

כ י מ י ה

השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד

לתלמידים הנבחרים בעל-פה במעבדת חקר

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעה וחצי.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	—	(50×1)	—	50	נקודות
-----------	---	--------	---	----	--------

פרק שני	—	(50×1)	—	50	נקודות
---------	---	--------	---	----	--------

סה"כ	—		—	100	נקודות
------	---	--	---	-----	--------

ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון (כולל מחשבון גרפי).

ד. הוראה מיוחדת: רשום על הצד החיצוני של מחברת הבחינה את הנושא

שענית עליו בפרק השני.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

ה ש א ל ו ת

שים לב: הקפד על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של היחידות.

פרק ראשון (50 נקודות)

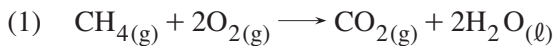
נושא חובה – אנרגטיקה ודינמיקה

ענה על אחת מהשאלות 1-2.

1. בשנים האחרונות התגלו לאורך חופי הארץ מאגרי ענק של גז טבעי. גז טבעי הוא תערובת גזים

שהמרכיב העיקרי בה הוא מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$, שמשתמשים בו כדלק.

נתונה תגובת שרפה של מתאן:

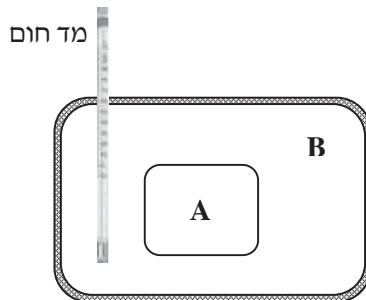


ביצעו שני ניסויים I, II.

ניסוי I: לכלי סגור A הכניסו 0.16 גרם $\text{CH}_4(\text{g})$ וכמות מספקת של חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$.

הכניסו את כלי A לתוך מכל מבודד B, המכיל 500 גרם מים, $\text{H}_2\text{O}(\ell)$, בטמפרטורה

של 25°C (ראה תרשים).



הציתו את תערובת הגזים בכלי A, והתרחשה תגובה (1). במהלך התגובה עברו 8.88 kJ למים

שבמכל B.

מדדו את טמפרטורת המים במכל B מרגע ההצתה במשך 30 דקות. החל מהדקה ה-11

עד סיום המדידות, טמפרטורת המים במכל B נשארה קבועה.

א. i מהי המערכת, ומהי הסביבה בניסוי I?

ii הסבר מדוע בניסוי I היה צורך להצית את תערובת הגזים בכלי A כדי שתתרחש

תגובה (1).

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

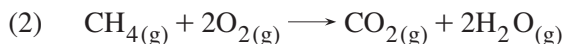
ב. i קבע אם האנרגיה הפנימית של התוצרים בתגובה (1) גבוהה מהאנרגיה הפנימית של המגיבים, נמוכה ממנה או שווה לה. נמק.

ii קבע אם האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות המים במכל B עלתה, ירדה או לא השתנתה ב־ 10 הדקות הראשונות של ניסוי I. נמק.

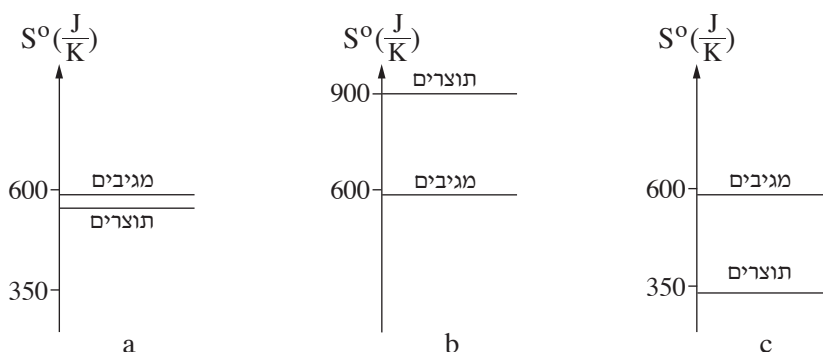
iii קיבול האנרגיה הסגולי של מים הוא $4.18 \frac{\text{J}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$. חשב את הטמפרטורה של המים שנמדדה במכל B בסיום המדידות. פרט את חישוביך.

ג. בניסוי II חזרו על ניסוי I, בהבדל אחד: מכל B הכיל 500 גרם גליצרול, $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3(\ell)$. קיבול האנרגיה הסגולי של גליצרול הוא $2.4 \frac{\text{J}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$. קבע אם טמפרטורת הגליצרול שנמדדה בסיום ניסוי II הייתה גבוהה מטמפרטורת המים שנמדדה בסיום ניסוי I, נמוכה ממנה או שווה לה. נמק את קביעתך.

נתונה תגובה (2).



ד. לפניך שלושה איורים a, b, c המציגים באופן סכמטי את שינוי האנטרופיה במערכת, $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}}$.



קבע איזה מהאיורים a, b, c מציג נכון את $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}}$ בתגובה (1),

ואיזה מהאיורים מציג נכון את $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}}$ בתגובה (2). נמק.

2. לכלי סגור, המוחזק בטמפרטורה קבועה T, הכניסו שני חומרים. בכלי התרחשה תגובה בין שני החומרים והתקבלו שני תוצרים.
בטבלה שלפניך מוצגים ריכוזי החומרים שנמדדו במהלך התגובה.

זמן (שניות)	$[H_2S_{(g)}]$ (M)	$[CH_{4(g)}]$ (M)	$[H_{2(g)}]$ (M)	$[CS_{2(g)}]$ (M)
0	1.00	0.80	0	0
10	0.80	0.70	0.40	0.10
20	0.70	0.65	0.60	0.15
30	0.65	0.625	0.70	0.175
300	0.60	0.60	0.80	0.20
400	0.60	0.60	0.80	0.20

- א. נסח ואזן את התגובה שהתרחשה בכלי ב־ 30 השניות הראשונות.
- ב. i רשום ביטוי המתאים לחישוב של קצב התגובה שהתרחשה בכלי.
ii חשב את קצב התגובה ההתחלתי (ב־ 10 השניות הראשונות). פרט את חישוביך.
iii קבע אם במהלך התגובה קצב התגובה גדל, קטן או לא משתנה. נמק.
- ג. i ציין שני מאפיינים של מצב המערכת החל מהשנייה ה־ 300 .
ii חשב את הערך של הקבוע המאפיין את מצב המערכת החל מהשנייה ה־ 300 .
פרט את חישוביך.
- ד. בשנייה ה־ 400 הוסיפו לכלי המוחזק בטמפרטורה T אחד מהחומרים:
 $CS_{2(g)}$, $H_2S_{(g)}$, $Ar_{(g)}$.
לאחר פרק זמן נמצא כי:
— הריכוז של $CS_{2(g)}$ והריכוז של $H_{2(g)}$ עלו לאחר הוספת החומר.
— הריכוזים של כל המרכיבים אינם משתנים.
איזה חומר מבין שלושת החומרים הוסיפו לכלי? נמק.
- ה. לאחר שריכוזי החומרים הפסיקו להשתנות, נמדד הלחץ בכלי. קבע אם הלחץ בכלי היה גבוה מהלחץ לפני הוספת החומר, נמוך ממנו או שווה לו. נמק.

