבופל וללא תהליך ביציים. גאמב כזה אין ספק אין
 נקודות היצימות והקטאים של הפז. גשווה אונתן ומצוא:

$$T_c = \frac{8}{27} \frac{a}{Rb}$$

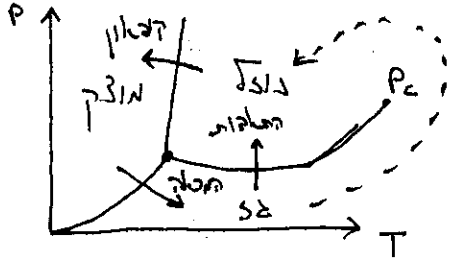
$$V_c = 3b$$

$$P_c = \frac{1}{27} \frac{a}{b^2}$$

- שים לב שנק הנפח הקטאי תלוי בגמות הפז:
 לכן, עימפ' ולעמד קטאים בפלים אינאנסביים ולפיה: אקסלטיבי.

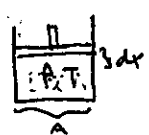
עמד מעגל פאזה

גבל טמפ' יש לעמד כוויה מסוים בו יתחיל מעגל הפאזה. הפנפ $P(T)$ צמיח גנקוזה הקטילית P_c ,



אמכיה אי-אפשר להגבד בין מצבי החומה.
 ניתן לעצז גיסוי (---) בק סנקופ את קו הפבול
 ומצוכ בין שמי המצבים גלי לטאות מעגל פאזה.
 נקודת החגוכ בין הפבולות נקטות
 הנקודה המשועשת, או triple point.

IV עבודה, חום, אנרגיה כנימית



$$dW = F dx = P \cdot A \cdot dx = P dV$$

העבודה W שבוצעה על ידי הגז, מוגדרת כ:

$$W = \int_{V_{initial}}^{V_{final}} P dV$$

סדר הגודל של העבודה הוא גודל המרחק בין הנקודות הסופיות.

יש חשיבות להחליט על כיוון של P_1 ו- P_2 . ויש משמעות לכיוון העבודה - הביוון משפיע על הסימן של W.

W > 0 : העבודה שבוצעה על ידי הגז.
 W < 0 : העבודה שבוצעה על ידי הסביבה.

II אנרגיה כנימית

U מוגדרת כסכום האנרגיות הקינטיות והפוטנציאליות (אינטראקציות) של המערכת.

העבודה של כוחות חיצוניים או של כוחות אחרים על המערכת היא ΔU בהתאם לכיוון העבודה.

(3) חום

ניתן להעביר חום למערכת או להוציא חום מהמערכת. אנרגיה זו נקראת חום: Q.

$$\Delta U = Q - W$$

* החוק הראשון של התרמודינמיקה:

$$dU = dQ - dW = dQ - P dV$$

Q > 0 : חום נכנס למערכת.

Q < 0 : חום יוצא מהמערכת.

שים לב: Q, W תלויים בתהליך, אך ΔU אינו תלוי בתהליך.

תהליכים

V = const \Rightarrow dV = 0 \Rightarrow W = 0 \Rightarrow $\Delta U = Q$

(1) תהליך איזוכורי:

P = const \Rightarrow $W = P(V_{final} - V_{initial})$

(2) תהליך איזוברי:

T = const \Rightarrow $W = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = nRT \ln\left(\frac{P_i}{P_f}\right)$

(3) תהליך איזותרמי:

Q = 0 \Rightarrow $\Delta U = -W$

(4) תהליך אדיאבטי:

$\Delta U = 0 \Rightarrow$ $Q = W$

(5) תהליך משימלי:

$Q = W = 0$

ובמערכת המבודדת לחלוטין:

אור
באור
©

$$Q = mc \Delta T$$

$$c = \frac{1}{m} \left(\frac{dq}{dT} \right) \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

$$C = \frac{1}{n} \left(\frac{dq}{dT} \right) = Mc \left[\frac{J}{mol \cdot K} \right]$$

