

"כימיאדה" - האולימפיאדה הארצית בכימיה לתלמידי כיתות י"א ו- י"ב

בבתי ספר תיכוניים, שלב ב' - 28.11.2018

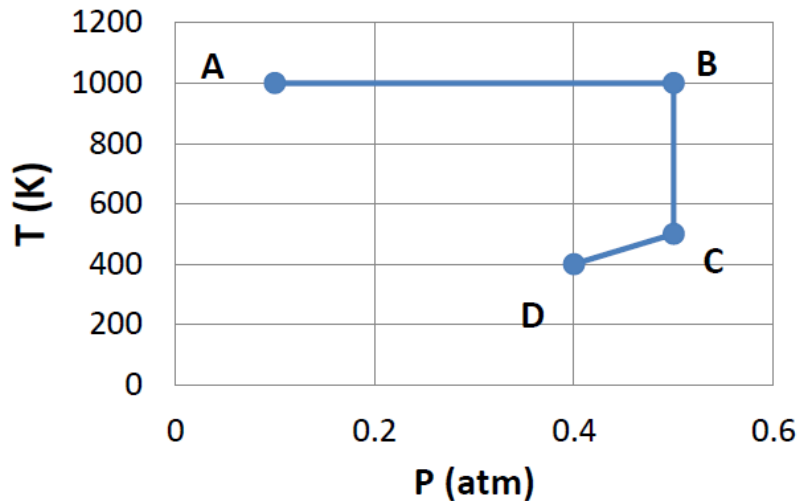
המבחן מורכב משאלות פתוחות בלבד. משך הבחינה 3 שעות.

יש לענות על 7 שאלות מתוך 8 בלבד - הבחירה קיימת רק בין שאלה 6 ושאלה 8, שאר השאלות הן חובה!

שימו לב- מתחת לכל שאלה ישנן נוסחאות לפתרון השאלה

שאלה 1. תרמודינמיקה – שאלת חובה (16 נק')

מול אחד של גז אידיאלי מונואטומי עובר את התהליך $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ המתואר בדיאגרמה הבאה. כל המסלולים המתוארים בדיאגרמה הם קווים ליניאריים. כל התהליכים הם הפיכים.



א. תארו במילים מהו התהליך המתרחש במעברים $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow D$. התשובה צריכה לכלול את סוג התהליך, התנאים בהם התהליך מתקיים, והוכחה מתוך הדיאגרמה הנתונה כי אכן זהו התהליך אותו אתם הגדרתם במעבר הנתון.

ב. שרטטו את כל התהליך המתקיים בדיאגרמה הנתונה, לדיאגרמה חדשה של לחץ (P) כנגד נפח (V). הדגישו והסבירו את צורת הגרף.

ג. חשבו את העבודה בכל אחד מהמעברים ($A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow D$), ואת העבודה הכוללת ($A \rightarrow D$) מתוך הדיאגרמה. פרטו את חישובכם.

(היעזרו ובחרו את הנוסחאות המתאימות בסוף השאלה)

ד. חשבו את סך כל החום בכל התהליך הנתון (A→D) בדיאגרמה. פרטו את חישובכם.

*****שני הסעיפים הבאים (ה עד ו) אלו הם סעיפי בונוס המתייחסים לשאלה 1 בלבד (לא**

סעיפי חובה)

(למעוניינים להתמודד לנבחרת האולימפיאדה הבינלאומית בכימיה מומלץ לענות על

השאלות לשם יצירת קשר:

ה. ניתן לעבור מהנקודה A לנקודה D בצורה שאינה הפיכה.

(1). תארו מעבר לא הפיך המבוסס על שני שלבים בלבד מהנקודה A לנקודה D.

(2). חשבו את העבודה במסלול שתיארתם. הראו כי מתקיים הקשר הנדרש בין העבודה

במסלול ההפיך לעבודה במסלול שאינו הפיך.

ו. המעבר הסוגר את המעגל ואינו מופיע בדיאגרמה הוא המעבר בין D→A. כדי לחזור לנקודה

ההתחלתית, הגז עובר התפשטות אדיאבטית מהנקודה D לנקודה A. הניחו כי התהליך אינו

הפיך. מהו השינוי באנרגיה הפנימית במעבר בין D ל-A? פרטו את חישובכם.

