

כימיאדה – האולימפיאדה הארצית בכימיה לנוער

מיון מיוחד- חורף תשפד

מבחן שלב ב'

י"ג טבת תשפד 25.12.23

- המבחן מורכב מ-5 שאלות פתוחות, שוות ניקוד ($100=5 \times 20$) יש לענות על כולן.
- משך הבחינה: 2.5 שעות
- חומר מותר בשימוש: מחשבון וטבלה מחזורית מצורפת בלבד.
- יש לענות על הבחינה בדף התשובות בלבד!
- תשובות הכתובות במחברת הטייטה או על טופס הבחינה לא ייבדקו.

בהצלחה!

שאלה 1- מלח ביסול במעגל

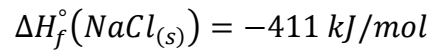
סעיף	א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	סה"כ
ניקוד	1	4	2	4	4	2	3	20

מלח ביסול, $\text{NaCl}(s)$ הוא אחד מהמינרלים הנפוצים ביותר בטבע. בנוסף לשימושו המוכר לתיבול מאכלים, יש לו תפקיד חשוב בשימור בשר, חביצת גבינות ועוד. במלח זה נעזרים גם להמסת שלגים בכבישים.

אחד ממאגרי המלח הגדולים בעולם הוא הר סדום שבאזור ים המלח, יש הטוענים שהוא מורכב מ 98% נתרן כלורי (!) כבר בימי קדם חצבו ממנו מלח בצורת גושים. את הגושים פוררו בפטישים ומחבטי עץ, והכתישה הסופית התבצעה בעזרת אבני ריחיים.

מנקודת מבט כימית תיאורטית, ניתן לייצר מלח ביסול מיסודותיו במצבם הטבעי.

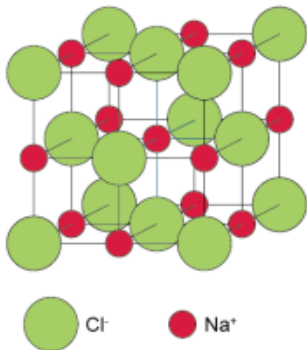
א. רשמו ואזנו את תגובת ההיווצרות של מלח ביסול, עבורה נתון:



נתונות התגובות הבאות:

אקסותרמי/אנדותרמי	שם התהליך	תגובה	
		$\text{Na}_{(g)} \rightarrow \text{Na}_{(g)}^+ + e^-$	1
		$\text{Cl}_{(g)} + e^- \rightarrow \text{Cl}_{(g)}^-$	2
		$\text{Na}_{(s)} \rightarrow \text{Na}_{(g)}$	3
		$\text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2\text{Cl}_{(g)}$	4