קבוע חום סגולי:

קבוע חום סגולי מולרי:

גם קבוע החום סגולי בתהליך:

$$C_V = \frac{1}{n} \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_V$$

$$C_P = \frac{1}{n} \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_P$$

קבוע חום סגולי גזים קבוע:

קבוע חום סגולי גזים קבוע:

היחס $C_P > C_V$, כי בגז קבוע קבוע החום צריך לעבוד גם עבודה המוסקת.

$$C_P = C_V + R$$

(גזים קבועים אלו אטומים). גם אטומים מתק"ם:

$$\gamma \equiv \frac{C_P}{C_V} = 1.66... \\ = 1.4$$

גז מולרי: $\gamma = 1.66$
גז אטומי: $\gamma = 1.4$

גזים צפוף: $\gamma = 1.4$

גזים אטומים מולריים נמצאים שיש צרכים שונים C_V, C_P גזים אטומים:

מולרי: $C_{V_I} = \frac{3}{2} R = 12.47 \frac{J}{mol \cdot K}$

מולרי: $C_{V_{II}} = \frac{5}{2} R = 20.79 \frac{J}{mol \cdot K}$

מולרי: $C_{V_{III}} = 3R = 24.9 \frac{J}{mol \cdot K}$

השונות בגזים מהמולריים הם
כמות חום המועברת המולריים
המולריים הם.

קבוע חום בתהליך אדיאטי

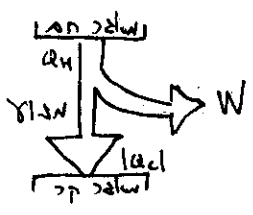
$$PV^\gamma = const$$

גז אטומי מתק"ם:

$$W = n C_V (T_i - T_f) = \frac{C_V}{R} (P_i V_i - P_f V_f) = \\ = \frac{1}{\gamma - 1} (P_i V_i - P_f V_f)$$

מתק קטן זה ניתן לחשב את הגזים:

NTLX חום VI



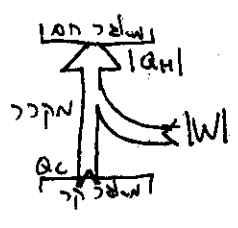
מכשיר הממיר חום למעשה עובד כמכשיר פועל בין שתי מקורות חום.
 חום המסופק מה מקור חום גבוה קב בתהליך מחזורי, ואין שינוי באנרגיה
 (ΔU=0).

$$W = Q_H + Q_C = |Q_H| - |Q_C|$$

$$e \equiv \frac{W}{Q_H} = 1 + \frac{Q_C}{Q_H} < 1$$

יעילות מכשיר

מקרה



מנוע חום שפועל הפוך: מקבל עבודה מכשיר מחם גבוה ומספק חום
 למקור חום נמוך.

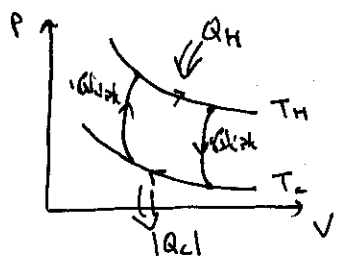
$$|Q_H| = Q_C + |W|$$

$$k \equiv \frac{|Q_C|}{W} = \frac{|Q_C|}{|Q_H| - |Q_C|} < \infty$$

מקדם יעילות מכשיר

מנוע קרנו

המנוע הקרנו הוא המנוע האידיאלי ביותר. אין תהליכים בתוך המנוע - תהליכים שיש בהם מחזור חום כפונקציה מהחום
 המסופק למנוע.



$$e_{Carnot} = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

$$k_{Carnot} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

יעילות מנוע קרנו

מקדם יעילות מנוע קרנו

אננטרופיה VII

אננטרופיה (S) היא מנמדד של סדר המערכת. גודל תהליך גורם לתקנים ΔS > 0, S גבוה
 כך במצב המערכת (במאזן אנרגיה במימית) וכן בתהליך.