שים לב: המשך המבחן בעמוד 6

פרק שני (50 נקודות)

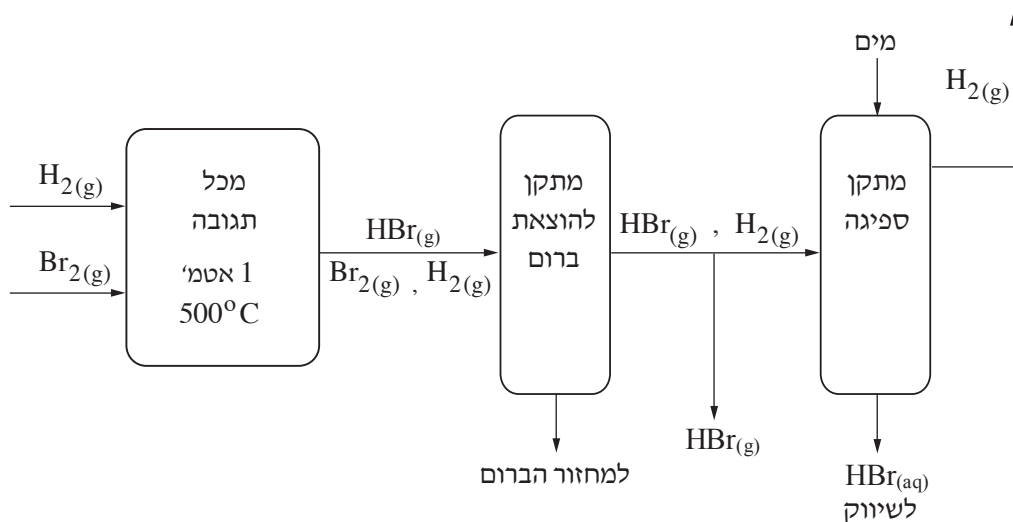
בפרק זה שבעה נושאים (שאלות 3-16). עליך לענות על שאלה אחת.

רשום על הצד החיצוני של מחברת הבחינה את הנושא שענית עליו בפרק זה.

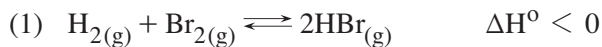
נושא ראשון – ברום ותרכובותיו

3. השאלה עוסקת בייצור מימן ברומי ואשלגן ברומי במפעל "תרכובות ברום" ברמת חובב.

לפניך תרשים של תהליך הייצור של $\text{HBr}_{(g)}$ ושל $\text{HBr}_{(aq)}$.



במכל התגובה מייצרים $\text{HBr}_{(g)}$ על פי תגובה (1):



(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- א. תגובה (1) ספונטנית בכל טמפרטורה.
- במפעל מבצעים את תגובה (1) בטמפרטורה של 500°C . הסבר מדוע לא מבצעים את התגובה בטמפרטורה נמוכה או גבוהה מ- 500°C .
- ב. שני חומרי הגלם לתגובה זו מתקבלים במפעל: הברום — במתקן לייצור ברום, המימן — כתוצר לוואי בתהליך ייצור אחר במפעל.
- i ציין שני יתרונות לשימוש בחומר גלם שהוא תוצר לוואי בתהליך ייצור אחר במפעל.
- ii במפעל מבצעים את תגובה (1) בעודף מימן, כדי להגדיל את קצב התגובה. הסבר כיצד עודף המימן מגדיל את קצב התגובה.
- ג. ציין שתי תכונות הנדרשות מחומרי המבנה של מכל התגובה.
- ד. הסבר את העיקרון שעליו מתבסס תהליך ההפרדה במתקן הספיגה.
- ה. i אחוז ההמרה בתהליך הייצור הוא 95%. כשמגיבים 112 קילוגרם $\text{Br}_{2(g)}$ מתקבלים 97 קילוגרם של $\text{HBr}_{(g)}$. חשב את אחוז הניצולת בתהליך הייצור. פרט את חישוביך.
- ii במתקן הספיגה מתקבלת תמיסה מימית של מימן ברומי. ציין יתרון אחד וחסרון אחד לשיווק של מימן ברומי כתמיסה מימית ולא כגז.
- ו. אשלגן ברומי, $\text{KBr}_{(s)}$, מיוצר בתהליך הכולל שני שלבים עיקריים.
- שלב I: ייצור תמיסת $\text{KBr}_{(aq)}$ בתגובה בין אשלגן הידרוקסידי, $\text{KOH}_{(s)}$, לבין תמיסת $\text{HBr}_{(aq)}$.
- שלב II: אידוי מים מתמיסת $\text{KBr}_{(aq)}$.
- צייר תרשים זרימה לתהליך הייצור של $\text{KBr}_{(s)}$.

4. השאלה עוסקת במעכבי בעירה ובאופן פעולתם.

א. בבעירה יש ארבעה שלבים: הצתה, התפתחות הבעירה, בעירה קבועה, דעיכה.

באיזה שלב / באילו שלבים של הבעירה יכול מעכב בעירה לפעול?

ב. בטבלה שלפניך מוצגים ארבעה סוגים של מעכבי בעירה ואופני הפעולה שלהם.

הסוגים של מעכבי בעירה	אופני פעולה של מעכבי בעירה
(1) תרכובות כלור	(a) פירוק אנדותרמי של מעכב הבעירה
(2) תרכובות ברום	(b) יצירת משטח בלתי חדיר על פני החומר הדליק
(3) תרכובות זרחן	(c) דילול הגזים הדליקים באזור הלהבה
(4) תרכובות מגנזיום או תרכובות אלומיניום	(d) לכידת רדיקלים חופשיים באזור הלהבה

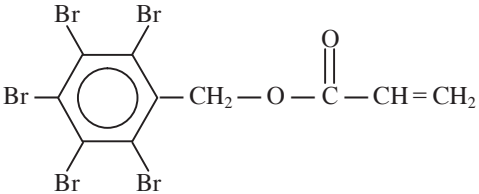
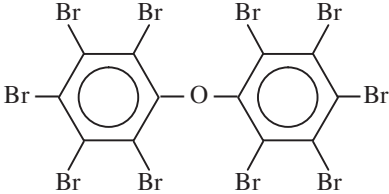
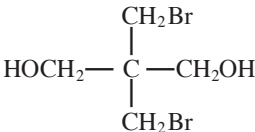
i התאם לכל סוג של מעכבי בעירה (1)-(4) שניים מאופני פעולה (a)-(d).

ii כל אחד מאופני הפעולה (a)-(d) גורם להאטת קצב הבעירה של חומר דליק.