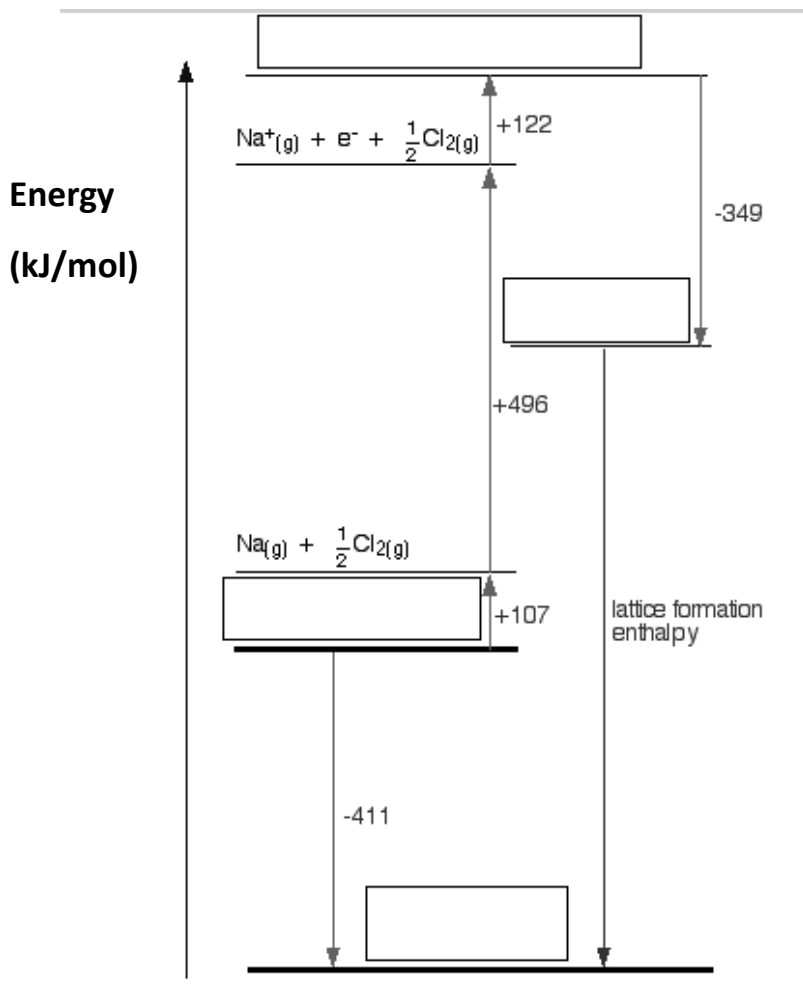
ב. מהו התהליך אותו מתארת כל אחת מהתגובות והאם הוא צפוי להיות אנדותרמי או אקסותרמי? (יש לרשום במקום המתאים בטבלה בדף התשובות)



ג. מלח ביסול קיים בטבע בצורה של סריג (גביש). בהינתן מבנה תא היחידה של NaCl (בציור משמאל) זהו את מבנה הסריג ($bc/bcc/fcc$) וקבעו כמה יונים מכל סוג יש בתוך תא היחידה? פרטו את חישובכם.

ד. אנתלפיית הסריג של חומר יוני מוגדרת כאנתלפיה של התהליך $M_{(g)}^+ + X_{(g)}^- \rightarrow MX_{(s)}$ כאשר M הוא הקטיון ו- X הוא האניון בחומר היוני. מהם את המשפטים הנכונים עבור אנתלפיית הסריג (המשפטים בעמוד הבא):

- i. גודלה תלוי במטעני היונים, ככל שהמטענים גדולים יותר כך היא צפויה להיות קטנה יותר בערך מוחלט
- ii. גודלה תלוי ברדיוס היונים, ככל שהרדיוסים גדולים יותר, כך היא צפויה להיות קטנה יותר בערך מוחלט
- iii. היא תמיד שלילית (כלומר התגובה אקסותרמית)
- iv. אנתלפיית הסריג תלויה במבנה הגבישי של הסריג
- את אנתלפיית הסריג ניתן להעריך בעזרת אנרגיות ידועות של התגובות המופיעות בתחילת השאלה. להבנת החישוב ניתן להיעזר בתרשים הנקרא **מעגל בורן האבר** המבוסס על חוק הס. בתרשים זה מופיעות ששת התגובות הנתונות בשאלה. תגובה בתרשים זה מתוארת ע"י חץ המעבר ממגיבים באנרגיה מסוימת, לתוצרים באנרגיה שונה. ההפרש בין מצבי האנרגיה נתון בתרשים ביחידות של kJ/mol.
- ה. השלימו את החומרים המתאימים בכל מלבן בתרשים (יש למלא בטופס התשובות בלבד):



1. בהתבסס על ערכי האנרגיה הנתונים בתרשים, השלימו את ערכי האנרגיה של התגובות הנתונות בטבלה.
2. רשמו ביטוי מתמטי מתאים לאנתלפיית הסריג של נתרן כלורי, בהתבסס על אנרגיות התגובות הנתונות בשאלה (תגובות 1-4 ותגובת היוצרות), והעריכו מספרית את האנתלפיה.