על מנת לפתור את השאלה היעזרו בנוסחאות הבאות בטבלה:

Type of Thermal Process	Work Done	First Law of Thermodynamics ($\Delta U = Q - W$)
Isobaric	$W = P(V_f - V_i)$	$\Delta U = Q - \frac{P(V_f - V_i)}{W}$
Isochoric	$W = 0 \text{ J}$	$\Delta U = Q - \frac{0 \text{ J}}{W}$
Isothermal	$W = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$ (for an ideal gas)	$\frac{0 \text{ J}}{\Delta U \text{ for an ideal gas}} = Q - \frac{nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)}{W}$
Adiabatic	$W = \frac{3}{2}nR(T_f - T_i)$ (for a monatomic ideal gas)	$\Delta U = \frac{0 \text{ J}}{Q} - \frac{\frac{3}{2}nR(T_i - T_f)}{W}$

• שימו לב כי בביטוי האנרגיה (בצד ימין של הטבלה) מודגש ערך העבודה

שאלה 2. כימיה אורגנית-שאלת חובה (14 נק')

ישנם ארבעה איזומרים מבניים עם הנוסחה C_4H_9Cl . אחד האיזומרים נמצא פעיל אופטית.
א. ציירו את המבנים של ארבעת האיזומרים.

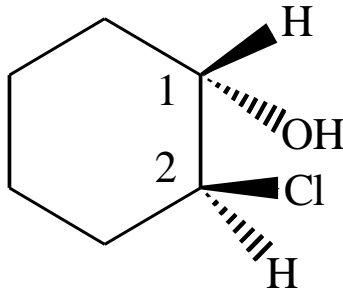
ב. זהו את האיזומר שנמצא בשני מצבים פעילים אופטית, והסבירו מה מבדיל בין שתי הצורות הללו.

ג. כל אחד מארבעת האיזומרים מגיב עם יון OH^- , וכתוצאה מכך מתרחשת תגובת אלימינציה בה נוצרת מולקולת HCl .

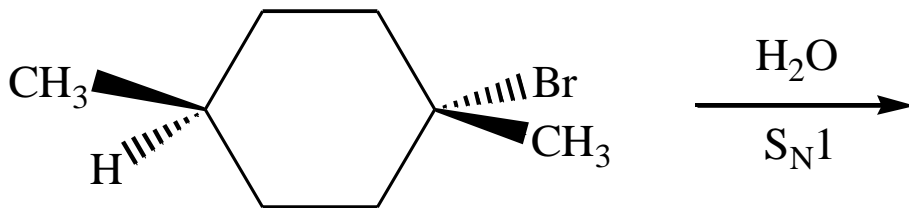
i. ציירו את המבנים של תוצרי האלימינציה של כל אחד מארבעת האיזומרים.

ii. זהו איזה מבין תוצרי האלימינציה שמתקבלים יכול להתקיים בשני מבנים גאומטריים שונים (איזומריים ציס-טראנס), וציירו את שני המבנים הללו.

ד. קבע את הקונפיגורציה (R or S) של פחמן 1 ושל פחמן 2 בתרכובת הבאה:

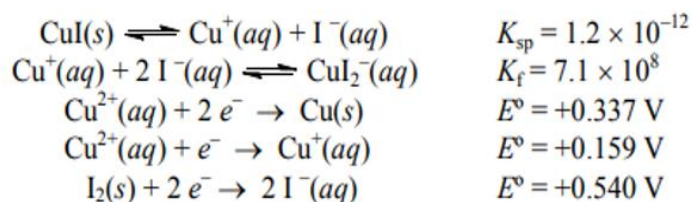


ה. רשום תוצרי S_N1 של התגובה הבאה (התייחס לסטריוכימיה):

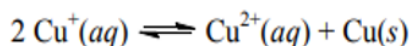


שאלה 3. אלקטרוכימיה-שאלת חובה (14 נק')

השאלה הבאה מתייחסת לתגובות הבאות, המכילות את התרכובות נחושת ויודין, (כולן ב-298k):



- א. חישוב את מספר מולי הנחושת שיתמוססו אם מכניסים $1.00 \cdot 10^{-3}$ מול של $\text{CuI}(s)$ לתוך תמיסה בנפח של 1.00 ליטר.
- ב. חישוב את מספר המולים המינימלי של NaI אותם יש להוסיף לתערובת התגובה בסעיף א' כדי להמיס את התרכובת CuI במלואה. (הניחו כי הנפח התמיסה לא משתנה, ונשאר 1 ליטר).
- ג. נתונה תגובת דיספרופורציונציה (המועדפת) עבור יוני הנחושת Cu^+ בתמיסה ניטרלית:



חישוב את K_{eq} עבור התגובה.

- ד. התרכובת Copper(II) iodide, CuI_2 אינה יציבה. כתבו תגובה כימית הגיונית אשר מתארת את הפירוק של CuI_2 בתמיסה מימית, והראו באמצעות חישוב מתאים, כי מדובר בתגובה ספונטנית תחת תנאים סטנדרטיים.