בחר באחד מאופני הפעולה של מעכבי בעירה והסבר כיצד הוא גורם להאטת קצב הבעירה.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ג. מסווגים את מעכבי הבעירה על פי דרך שילובם במוצרים: מעכבי בעירה פעילים ומעכבי בעירה מוספים.
לפניך נוסחאות של ארבע תרכובות ברום, IV-I, שבטמפרטורת החדר הן מוצקים.

NH_4Br	I
	II
	III
	IV

קבע עבור כל אחד מההיגדים i-iii שלפניך, אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

- i תרכובת I מורכבת מיונים ולכן אינה יכולה לשמש מעכב בעירה.
 - ii רק תרכובת II יכולה לשמש מעכב בעירה פעיל.
 - iii תרכובת III יכולה לשמש מעכב בעירה מוסף.
- ד. i מעכבי בעירה מוספים נוטים לנדוד אל שטח הפנים של הפולימר ולהתפזר.
תופעה זו לא קיימת במעכבי בעירה פעילים. הסבר ממה נובע הבדל זה.
- ii ציין שתי דרישות מחומר המשמש מעכב בעירה עבור פולימרים.

נושא שני – פולימרים

5. בטבלה שלפניך מוצגים נתונים עבור פולימרים אחדים.

טמפרטורה זגוגית $T_g (^{\circ}\text{C})$	שם הפולימר המתקבל מהמונומר הנתון	נוסחת המונומר
125	טפלון – פוליטרה-פלואורו אתילן	$\text{CF}_2 = \text{CF}_2$
80	PVC – פוליוויניל כלוריד	$\text{CH}_2 = \text{CHCl}$
?	PVF – פוליוויניל פלואוריד	$\text{CH}_2 = \text{CHF}$

א. i רשום נוסחת מבנה ליחידה חוזרת עבור כל אחד מהפולימרים שבטבלה.

ii בתהליך הפלמור נדרש יזם, כדי לקבל כל אחד משלושת הפולימרים.

קבע מהי שיטת הפלמור, והסבר את תפקיד היזם.

ב. דרך את השרשרות של שלושת הפולימרים על פי יכולת הפיתול שלהן, מהיכולת

הנמוכה לגבוהה. הסבר על פי מבנה השרשרות.

ג. לפניך שלושה ערכים של טמפרטורה זגוגית, T_g : 40°C , 100°C , 180°C .

מבין ערכים אלה בחר את הערך של T_g המתאים ל-PVF. נמק.

אפשר לקבל קופולימר אקראי על ידי פלמור של מונומרים $\text{CF}_2 = \text{CF}_2$ ו- $\text{CF}_3 - \text{CF} = \text{CF}_2$.

ד. טמפרטורת ההיתוך של הקופולימר נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של טפלון.

הסבר עובדה זו.

ה. במהלך יצירת הקופולימר מוסיפים כמות קטנה של מונומר מסוג דיאן,

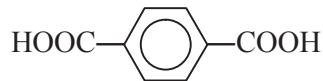
$\text{CH}_2 = \text{CH} - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH} = \text{CH}_2$. מתקבל אלסטומר שממנו מייצרים צינורות.

i מדוע יש להוסיף דיאן לקבלת אלסטומר?

ii מדוע מוסיפים כמות קטנה של דיאן?

6. השאלה עוסקת בסיבים המשמשים לייצור בדים.

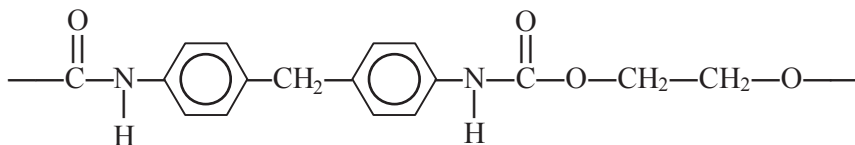
א. סיבי קוולאר הם סיבים חזקים המשמשים, בין היתר, לייצור אפודי מגן.
קוולאר מתקבל משני המונומרים האלה:



i רשום את נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של קוולאר.

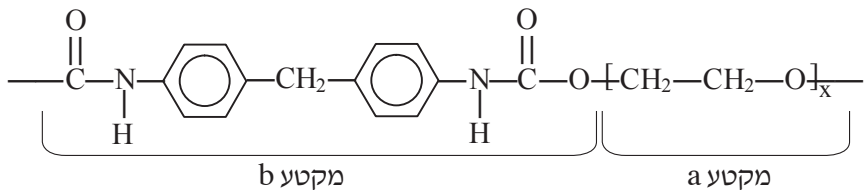
ii ציין שני מאפייני מבנה, התורמים לחוזק של סיבי קוולאר.

ב. פוליאוריתאן הוא קופולימר המשמש, בין היתר, תחליף לגומי.
לפניך קטע מייצג של פוליאוריתאן:



טמפרטורת ההיתוך, T_m , של פוליאוריתאן נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של קוולאר.
ציין שתי סיבות לכך, והסבר אותן.

ג. סיבי לייקרה הם סיבים אלסטיים המשמשים, בין היתר, לייצור בגדי ים. סיבים אלסטיים משלבים תכונות של סיבים עם תכונות של אלסטומרים. לייקרה היא קופולימר הבנוי משני סוגים של מקטעים, a ו- b. לפניך קטע מייצג של לייקרה:



x מסמן מספר יחידות חוזרות של מקטע a (עד 40).

i הסבר מדוע סיבי לייקרה הם אלסטיים.

ii קבע אם ערך T_m של לייקרה גדול מערך T_m של פוליאוריתאן או קטן ממנו. נמק.

ד. ייצרו בגדי ים חדישים מסיבים אלסטיים השונים מסיבי לייקרה – בבגדי הים החדשים מקטעי a הוחלפו במקטעים של הפולימר ניאופרן: $[-CH_2 - CCl = CH - CH_2 -]_n$.
בגדי ים אלה הדוקים יותר, סופגים פחות מים, ומקנים חלקלקות לשחיניים הלוכשים אותם.
בזכות בגדי ים אלה נשברו שיאי עולם רבים באולימפיאדת בייג'ין.

i רשום את נוסחת המבנה של המונומר שממנו נוצר ניאופרן.

ii הסבר ברמה המיקרוסקופית מדוע בגדי ים אלה סופגים פחות מים.