אננטרופיה גבוהה נקראת הפרדה (תהליכים שאין בהם הכנס חום). בתהליכים גבוה-הפרדה
 צפוף ג'יין צפוף מ' אננטרופיה, פשוט צפוף "לפני" תהליך הפוך שימך בין שתי הקופות הקרה
 (של האננטרופיה).

$$dS = \frac{dQ}{T} \left[\frac{J}{K} \right]$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{\Delta Q}{T}$$

$$\int \frac{dQ}{T} = 0 \Rightarrow \Delta S = 0$$

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} m c \frac{dT}{T} = m c \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

צדוק תהליך אננטרופיה

גודל תהליך הפוך סימטרי

גודל יחיד קבוע החום הסגור

אזכור
 סגור
 ©

מק בסקד: זהו המושג של גודל סגור מוצק בצל אטמוספירה חלק בגודל ואם קינות האויר.

$$P = P_0 + \rho g h$$

צדד גודל גלוי פתוח, סגור - הלחץ האטמוספירי האוויר.



לחץ gauge pressure - גודל הלחץ מדגב ללחץ האטמוספירי.

לחץ מוחלט - absolute pressure - גודל הלחץ יחסית לאטמוספירה.

$$P_{gauge} = P_{abs} - P_{atm}$$

צורה גלוי - צדד

חוק ארכימדס: כוח גוף אגוד חלקו, או כולו, בתוך נוזל, הנוזל מפעיל כוח עליו שגודלו שווה לגודל הכוח המפעיל עליו.



$$B = \rho V g$$

$$B = m \omega g = \rho \omega V g$$

מתח פנים (σ, γ, ζ)

מתח פנים (surface tension) מופיע במנות מוצק מוצק או מוצק נוזל או נוזל נוזל. זהו תופעה שגודלה תלוי בצורת הממשק בין המוצק לנוזל או בין הנוזל לנוזל.



השדה הפנימי, וזמן הגודל מוסר להקטין את שטח הממשק.

הכוח גודל שטח הפנים הקטן ביותר, יחסית לפנים בקור.

$$\gamma = - \frac{dW}{dA} = - \frac{F}{L} \left[\frac{N}{m} \right] = \left[1000 \frac{dyne}{cm} \right]$$

צדד לשים לב שמתח פנים אגוד או משטחים - אם לבידוד יש יותר משטח אחד, חלק מהמשטחים.

צדד להתחשב בגשפת מתח הפנים צדד, כל אחד מהמשטחים.

הכוח לצדדים: מתח הפנים יוצר הכוח לצדדים משני צדי המשטח, דבר שגודלו אגוד המשטח.

הכוח יהיה קטן יותר מהמשטח החיצוני.

כדי לחזק את הכוח החיצוני: (1) מחשבים את dW : $dW = P dV = \Delta P A dr$

(2) מחשבים את dA (בזכר את השטח לפי r).

(3) מתוך $\gamma = - \frac{dW}{dA}$ מחשבים את ΔP .

בגודל: $\Delta P = \frac{2\gamma}{r}$

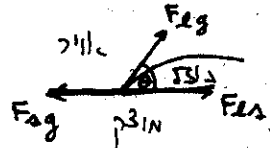
הכוח החיצוני של גודל שווה: סגור

בגודל: $\Delta P = \frac{2\gamma}{r}$

בגודל: $\Delta P = \frac{4\gamma}{r}$ {שני משטחים}

אור
בטור
8

גודל המכשך בין שלושה מצבי צבירה מתחיל הפכים בין המשלוח השונים יקנו לנכנס



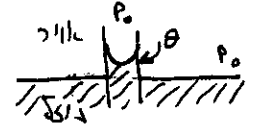
$$\cos \theta = \frac{r_{2g} - r_{1g}}{r_{3g}}$$

מנות מצד θ :

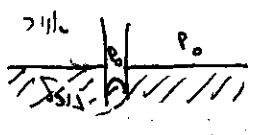
$\theta = 0^\circ$: הרכבה מלאה - איפה הנכנס תפואר לתיאמת להחליטן א המשלוח.