****לפתרון חלקי של השאלה אתם יכולים להשתמש בנוסחאות הבאות:**

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$$

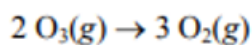
$$\Delta G^\circ = -RT \ln(K_{eq})$$

$$K_{eq} = e^{-\Delta G^\circ / RT}$$

$$F = 9.649 \cdot 10^4 \frac{\text{C}}{\text{mol}} = 9.649 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{V} \cdot \text{mol}}$$

שאלה 4. קינטיקה-שאלת חובה (14 נק')

קצב הפירוק ההתחלתי של אוזון (O_3) לחמצן מולקולרי נבדק ניסיונית תחת מגוון תנאים על ידי מדידת השינויים בלחץ בזמן התרחשות התגובה:



ב- $90^\circ C$, קיימת כמות קטנה מאוד של O_3 בהשוואה ל- O_2 (אשר נמצא בכמות קבועה), נאספו הנתונים הבאים:

$p(O_3)$, mm Hg	$\Delta P/\Delta t$, (mm Hg) s^{-1}
7.9	1.21×10^{-3}
17.7	5.8×10^{-3}

א. אם הלחץ משתנה בקצב של $1.21 \cdot 10^{-3} (mm Hg) s^{-1}$ ב- $90^\circ C$, מהו קצב היעלמות של

O_3 ביחידות של $mol L^{-1} s^{-1}$?

ב. תחת התנאים המוזכרים בסעיף א', מהו סדר התגובה עבור O_3 ?

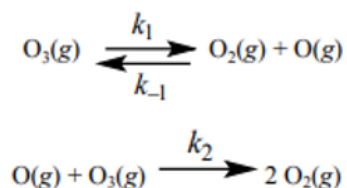
תחת תנאים מעט שונים, כאשר הלחץ ההתחלתי של O_3 נשאר קבוע, קצבי התגובה הראשוניים נמדדו כנגד הלחץ של O_2 ב- $90^\circ C$ וב- $100^\circ C$:

$p(O_2)$, mm Hg	$\Delta P/\Delta t$, (mm Hg) s^{-1} , at $90^\circ C$	$\Delta P/\Delta t$, (mm Hg) s^{-1} , at $100^\circ C$
200	3.30×10^{-3}	7.4×10^{-3}
400	1.45×10^{-3}	3.64×10^{-3}

ג. מהו סדר התגובה עבור O_2 ?

ד. מהי אנרגיית האקטיבציה עבור התגובה?

ה. המנגנון הבא הוצע עבור התגובה הנתונה:



i. השתמשו בהנחת "מצב עמיד" ומצאו את חוק הקצב מתוך המנגנון הנתון.

ii. תחת אילו תנאים (אם בכלל) חוק הקצב שמצאתם עקבי לתוצאות הניסיוניות?

****לפתרון התרגיל היעזרו לנוחיותכם במשוואות ובנתונים הבאים:**

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

$$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$R = 8.314 \frac{J}{K \cdot mol} = 1.985 \frac{cal}{K \cdot mol} = 62.363 \frac{L \cdot mmHg}{K \cdot mol} = 0.082 \frac{L \cdot atm}{K \cdot mol}$$

שאלה 5. כימיה אנליטית-שאלת חובה (14 נק')

מכינים תמיסת בופר מתוך 1.00 L של $0.05M$ CH_3COOH , $(K_a = 1.8 \cdot 10^{-5})$, ו- 2.50 g של סודיום אצטט $Na(CH_3COO)$.

א. מהו ה- pH של התמיסה?

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \quad * \text{זכרו:}$$

ב. לתוך תמיסת הבופר שהוכנה בסעיף א', מכניסים 1.00 mL חומצה הידרוכלורית (HCl) 1M. כתבו משוואה עבור התגובה העיקרית שמתרחשת בכלי התגובה, וחשבו את ה- pH לאחר ההוספה.

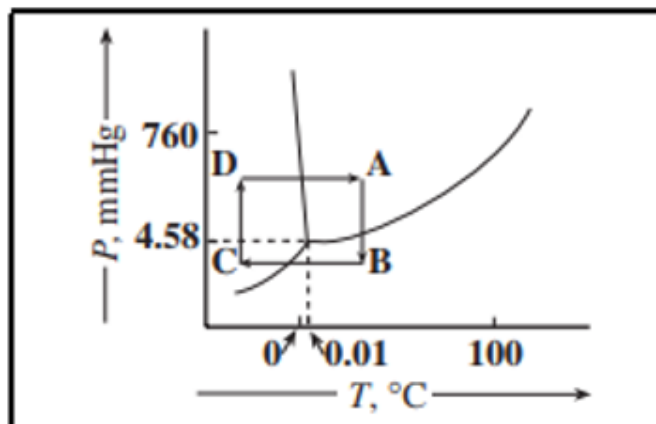
ג. חישוב את המסה של NaOH שתצטרפו להוסיף לתמיסת CH_3COOH בנפח של 1 ליטר (0.05M), כדי ליצור תמיסה חדשה עם אותו ה- pH כמו הבופר המקורי בסעיף א'?