נושא שלישי – כימיה פיזיקלית – מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

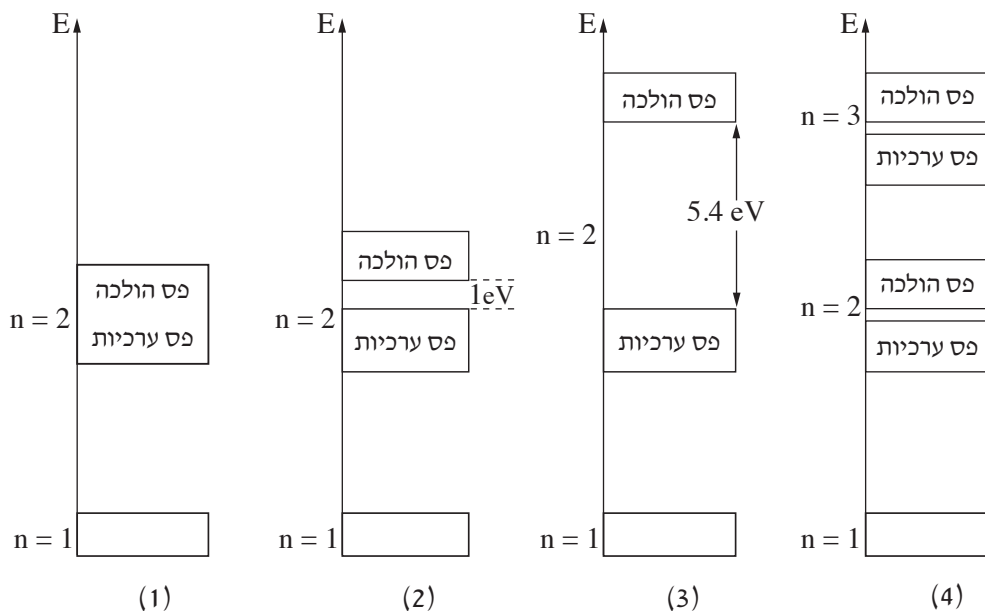
7. א. i. הסבר את המושג "אטום מעורר".
 ii. הסבר מדוע אטום מעורר פולט קרינה אלקטרומגנטית.
- ב. בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של שלושה אורכי גל המופיעים בספקטרום הפליטה של אטומי היסודות: ליתיום, Li , ופחמן, C .

אורך גל (nm)			היסוד
671	548	413	Li
658	427	392	C

- i. עבור כל אחד מאורכי הגל שבטבלה, ציין את צבע האור המתקבל.
- ii. קבע לאיזה מאורכי הגל שבטבלה מתאימה תדירות הקרינה האלקטרומגנטית הגבוהה ביותר. נמק.
- ג. רשום את היערכות האלקטרונים באטום Li ובאטום C .
- ד. בתנאים מתאימים יכולות להיווצר מולקולות Li_2 ו- C_2 .
- i. סרטט דיאגרמת אכלוס אלקטרונים ברמות אנרגיה, עבור המולקולה Li_2 .
- ii. רשום את היערכות האלקטרונים במולקולה C_2 .
- iii. קבע איזו משתי המולקולות, Li_2 או C_2 , פחות יציבה. נמק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ה. לפניך ארבעה איורים, (1)-(4), המציגים את המבנה של פסי אנרגיה של ארבעה חומרים מוצקים שונים, המכילים N אטומים.



- i קבע איזה מהאיורים (1)-(4) מתאים לליתיום $\text{Li}_{(s)}$, ואיזה ליהלום, $\text{C}_{(s)}$. נמק.
- ii לפניך שני היגדים (a)-(b) בנוגע לאיורים (1)-(4). קבע עבור כל אחד מההיגדים אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

- (a) פס הערכיות בדיאגרמת האנרגיה של יהלום מכיל $2N$ אלקטרונים.
- (b) החומר שאיור (2) מתאים לו מוליך חשמל רק מעל טמפרטורה מסוימת.

		N-P צומת	
אורביטלים	הולכה		פס
של אטומי המזהם			
			אורביטלים
	ערכיות		פס
			של אטומי המזהם

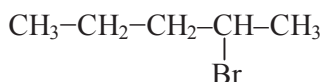
- א. i העתק את הסרטוט למחברתך, וסמן בו את המוליך למחצה מסוג N ואת המוליך למחצה מסוג P. נמק.
- ii הוסף לסרטוט סוללה וחוטים מוליכים, כך שייוצר מעגל חשמלי שזורם בו זרם.
- iii סמן בסרטוט את המטען, (+) או (-), על כל אחד מהדקי הסוללה, וסמן בחץ את כיוון התנועה של האלקטרונים במעגל.
- ב. איזה תהליך המתרחש בדיודה גורם לפליטת קרינה אלקטרומגנטית?
- ג. i חשב את פער האנרגיה, ביחידות eV, בין פס הערכיות לפס ההולכה שמתאים לדיודת LED הפולטת אור ירוק באורך גל של 510 nm. פרט את חישוביך.
- ii קבע אם פער האנרגיה עבור דיודת LED הפולטת אור כחול גדול מהערך שחישבת בתת-סעיף ג i, קטן ממנו או שווה לו. נמק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ד. דיודת LED, העשויה מגביש GaAs, פולטת קרינה אלקטרומגנטית בתחום תת־אדום (אינפ־אדום). אם מחליפים חלק מאטומי Ga באטומי Al, מתקבל גביש $Ga_{1-x}Al_xAs$. דיודה המבוססת על גביש $Ga_{1-x}Al_xAs$ יכולה לפלוט קרינה גם בתחום האור הנראה, באורכי גל המתאימים לאור אדום.
- i. הסבר מדוע החלפה של חלק מאטומי Ga בגביש באטומי Al אינה פוגעת ביכולת של הגביש לשמש דיודה.
- ii. הסבר מדוע דיודה המבוססת על גביש $Ga_{1-x}Al_xAs$ יכולה לפלוט אור אדום.
- ה. לאיזה משני הגבישים מוליכות חשמלית גבוהה יותר – לגביש GaAs או לגביש $Ga_{0.6}Al_{0.4}As$? נמק.

/המשך בעמוד 16/

נושא רביעי – כימיה אורגנית מתקדמת



9. נתונה נוסחת המבנה של 2-ברומו פנטאן:

א. יש שני אננטיומרים של 2-ברומו פנטאן.

i לכל אחד מהאננטיומרים של 2-ברומו פנטאן סרטט את המבנה המרחבי סביב

אטום הפחמן האסימטרי במולקולה. סמן באופן שרירותי את אחד האננטיומרים

ב⁺ (+) ואת השני ב⁻ (-).

ii קבע באיזה מבין המאפיינים (1)-(3) שני האננטיומרים שונים זה מזה.