שאלה 2- הגופרית הבעייתית

סעיף	א	ב	ג	ד	ה	ו	סה"כ
ניקוד	3	2	2	3	3	7	20

גופרית דו חמצנית, $SO_2(g)$, היא אחד המזהמים הנפלטים מבתי זיקוק ומתהליכי ייצור חשמל מבוססי פחם. מדובר בגז רעיל, בעל ריח חזק שבין היתר מתרכב בקלות באטמוספירה עם חמצן ומים ליצירת חומצה גופריתית, המהווה את אחד המרכיבים העיקריים בגשם חומצי.

א. חשבו את הלחץ החלקי באטמוספירות של $SO_2(g)$, בטמפרטורת החדר ($25^\circ C$) אם ידוע שהוא

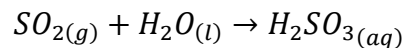
$$\text{נפלט בכמות של } 200 \frac{mg}{Liter}$$

$$R = 0.082 \frac{lit \cdot atm}{mol \cdot K} \text{ נתון קבוע הגזים:}$$

ב. הגז $CO(g)$ נפלט גם הוא, בלחץ חלקי זהה ל $SO_2(g)$, באותה טמפרטורה. מה תוכלו לומר על כמות CO הנפלטת ב $\frac{mg}{Liter}$ ביחס ל $SO_2(g)$? (הקיפו בטופס התשובות)

- i. קטנה יותר
- ii. זהה
- iii. גדולה יותר
- iv. לא ניתן לקבוע

אחת הדרכים לנטרל את הגופרית הדו חמצנית בטרם יציאתה מהארובה, היא ע"י המסתה במים ליצירת חומצה גופריתית, H_2SO_3 , לפי התגובה הבאה:



ג. כמה גרמים של מים נדרשים על מנת לקבלת תמיסה של H_2SO_3 בריכוז $0.03M$, מ 1 ליטר של אוויר?

נתון: צפיפות המים $d(H_2O)=1g/ml$; ניתן להזניח את כמות המים שמגיבה בתגובה.

ד. מה צפוי להיות ה pH של התמיסה המימית בסעיף הקודם? גדול/שווה/קטן מ-7. השלימו בדף התשובות וכתבו את תגובת/תגובות הפירוק של החומצה הגופריתית במים.

ה. בהמשך לסעיף ד'- כמהנדסים של תהליך נטרול הגופרית הדו חמצנית במים, האם תייצרו את המיכל בו מתרחשת התגובה ממתכת או מטפלון? נמקו.

ו. ציירו מבנה לואיס (כולל מצבים רזוננטיביים אם ישנם) לכל הצורונים המוזכרים בשאלה ובפתרונותיכם, וציינו את המבנה המרחבי סביב האטום המרכזי.

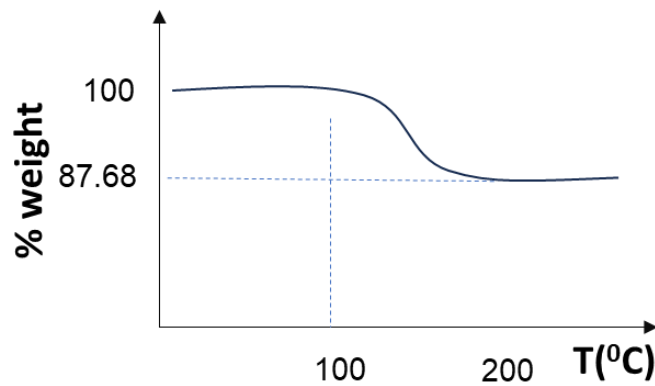
שאלה 3- הנעלם שנעלם

סעיף	א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	סה"כ
ניקוד	3	1	2	4	3	3	4	20

חומר A הינו אחד מגורמי אבנים בכליות הנפוצים ביותר. הוא מורכב מפחמן (18.74% משקלי) סידן (31.22% משקלי) והיתר חמצן. ידוע עבורו גם שהנוסחה האמפירית זהה לנוסחה המולקולרית.

א. מצאו את הנוסחה המולקולרית של חומר A. פרטו את אופן החישוב.