בהנחה כי הוכנה תמיסת בופר עם 1 L של תמיסת חומצה כלורואצטית ($ClCH_2COOH$) בריכוז של 0.05M, ו- 2.5 g של סודיום כלורואצטט, $Na(ClCH_2COO)$.

ד. השוו את תמיסת הבופר החדשה (סעיף ג') לעומת תמיסת הבופר המקורית (מסעיף א') וקבעו האם הבופר הנוכחי בעל pH נמוך, גבוה או זהה לתמיסת הבופר המקורית? הצדיקו את תשובתכם עם נימוק מתאים בלבד ללא חישוב. (לא יינתן ניקוד על חישוב)

שאלה 6. דיאגרמת פאזות-שאלת בחירה (14 נק')

השתמשו בדיאגרמת הפאזות של מים על מנת לענות על השאלות הבאות.



א. זהו את המצב הפיזיקלי (מצבי הצבירה) בנקודות A, B, C, D.

ב. חישבו את הנפח של 1 מול מים בכל אחת מהפאזות בנקודה המשולשת

(בנקודה המשולשת, הצפיפות של מים היא: $H_2O_{(l)} = 0.9998 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ו- $H_2O_{(s)} = 0.917 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$).

$$H_2O_{(s)} = 0.917 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$$

ג. התחילו בנקודה A, תארו מילולית את הלחץ, הטמפרטורה ושינויי הפאזה לאורך כל

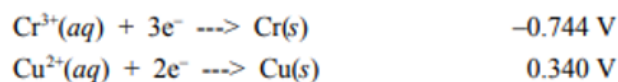
המלבן (A→B→C→D) מסביב לנקודה המשולשת.

שאלה 7. אלקטרוכימיה-שאלת חובה (14 נק')

תא אלקטרוכימי בנוי מאלקטרודת נחושת הטבולה בתמיסת $1\text{M Cu(NO}_3)_2$, ואלקטרודת

כרומיום הטבולה בתמיסת $\text{Cr(NO}_3)_3$ בריכוז של 1M.

פוטנציאלי החיזור הסטנדרטיים עבור $\text{Cr}^{3+}_{(aq)}$ ו- $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ הם:



א. כתבו משוואה מאוזנת עבור התגובה הספונטנית המתרחשת בתא, וחישבו את הפוטנציאל שהתגובה מייצרת.

ב. ציירו את דיאגרמת התא האלקטרוכימי עבור התנאים הנתונים.

i. ציינו מהי האנודה בסרטוט.

ii. הראו את כיוון זרימת האלקטרונים במעגל החיצוני. נמקו והסבירו

iii. הראו את כיוון התזוזה של יוני הניטראט (NO_3^-). נמקו והסבירו

ג. התא מתפקד עד לתנאי בו $[Cu^{2+}] = 0.1M$.

i. מצאו את $[Cr^{3+}]$

ii. חישבו את פוטנציאל התא בריכוזים אלו.

$$E_{cell} = E_{cell}^{\circ} - (RT / nF) \ln Q \quad * \text{זכרו כי}$$

הערכים עבור R ו- F נמצאים בגוף הבחינה בשאלות הקודמות, נא לבחור את היחידות המתאימות עבורן.

שאלה 8. תאי יחידה- שאלת בחירה (14 נק')

א. תא יחידה של גביש מתכתי כלשהו הוא בעל מבנה bcc. צפיפות הגביש היא 9.5 גרם לסמ"ק והמסה המולרית היא 60 גרם למול. חשבו את רדיוס האטום הבונה את הגביש. הראו חישובים.

ב. גביש של מתכת פלדיום, Pd, הינו בעל צפיפות של 12.02 גרם לסמ"ק. בבדיקה קריסטלוגרפית נמצא שאורך הצלע של תא היחידה של גביש קובי של פלדיום הינו 0.3888 ננומטר. המסה האטומית של פלדיום היא 106.4 גרם למול. קבעו על סמך נתונים אלה את מבנה תא היחידה (קובי פשוט, קובי ממורכז פאה או קובי ממורכז גוף). הראו חישובים.

בהצלחה

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

1																	18						
1A																	8A						
1 H 1.008																	2 He 4.003						
2																	2						
2A																	2						
3 Li 6.941	4 Be 9.012																	5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31																	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	3A	4A	5A	6A	7A	8A	8A							
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80						
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3						
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)						
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Ds (281)	111 Rg (272)	112 Cn (285)	113 Uut (284)	114 Fl (289)	115 Uup (288)	116 Lv (293)	117 Uus (294)	118 Uuo (294)						

58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)