(1) טמפרטורת הרתיחה.

(2) זווית הסיבוב של מישור האור המקוטב.

(3) כיוון הסיבוב של מישור האור המקוטב.

ביצעו שני ניסויים. בכל אחד מהם הגיב האננטיומר שסימנת (+) .

ב. בניסוי הראשון האננטיומר (+) של 2-ברומו פנטאן הוכנס לתמיסת

נתרן הידרוקסידי, $\text{NaOH}_{(aq)}$.

התרחשה בעיקר תגובת התמרה במנגנון S_N2 .

i נסח את התגובה שהתרחשה בניסוי הראשון.

ii הסבר מדוע התגובה התרחשה במנגנון S_N2 .

ג. בניסוי השני האננטיומר (+) של 2-ברומו פנטאן הוכנס למים. התרחשה תגובת התמרה

במנגנון S_N1 .

i נסח את מנגנון התגובה שהתרחשה בניסוי השני.

ii הסבר מדוע התגובה התרחשה במנגנון S_N1 .

ד. שני ההיגדים i-ii שלפניך מתייחסים לפעילות האופטית של תוצר התגובה שהתרחשה בכל

אחד מהניסויים. קבע עבור כל אחד מן ההיגדים, אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

i התוצר שהתקבל בניסוי הראשון אינו פעיל אופטית.

ii בניסוי השני התקבל גם האננטיומר (+) וגם האננטיומר (-) של התוצר.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ה. נתרן יודי, NaI, מתפרק ליונים באצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\ell)$. אלקיל יודידים מופקים

בתגובה במנגנון $\text{S}_{\text{N}}2$ בין אלקיל ברומידים לבין תמיסה של נתרן יודי באצטון.

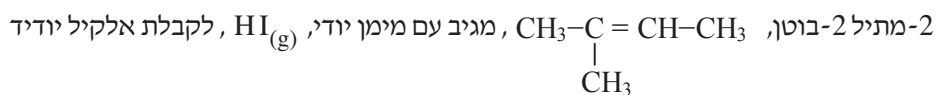
בטבלה שלפניך מוצג הקצב היחסי של תגובות ההתמרה של שלושה אלקיל ברומידים עם

יוני $\text{I}^-(\text{CH}_3\text{COCH}_3(\ell))$.

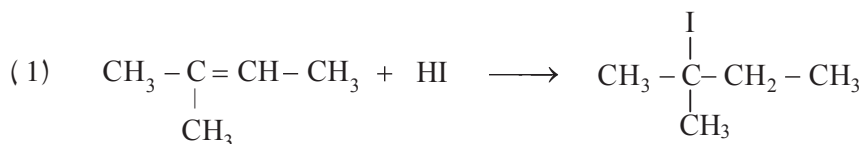
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2\text{Br}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$	אלקיל ברומיד
0.036	0.82	1	קצב תגובה יחסי

הסבר ממה נובע השוני בקצב התגובה של שלוש התרכובות.

10. אלקנים מגיבים בתגובות סיפוח לקבלת אלקיל הלידים.



על פי תגובה (1):



א. i בתגובה (1) מתקבל אלקיל הליד שלישוני ולא אלקיל הליד שניוני. הסבר עובדה זו.

ii נסח את המנגנון של תגובה (1).

iii קבע אם בתגובה (1) מימן יודי הוא נוקלאופיל או אלקטרופיל. נמק.

ב. ii במנגנון שניסחת בתת-סעיף א' השלב הראשון הוא שלב אטי, והשלב השני הוא שלב מהיר.

קבע אם עבור המגיב $\text{HI}_{(g)}$ התגובה היא מסדר אפס או מסדר ראשון. נמק.

ג. תוצר תגובה (1) הוא נוזל בטמפרטורת החדר. מגיבים את התוצר עם מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$.

מתרחשת תגובה (2).

i נסח את תגובה (2).

ii על פי איזה מנגנון מתרחשת תגובה (2)? נמק.

iii טמפרטורת הרתיחה של 2-מתיל-2-בוטן היא 39°C .

תוצר תגובה (2) הוא נוזל בטמפרטורת החדר. קבע אם טמפרטורת הרתיחה של

תוצר זה גבוהה או נמוכה מ- 39°C . נמק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

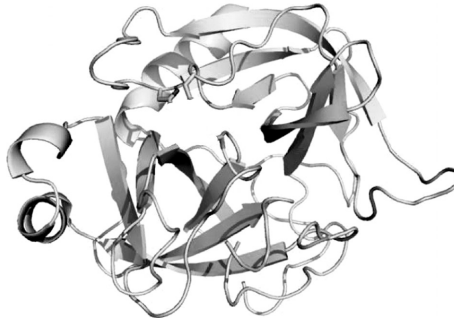
- ד. i בתגובה (3), מגיב 2-מתיל-2-בוטן עם מימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$, ומתקבל אלקיל ברומיד מתאים. נסח את תגובה (3).
- ii תוצר תגובה (3) מגיב עם $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, בתגובה (4).
קבע אם קצב התגובה של תגובה (4) גדול מקצב התגובה של תגובה (2), קטן ממנו או שווה לו. נמק.

/המשך בעמוד 20/

נושא חמישי — כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

11. כימוטריפסין A הוא אנזים הפועל במערכת העיכול של יונקים.

האיור שלפניך מציג מודל של כימוטריפסין A.



כימוטריפסין A מזרז את ההידרוליזה של הקשר הפפטידי בצד הקרבוקסילי של

החומצות האמיניות פנילאלנין, Phe, טריפטופן, Trp, וטירוזין, Tyr.

מולקולת כימוטריפסין A בנויה מכמה שרשרות פוליפפטידיות, מקופלות במבנה דחוס,

דמוי פקעת. המולקולה מכילה 241 שיירים של חומצות אמיניות ו-5 קשרי דרגפרית.

א. i הסבר כיצד המבנה המרחבי של כימוטריפסין A מיוצב, בין היתר, על ידי

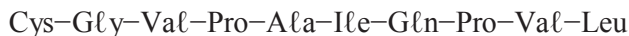
אינטראקציות הידרופוביות וקשרי דרגפרית.

ii האם על פי המספר של קשרי דרגפרית אפשר לקבוע כמה

שרשרות פוליפפטידיות יש במולקולת כימוטריפסין A? נמק.