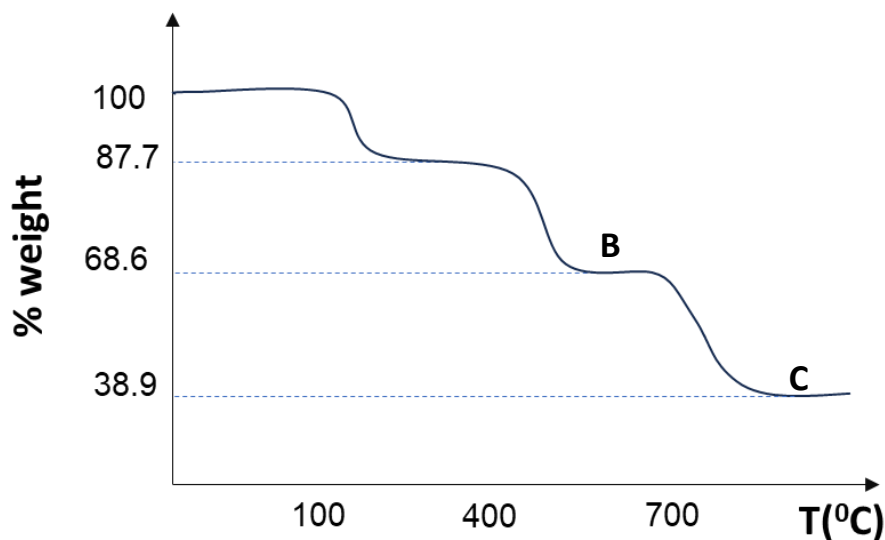
המצב היציב ביותר של חומר A הוא עם n מולקולות מים קשורות, וצורה זו נקראת הידראט. דוגמה של ההידראט עברה אנליזה בשיטת TGA(thermos-gravimetric analysis) בה התרכובת מחוממת בנוכחות אוויר ומשקלה ביחס למצבה ההתחלתי נמדד לאורך התהליך, והתקבל הגרף הבא:



ב. הסבירו מדוע המסה קטנה באופן פתאומי.

ג. מצאו את n.

מסתבר שאם ממשיכים לחמם את התרכובת לטמפרטורות גבוהות יותר, מקבלים שלבי ביניים נוספים:



ד. זהו את החומרים B, ו-C ורשמו את התגובות ליצירתם בתהליך הנתון.

נתונים הערכים הבאים:

	$\Delta H_f^0 \left(\frac{kJ}{mol} \right)$	$S^0 \left(\frac{J}{mol \cdot K} \right)$
$Ca_{(s)}$	0	41.1
$CaCO_{3(s)}$	-1206.92	92.9
$CaC_2O_{4(s)}$	-1360.6	115.2
$CaC_2O_{3(s)}$	-1158.1	110.3
$CaO_{(s)}$	-635.09	39.8
$CO_{2(g)}$	-393.509	213.6
$CO_{(g)}$	-110.525	197.6
$H_2O_{(g)}$	-241.8	188.7

ה. הסבירו בעזרת חישובים מתאימים באילו טמפרטורות (בלחץ אטמוספרי) התגובה לקבלת חומר C מחומר B היא ספונטנית (לפתרון ניתן להניח שהאנתלפיה והאנטרופיה אינם תלויים בטמפרטורה).

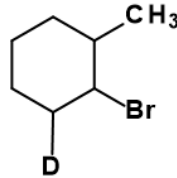
ו. הסבירו האם ערכי הטמפרטורות שקיבלתם מתאימים לתוצאה הנצפית בגרף ה-TGA.

ז. חשבו את השינוי באנרגיה הפנימית, ΔU^0 עבור התגובה לקבלת חומר C מחומר B, בהנחה שהתגובה התרחשה בלחץ אטמוספרי, בטמפרטורה בה התגובה נמצאת בשיווי משקל.