$\theta = 180^\circ$: אלון הרכבה - איפה הנכנס תהיה בקווי צבירה עם נק' מצד משיטאות עם המשלוח (בספיקה).

במסקיעים ציבור עק אפתוח לאוויכ בתוך נכנס, נקדע אחר משני המקרים הטולים :



הצד מלאה : $\theta < 90^\circ$: הנכנס יזלה למטה : $P_{in} < P_{out}$



הצד לא מלאה : $\theta > 90^\circ$: הנכנס יקע למטה : $P_{in} > P_{out}$

(P_{in}, P_{out}) : נשים לב שהנכנס יוצר מצדן חצי איפה עם האוויכ בצבוח.

במקום כמו גתתה כמים, גם כאן הרכב שמחת לקימור המשלוח יהיה בקוד יותר

מהלחל שמחול לקימור.



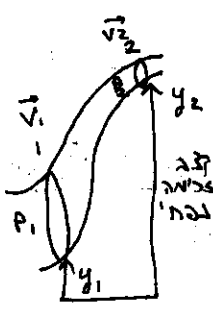
קדיום הצינור r_0
 קדיום האיפה r
 $r_0 = r \cos \theta$

מיטה זוגה הנכנס

מסקיעים א חצי האיפה שהנכנס יוצכ :

2 א השגרה האווינה על הנכנסים כוללים של בינות : מתח הפכים וכה הכביעה :

$$\left. \begin{aligned} F_{mg} = mg = \rho V g = \rho \pi r_0^2 h g \\ F_x = P \cdot A = \frac{2x}{r} (\pi r_0^2) \end{aligned} \right\} F_x - mg = 0 \Rightarrow \boxed{h = \frac{2x \cos \theta}{\rho g r_0}}$$



IX ה'ק כו צ' א' ק'ה

הנכנס לאימים שער עק ציבור אחר חתך משתנה :

$$\frac{dV}{dt} = A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{const}$$

מק"ס :

משולח בנכנס

$dW = dE_k + dE_p$: היכן שהציבור כתר יותר, הולחל בקוד יותר :

$$(P_1 - P_2) dV = \frac{1}{2} \rho dV (v_2^2 - v_1^2) + \rho dV g (y_2 - y_1)$$

$$\Rightarrow \boxed{P + \rho g y + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{const}}$$

$$\eta = [1 \text{ poise}] = [1 \frac{\text{dyne} \times \text{s}}{\text{cm}^2}] = [1 \frac{\text{g}}{\text{cm} \times \text{s}}]$$

מתקד כחצוק גזולים. תלוי גזוכה הפיאזמית של הרוח הטגד, ונתון עי חוק סטוקס.

חוק סטוקס צבוח בקוד : $\boxed{R = 6\pi \eta r v}$. η משתנה צבוח על הנכנס.

אויור
 צבוח
 9

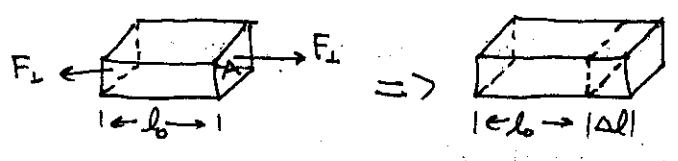
תכונות מכניות X

תכונות (stress) : הם למידות של כוחות המופעלים על פני שטח.

תכונות (strain) : תמיד הן מודעות של שינוי באורך.

Elastic modulus = stress / strain : מקדם האלסטיות : קבוע המודולוס האלסטי.