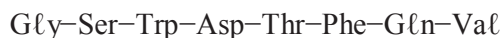
ב. כימוטריפסין A יש מקטעים שאינם ערוכים במבנה מוגדר של

סליל α או משטח β . לדוגמה, המקטע שלפניך:



הסבר מדוע מקטע זה אינו יכול להיערך במבנה של סליל α וגם לא במבנה של משטח β .

ג. לפניך רצף של חומצות אמיניות בפפטיד:



פפטיד זה עבר הידרוליזה בנוכחות כימוטריפסין A.

על פי הנתונים בשאלה, רשום את הרצף של החומצות האמיניות בכל אחד מהתוצרים

שהתקבלו מהידרוליזה של הפפטיד.

הנקודה האיזואלקטרית (pI) של כימוטריפסין A היא ב- $\text{pH} = 8.75$.

$\text{pH} = 7.8$ הוא המתאים ביותר לפעילות האנזימטית של כימוטריפסין A.

ד. i קבע אם ב- $\text{pH} = 7.8$ המטען הכולל של כימוטריפסין A הוא חיובי, שלילי או שווה לאפס.

ii הסבר מדוע ב- pH שונה מ- 7.8 הפעילות האנזימטית של כימוטריפסין A חלשה יותר מאשר ב- $\text{pH} = 7.8$.

ה. בטבלה שלפניך מוצגים נתונים בעבור שיירים של חומצות אמיניות הנמצאות באתר הפעיל של כימוטריפסין A.

שיירי חומצות אמיניות	pK_R
His	6
Asp	3.65
Ser	—

i קבע מהו המטען החשמלי על הקבוצה הצדדית של Asp, ב- $\text{pH} = 7.8$. נמק.

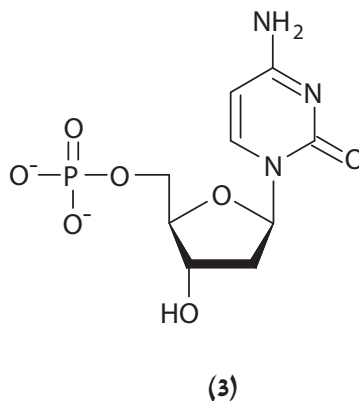
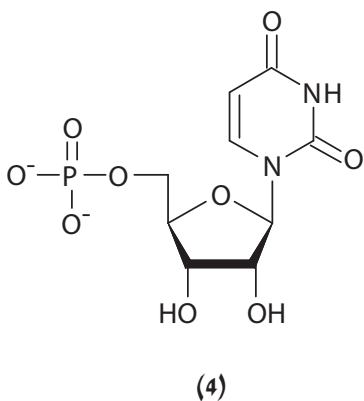
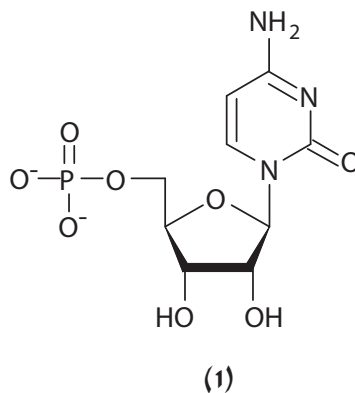
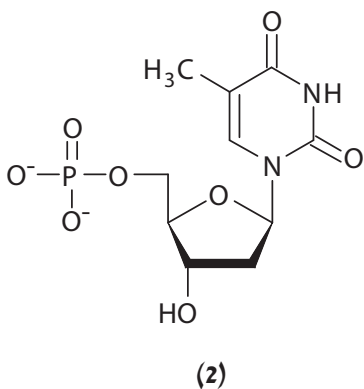
ii קבע עבור כל אחד מההיגדים (1)-(2) שלפניך אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

(1) ב- $\text{pH} = 7.8$ יכול להיווצר קשר מימני בין הקבוצות הצדדיות של Ser ושל His שבאתר הפעיל.

(2) ב- $\text{pH} = 7.8$ יכולות להיווצר אינטראקציות יוניות בין הקבוצות הצדדיות של His ושל Asp שבאתר הפעיל.

12. לפניך נוסחאות מבנה של ארבעה נוקלאוטידים (1)-(4):

שניים מהנוקלאוטידים של DNA (דנ"א), ושניים של RNA (רנ"א).



- א. i קבע אם הבסיסים החנקניים בשני הנוקלאוטידים של DNA יכולים לשמש
בסיסים משלימים זה את זה. נמק.
- ii בחר באחד הנוקלאוטידים של DNA והעתק את נוסחתו למחברתך. סמן בנוסחה
קשר אסטרי וקשר N-גליקוזידי.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ב. חלבונים היסטונים, האחראים לאריזה הצפופה של מולקולות ה־ DNA בכרומוזומים, מכילים אחוז גבוה של החומצות האמיניות ליזין וארגינין. אילו קשרים נוצרים בין החלבונים ההיסטונים לבין מולקולות ה־ DNA ? הסבר.

ג. לפניך רצף של נוקלאוטידים בשרשרת ה־ mRNA (רנ"א שליח):

5' GUAGCCUACUAGCCA 3'

רצף זה התקבל מקטע DNA של חיידק E. coli.

i רשום את רצף הנוקלאוטידים בשרשרת ה־ DNA שעברה תעתוק.

ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

ii רשום את רצף הנוקלאוטידים בשרשרת השנייה באותה מולקולת DNA.

ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

ד. במעבדה לחקר חיידקים גידלו תרבית חיידקים על מצע המכיל תימין פגום. במולקולות של התימין הפגום הוחלפו אטומי חמצן, O, באטומי גפרית, S. קבע באיזו מולקולה של DNA הקשרים בין שתי השרשרות חזקים יותר — במולקולת DNA המכילה תימין או במולקולת DNA המכילה תימין פגום. נמק.

ה. ב־ DNA יש טבעות ציטוזין עם קבוצת מתיל, $-\text{CH}_3$, על אטום פחמן מספר 5.

i רשום נוסחת מבנה למולקולה של ציטוזין עם קבוצת מתיל על אטום פחמן מספר 5.

ii נוכחות של טבעות ציטוזין עם קבוצת מתיל לא משבשת את רצף הנוקליאוטידים

בשרשרת ה־ DNA. הסבר מדוע.