שאלה 4- אלימינציה משוגעת

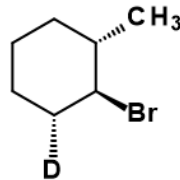
סעיף	א	ב	ג	ד	ה	סה"כ
ניקוד	2	3	2	7	6	20

נתון החומר האורגני 2-bromo-1-deuterio-3-methyl-cyclohexane (=D אטום דאוטריום).



א. כמה סטראואיזומרים אפשריים יש לחומר זה?

נתון הסטראואיזומר הבא, אותו נסמן כ-X:



ב. קבעו את הקונפיגורציה האבסולוטית של המרכזים הכיראליים של חומר X.

ג. ציירו דיאסטראומר אחד של חומר X.

ד. בתגובת אלימינציה של X בנוכחות הבסיס CH_3ONa התקבל תוצר עיקרי אחד. ציירו את

התוצר שהתקבל והסבירו מדוע לא מתקבלים תוצרים נוספים באחוז סביר.

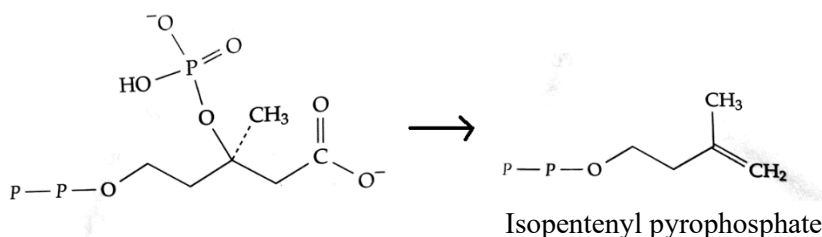
ה. ברוב תגובות האלמינציה מתקיימת קטיפת פרוטון. אולם אלמינציה יכולה להתרחש גם דרך

תהליך שנקרא "דה-קרבווקסילציה" – יציאת מולקולת CO_2 .

אחת מאבני הבניין ליצירת כולסטרול בגוף היא המולקולה Isopentenyl pyrophosphate.

הציעו מנגנון ליצירתה מחומר המוצא הנתון דרך תגובת decarboxylation-elimination

בשלב אחד:

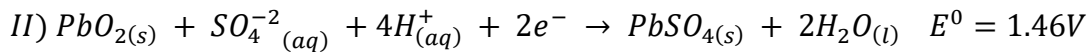
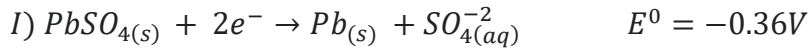


שאלה 5 – עופרת משולשת

סעיף	א	ב	ג	ד	ה	סה"כ
ניקוד	3	2	5	5	5	20

נעים להכיר! סוללת העופרת-חומצה, Lead-acid battery, היא סוללה חשמלית נטענת המבוססת על תגובה כימית של לוחות עופרת בתמיסה מימית של חומצה גופרתית. הסוללה הומצאה בשנת 1859 על ידי הפיזיקאי הצרפתי גסטון פלנטה ונמצאת בשימוש עד היום. זוהי הסוללה הראשונה שהיתה יכולה להיטען על ידי העברת זרם חשמלי דרכה.

סוללות כעיקרן מבוססות על תאים אלקטרוכימיים. תגובות שני חצאי התא בסוללת עופרת- חומצה הן:



- קבעו את מצב החמצון של אטומי העופרת בצורונים הרלוונטיים בשתי התגובות.
 - קבעו איזו מבין התגובות מתרחשת באנודה ואיזו בקתודה. נמקו.
 - כתבו את התגובה הכוללת של התא וחשבו את המתח הסטנדרטי.
 - מה צפוי לקרות ל- pH בחצי תא הקתודה (עולה/יורד/לא משתנה) עם התרוקנות הבטריה. נמקו.
 - פרטו מה קורה לריכוז יוני $[Pb^{2+}(aq)]$ (עולה/יורד/לא משתנה) בחצי תא האנודה עם התרוקנות הבטריה. נמקו.
- נתון: $K_{sp}(PbSO_4) = 1.6 \cdot 10^{-8}$