Tensile stress - מתח (1)

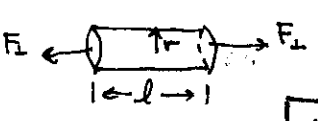


משכה או כיווץ:

$$T = \text{Tensile stress} = \frac{F_{\perp}}{A} \quad Y = \frac{F_{\perp}/A}{\Delta l/l_0} = \frac{F_{\perp}}{A} \cdot \frac{l_0}{\Delta l} \text{ [Pa]} : \text{Young's modulus}$$

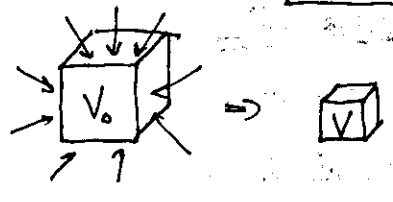
$$\text{Tensile strain} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Shear modulus : מקדם האלסטיות



קבוע האלסטיות, המשמש לתיאור התאמת צבירי קרקס:

$$\frac{\Delta r}{r_0} = -\mu \frac{\Delta l}{l_0}, \quad 0 < \mu < \frac{1}{2}$$



Bulk stress - לחץ (2)

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

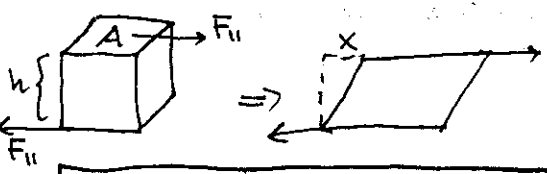
$$\text{Bulk strain} = \frac{\Delta V}{V_0}$$

$$B = \text{Bulk modulus} = -\frac{\Delta P}{\Delta V/V_0}$$

קבוע האלסטיות של נוזלים, קבוע B, משמש לתיאור התאמת צבירי קרקס.

$$\chi = \frac{1}{B} = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta P} \text{ [Pa}^{-1}\text{]} : \text{Compressibility}$$

Shear stress - מתח (3)



קבוע האלסטיות

$$\text{Shear stress} = \frac{F_{\parallel}}{A}$$

$$\text{Shear strain} = \frac{x}{h}$$

$$S = \text{Shear modulus} = \frac{F_{\parallel}}{A} \cdot \frac{h}{x}$$

$$y(x,t) = A \cos(kx - \omega t) \text{ [m]}$$

מויקנות אוויר עושה אוסילציות סביב נק' שיווי משקל:

A - אמפליטודת התנודות [m]

ω - תדירות התנודות $[\frac{\text{rad}}{\text{s}}]$

k - מס' הגל / קבוע הגל $[\frac{\text{rad}}{\text{m}}]$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \{ \lambda - \text{גלילק הגל} \}$$

$$v = \frac{\omega}{k} \quad \text{מהירות הגל}$$

ג'יין למכסה את משוואת הגל של התנודות למשוואת גל של תנודות האוויר:

$$P(x,t) = \underbrace{BK A}_{P_{\text{max}}} \sin(kx - \omega t)$$

Bulk modulus - B

מהירות של גל קדם ארוכי

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad \text{גזים}$$

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \quad \text{מוצק}$$

$$B = \gamma P \quad \{ \gamma = \frac{C_p}{C_v} \}$$

גז: B תלוי בתנאי P, מתקיים:

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}} \quad [PV = nRT]$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}$$

יש לב: מהירות הקדם גז תלויה בטמפרטורה.

I $[\frac{\text{W}}{\text{m}^2}]$ - קדם (intensity)

I - קרוב הממוצע של הערכת אנרגיה ליחידת שטח.

$$\{ v_y = \frac{\partial y}{\partial t} \}$$

$$I = \langle P(x,t) v_y(x,t) \rangle_T$$

$$\Rightarrow I = \frac{1}{2} B \omega k A^2$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{PB} \omega^2 A^2$$

$$= \frac{P_{\text{max}}}{2\rho v} = \frac{P_{\text{max}}}{2\sqrt{PB}}$$

סולם קרוב

$$\beta = (10 \text{ dB}) \times \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

$$I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I = I_0 \times 10^{\frac{\beta}{10 \text{ dB}}}$$

רעיה

$$I(r) \sim \frac{1}{r^2}$$

רעיה קרוב קרוב עוצמת ג'יט מולק לוק לכיוון החלק:

אורך גל