נושא שישי – כימיה של הסביבה

13. במהלך הטיפול במי שתייה מוסיפים למים אלומיניום גפרתי, $Al_2(SO_4)_3(s)$. חומר זה מתמוסס במים ומגיב עם סידן מימן-פחמתי המומס במי השתייה, $Ca(HCO_3)_2(aq)$. בתגובה זו נוצר אלומיניום הידרוקסיד $Al(OH)_3(s)$, המופיע בצורת פתיתים. הפתיתים מושכים אליהם חומרים המרחפים במים והם שוקעים יחד. תוצרים נוספים של התגובה הם סידן גפרתי $CaSO_4(s)$, ופחמן דו-חמצני, $CO_2(g)$.
- א. נסח ואזן את התגובה בין אלומיניום גפרתי לבין סידן מימן-פחמתי המומסים במים. ביולי 1988 הוזדחמו מי שתייה בקמלפורד שבאנגליה. למכל שמספק מי שתייה לבתים הוכנסו בטעות 20 טון של $Al_2(SO_4)_3(s)$. באנגליה, הריכוז המרבי המותר של יוני אלומיניום, $Al_{(aq)}^{3+}$, במי שתייה הוא 200 מיקרוגרם לליטר (1 מיקרוגרם = 10^{-6} גרם).
- ב. חשב את הריכוז המולרי המרבי המותר של יוני $Al_{(aq)}^{3+}$ במי שתייה. פרט את חישוביך. השיטה לקביעת ריכוז יוני אלומיניום, $Al_{(aq)}^{3+}$, במי שתייה היא טיטרציה קומפלקסומטרית בנוכחות אינדיקטור סולוכרום שחור. צבע האינדיקטור בתמיסה מימית הוא כחול. כאשר האינדיקטור יוצר קומפלקס עם יוני מתכות, מתקבל צבע אדום.
- בשלב הראשון מוסיפים לדגימת מים תמיסת $EDTA_{(aq)}$ בעודף ובריכוז ידוע, כדי שכל יוני $Al_{(aq)}^{3+}$ יגיבו עם EDTA ליצירת יוני קומפלקס, על פי התגובה:
- $$Al_{(aq)}^{3+} + EDTA_{(aq)} \rightarrow Al(EDTA)_{(aq)}^{3+}$$
- בשלב השני מוסיפים לדגימה תמיסת אינדיקטור סולוכרום שחור.
- בשלב השלישי מטטרים את העודף של EDTA על ידי תמיסת אבץ חנקתי, $Zn(NO_3)_2(aq)$, בריכוז ידוע. יוני $Zn_{(aq)}^{2+}$ מגיבים עם EDTA ויוצרים יוני קומפלקס $Zn(EDTA)_{(aq)}^{2+}$. החישוב של מספר המולים של יוני $Al_{(aq)}^{3+}$ בדגימה נעשה על ידי חישוב של מספר המולים של יוני $Zn_{(aq)}^{2+}$ ממספר המולים של EDTA.
- ג. i מהו צבע הדגימה בסיום השלב השני? נמק.
 ii מהו צבע הדגימה בנקודת הסיום של הטיטרציה? נמק.
- (שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ד. לאחר פעולות ניקוי המים, נלקחו באזור קמלפורד מי ברז לבדיקה. בטבלה שלפניך מוצגים נתוני הבדיקה של שלוש דגימות מי ברז.

הנפח של תמיסת 0.001M $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ שהוספה עד נקודת הסיום (מ"ל)	הנפח של תמיסת 0.001M EDTA שהוספה בעודף (מ"ל)	נפח המים בדגימה (מ"ל)	דגימה
10	30	50	1
11	30	50	2
9	30	50	3

- i מהו הנפח של תמיסת $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$, שעל פיו יש לחשב את הריכוז של יוני $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$ במי ברז? נמק.
- ii חשב את מספר המולים של יוני אלומיניום ב- 50 מ"ל של מי ברז. הנח שריכוז יוני $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ במים זניח. פרט את חישוביך.
- iii האם מי הברז שנבדקו בקמלפורד ראויים לשתיה? נמק.

14. א. אטומי ליתיום בולעים קרינה אלקטרומגנטית באורכי גל 671 nm ו- 610 nm.

i קבע (ללא חישוב) באיזה מאורכי הגל הנתונים תדירות הקרינה גבוהה יותר. נמק.

ii חשב את האנרגיה של פוטון באורך גל 671 nm. פרט את חישוביך.

ב. קבע עבור כל אחד מההיגדים i-iii שלפניך, אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

i כל פוטון שייבלע על ידי אטום במצב יסוד יגרום למעבר האטום למצב מעורר.

ii אטום במצב מעורר הוא יציב.

iii אפשר לזהות אטום של יסוד על פי ספקטרום פליטה האופייני לו.

בשנת 2008 פורסם בארצות-הברית מחקר בנושא הקשר בין ריכוז יוני ליתיום, $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$,

במי שתייה לבין רמת האלימות באוכלוסייה ומספר מקרי הדיכאון שבה.

נמצא ששני מדדים אלה נמוכים יותר באזורים שבהם ריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ במי השתייה גבוה יותר.

מדידת הריכוז של יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ במי השתייה נעשית בשיטה ספקטרופוטומטרית במכשיר שנקרא

"ספקטרופוטומטר בליעה אטומית". במכשיר זה יוני ליתיום הופכים לאטומים.

החוקרים ביצעו מדידות באורך גל 671 nm.

ג. החוקרים הכינו ארבע תמיסות שהכילו יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ בריכוזים שונים, ומדדו את

עוצמת הבליעה של אטומי הליתיום. בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות.

ריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ בתמיסה ($\frac{\text{mg}}{\text{liter}}$)	בליעה באורך גל 671 nm
0.04	0.02
0.08	0.04
0.16	0.08
0.20	0.10

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- i על פי התוצאות שבטבלה, סרטט גרף כיול המתאר את הקשר בין הבליעה לבין הריכוז של יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ בתמיסה.
- ii הסבר מדוע עוצמת הבליעה של אטומי הליתיום עולה עם העלייה בריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$.
- iii בדגימה מסוימת נמדדה בליעה 0.055. מצא מהו הריכוז של יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ בדגימה. הסבר.
- ד. בדגימה אחרת נמצא שריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ במים הוא בערך $0.5 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$. הסבר כיצד בעזרת גרף הכיול שסרטטת אפשר למצוא את הריכוז המדויק של יוני הליתיום בדגימה.

נושא שביעי – אנרגטיקה ודינמיקה שלב שני

15. לפניך נתונים תרמודינמיים ב-298K, עבור שתי תחמוצות חנקן: NO(g) ו-NO₂(g).

$\Delta H_f^\circ (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$\Delta G_f^\circ (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	
33.2	51.3	NO ₂ (g)
90.4	86.6	NO(g)

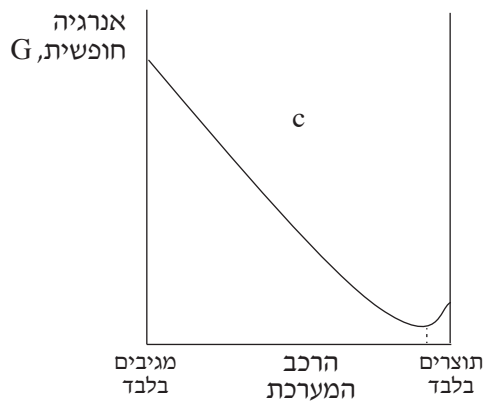
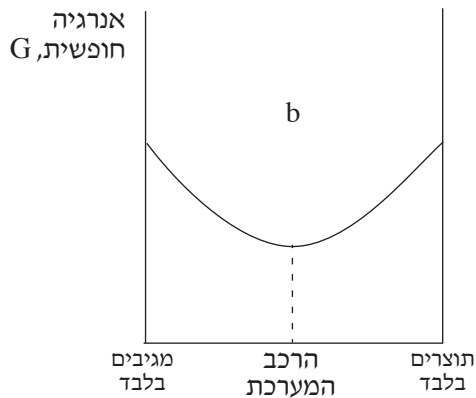
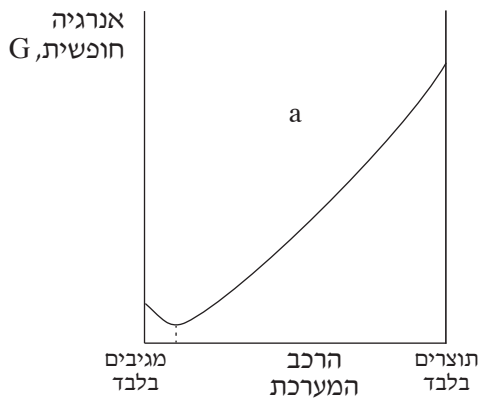
- א. i נסח ואזן את תגובת ההתהוות של 1 מול תחמוצת NO₂(g).
 ii קבע אם $\Delta S_{\text{מערכת}}^\circ$ של תגובה זו גדול מאפס או קטן מאפס. נמק.
 iii עבור תגובה זו סרטט גרף סכמטי המציג שינוי באנרגיה חופשית תקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה. סמן בגרף את הערכים ΔH_f° ו- ΔG_f° של NO₂(g).
 ב. i היעזר בגרף שסרטטת בתת-סעיף א iii וקבע איזה מן ההיגדים II-I שלפניך נכון. נמק.
 I אין טמפרטורה שבה תגובה זו מגיעה למצב של שיווי-משקל.
 II עבור תגובה זו $K < 1$ בכל טמפרטורה.



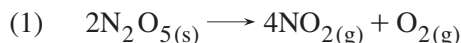
- ג. i איזו תגובה – ישירה או הפוכה, מועדפת עד שמושג מצב של שיווי-משקל בתנאי תקן ב-298K? פרט את חישוביך והסבר.
 ii חשב את הערך של $\Delta S_{\text{מערכת}}^\circ$ עבור התגובה הנתונה ב-298K. פרט את חישוביך.
 iii חשב את הטמפרטורה שבה $K = 1$. פרט את חישוביך והסבר.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ד. קבע איזה מהגרפים a, b, c שלפניך מתאר נכון את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת עבור התגובה הנתונה ב- 298K. נמק.



16. א. בתוך כלי, המוחזק בטמפרטורה 298K, התפרקה התחמוצת $N_2O_{5(s)}$ על פי תגובה (1):



בטבלה שלפניך מוצגים ריכוזים של $NO_{2(g)}$ שנמדדו במהלך התגובה.

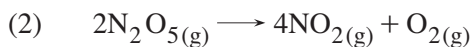
זמן (דקות)	$[NO_{2(g)}]$ (M)
0	0
200	0.0108
400	0.0176
600	0.0220
800	0.0250
1000	0.0268

i חשב את קצב התגובה הממוצע של תגובה (1) ב- 200 הדקות הראשונות.
פרט את חישוביך.

ii קבע על פי נתוני הטבלה אם קצב התגובה הממוצע קטן או גדל במשך 600 הדקות הראשונות. נמק.

ב. 2.36 גרם של $N_2O_{5(s)}$ הוכנסו לשקית ריקה. סגרו את השקית, והכניסו אותה לאמבט מים בטמפרטורה של 338K. כל החומר עבר המראה. מה היה נפח השקית בתום תהליך ההמראה, אם לחץ הגז בשקית היה 1 אטמוספירה?
פרט את חישוביך.

בטמפרטורה 338K התרחשה תגובה (2):



ג. לפניך שלושה ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית, S^0 :

$$240 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad 205 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad 365 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

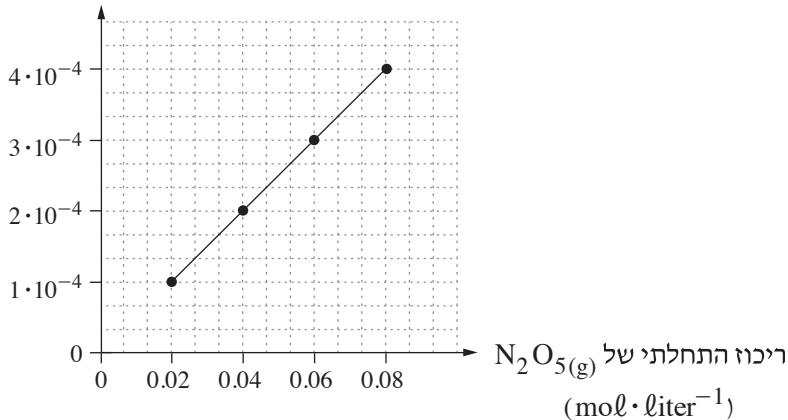
התאם ערך של S^0 לכל אחד מהחומרים המשתתפים בתגובה (2). נמק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

בגרף שלפניך מוצג קצב התגובה ההתחלתי כפונקציה של ריכוז של $N_2O_5(g)$ בתגובה (2).

קצב תגובה התחלתי

$(\text{mol} \cdot \text{liter}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$



ד. עבור תגובה (2):

- i קבע את סדר התגובה.
- ii רשום את משוואת הקצב.
- iii חשב את הערך של קבוע הקצב k , וציין את היחידות המתאימות. פרט את חישוביך.

ה. חשב את הריכוז של $N_2O_5(g)$ כעבור 276 שניות, אם נתון שהריכוז ההתחלתי

של $N_2O_5(g)$ היה 0.08 M. פרט את חישוביך.

ו. קבע איזה מההיגדים (a), (b), (c) שלפניך הוא ההיגד הנכון.

(a) סדר התגובה תלוי בטמפרטורה שבה מבצעים את התגובה.

(b) הערך של קבוע הקצב תלוי בטמפרטורה שבה מבצעים את התגובה.

(c) הערך של קבוע הקצב תלוי בריכוז ההתחלתי של המגיב.

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך