

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.

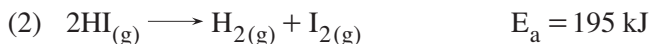
פרק ראשון (50 נקודות)

נושא חובה – אנרגיה ודינמיקה 1

ענה על אחת מהשאלות 1-2.

1. השאלה עוסקת בשתי תגובות הפוכות זו לזו, (1) ו- (2), המתרחשות באותה טמפרטורה.

נתונים ניסוחי התגובות, והערך של אנרגיית השפעול, E_a , לכל תגובה.



א. i. הסבר על פי תורת ההתנגשויות מהי אנרגיית שפעול של תגובה.

ii. קבע איזו משתי התגובות ההפוכות, (1) או (2), היא אקסותרמית ואיזו מהן

היא אנדותרמית. סרטט גרף המתאר את השתנות האנרגיה במהלך שתי התגובות,

והסבר בעזרתו את קביעתך.

ב. חשב את הערך של שינוי האנתלפיה התקנית, ΔH° , עבור תגובה (1).

פרט את חישוביך.

ג. בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנטרופיה תקנית, S° , של המגיבים

ושל התוצר בתגובה (1).

חומר	$\text{HI}_{(g)}$	$\text{I}_{2(g)}$	$\text{H}_{2(g)}$
אנטרופיה תקנית $S^\circ \left(\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right)$	206.5	260.7	130.6

i. חשב את השינוי באנטרופיה של המערכת, $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}}$, עבור תגובה (1).

פרט את חישוביך.

ii. קבע אם תגובה (1) ספונטנית בתנאי תקן ב- 298 K . נמק. /המשך בעמוד 3/

- ד. לתוך כלי סגור שנפחו 1 ליטר, המצוי בטמפרטורה 700 K ,
 הכניסו 0.01 מול גז מימן יודי, $\text{HI}_{(g)}$. לאחר 16 דקות נמצאו בכלי 0.0044 מול $\text{HI}_{(g)}$.
 i חשב את ריכוז המימן, $\text{H}_{2(g)}$, לאחר 16 דקות מתחילת הניסוי. פרט את חישוביך.
 ii חשב מהו הקצב של תגובה (2) במשך 16 דקות מתחילת הניסוי.
פרט את חישוביך.
- ה. לשלושה כלים שנפחם שווה, הנמצאים באותה טמפרטורה, הכניסו אותה כמות של $\text{HI}_{(g)}$.
 כלי I – פתוח
 כלי II – סגור ולא מבודד
 כלי III – סגור ומבודד
 קבע איזה מן ההיגדים שלפניך, a או b , הוא נכון. הסבר מדוע פסלת את ההיגד האחר.
 a. המערכת הגיעה למצב שיווי-משקל בכל אחד משלושת הכלים I , II , III .
 b. חצי שעה לאחר תום התגובה, הטמפרטורה בכלי II הייתה שונה
 מהטמפרטורה בכלי III .

/המשך בעמוד 4/

2. חנקן דו־חמצני, $\text{NO}_{2(g)}$, משמש בין היתר דלק לטילים. $\text{NO}_{2(g)}$ מתקבל על פי תגובה (1):



חנקן חד־חמצני, $\text{NO}_{(g)}$, וחמצן, $\text{O}_{2(g)}$, הם גזים חסרי צבע, ואילו לגז חנקן דו־חמצני, $\text{NO}_{2(g)}$, צבע חום.

נערכו שלושה ניסויים שבהם הכניסו לכלים ריקים $\text{NO}_{(g)}$ ו־ $\text{O}_{2(g)}$, וסגרו את הכלים.

בכל אחד מהכלים הריכוזים ההתחלתיים של שני הגזים היו שווים.

בכל אחד מהכלים המערכת הגיעה למצב שיווי־משקל.

בכל אחד מן הניסויים ביצעו את תגובה (1) בטמפרטורה אחרת וחישבו את ערכו של K_c .

הטמפרטורה שבה נערך כל ניסוי:

— ניסוי I ב־ 298 K

— ניסוי II ב־ 500 K

— ניסוי III ב־ 1100 K

א. i לפניך ערכים של קבועי שיווי־משקל, K_c , כפי שחושבו בניסויים:

— $4.9 \cdot 10^{-2}$

— $4.8 \cdot 10^{12}$

— $7.1 \cdot 10^4$

התאם לכל אחד מן הניסויים III-I את ערך K_c של המערכת. נמק.

ii קבע באיזה משלושת הניסויים עוצמת הצבע החום של תערובת הגזים שהתקבלה

במצב שיווי־משקל היא הגדולה ביותר. נמק.

iii קבע באיזה משלושת הניסויים המערכת הגיעה למצב של שיווי־משקל

בזמן הקצר ביותר. נמק בעזרת תורת ההתנגשויות.

ב. קבע אם תגובה (1) ספונטנית בתנאי תקן בטמפרטורה 1100 K. פרט את חישוביך ונמק.

/המשך בעמוד 5/

ג. ערכו ניסוי נוסף בטמפרטורה 500 K. לכלי ריק הכניסו $\text{NO}_{(g)}$ ו- $\text{O}_{2(g)}$, וסגרו את הכלי. לאחר זמן מה נמצא כי הרכב המערכת הוא:

$$[\text{NO}_{(g)}] = 0.12 \text{ M} , [\text{O}_{2(g)}] = 2.4 \text{ M} , [\text{NO}_{2(g)}] = 3.6 \text{ M}$$

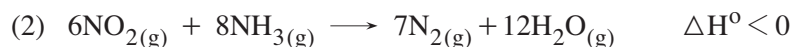
קבע אם המערכת בהרכב זה נמצאת במצב שיווי-משקל.

אם כן – נמק.

אם לא – קבע איזו מן התגובות היא המועדפת עד להשגת מצב שיווי-משקל – הישירה או ההפוכה. נמק.

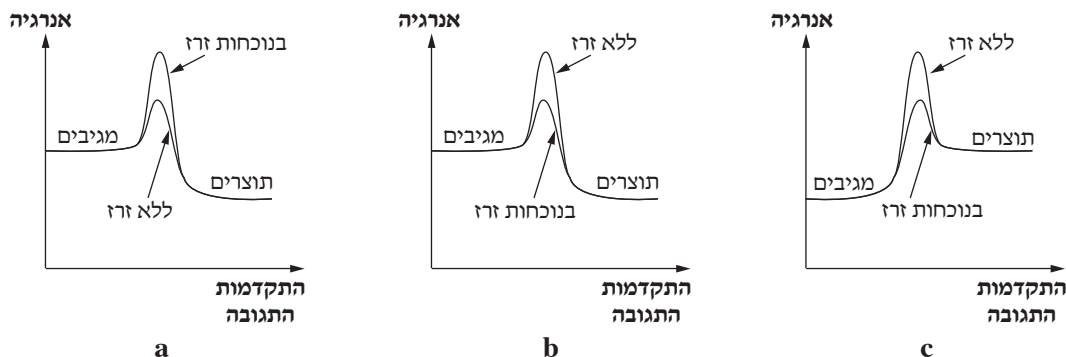
ד. בתהליך הייצור של $\text{NO}_{2(g)}$, תערובת גזים (המכילה שאריות של תחמוצות חנקן) עלולה להיפלט ממכל התגובה לסביבה ולזהם את האוויר.

כדי לצמצם את זיהום האוויר מעבירים את תערובת הגזים דרך מתקן הנקרא ממיר קטליטי. בממיר הקטליטי מתרחשת תגובה (2) בנוכחות זרז מתאים כגון פלטינה, $\text{Pt}_{(s)}$. תוצרי התגובה אינם מזיקים לסביבה.



איזה מהגרפים c-a שלפניך מתאר נכון את השתנות האנרגיה במהלך תגובה (2) בנוכחות זרז וללא זרז?

הסבר מדוע פסלת את שני הגרפים האחרים.



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 ותרבותיו

3. השאלה עוסקת בברומידים.
 בטבלה שלפניך מוצגים נתונים של שלושה ברומידים המסומנים באופן שרירותי באותיות A, B, C.

הברומיד	המסיסות במים	אחד השימושים
A	גבוהה	מעכב בערה
B	גבוהה	תמיסתו המימית משמשת בקידוחי נפט
C	זניחה	בצילום (במצלמה לא דיגיטלית)

- א. זהה את הברומידים המסומנים באותיות A, B, C מבין הברומידים:
 סידן ברומי, $\text{CaBr}_{2(s)}$; אמוניום ברומי, $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$; כסף ברומי, $\text{AgBr}_{(s)}$.
- ב. i קבע אם ברומיד A הוא מעכב בערה פעיל או מעכב בערה מוסף. נמק.
 ii ציין דרך אחת שבה ברומיד A גורם לעיכוב הבערה. הסבר.
- ג. i מבין התכונות שלפניך בחר בשתי תכונות של התמיסה המימית של ברומיד B, המאפשרות להשתמש בה בקידוחי נפט:
 — צפיפות נמוכה.
 — תמיסה צלולה.
 — נדיפות גבוהה.
 — טמפרטורת גיבוש נמוכה.
 — יכולת שיתוך נמוכה.
 — כושר חיזור נמוך.
- ii בקידוחי נפט משתמשים כיום בתמיסות מימיות המכילות, נוסף לברומיד B, מרכיבים כגון תמיסת אבץ ברומי, $\text{ZnBr}_{2(aq)}$.
 הרכב התמיסה משתמשים בה נקבע בהתאם לטמפרטורה באזור הקידוח.
 הסבר את הקשר בין הרכב התמיסה לבין הטמפרטורה באזור הקידוח.

/המשך בעמוד 7/

ד. תחליב צילום (אמולסיית צילום) מכיל גבישים קטנים של ברומיד C.

כאשר גבישים אלה נחשפים לאור מתרחשת תגובה שבה מתקבלת, בין היתר, מתכת.

נסמן מתכת זו באופן שרירותי באות M .

i קבע אם המתכת M היא תוצר של חמצון או תוצר של חיזור. נמק.

ii כשמערבבים תמיסת נתרן ברומי, $\text{NaBr}_{(aq)}$, עם תמיסת $\text{MNO}_{3(aq)}$

מתרחשת תגובת שיקוע ומתקבל הברומיד C.

התבסס על הנתונים שבשאלה ורשום ניסוח נטו לתגובה זו. השתמש

בנוסחאות החומרים ולא בסימונים השרירותיים C ו- M .

iii צייר תרשים זרימה לייצור ברומיד C מוצק בתעשייה, על פי התהליך

המתואר בתת-סעיף ד ii.

4. בתכנון של תהליך ייצור בתעשייה כימית יש חשיבות לבחירת חומרי הגלם.

א. ציין שלושה שיקולים בבחירת חומרי הגלם בתעשייה כימית.

סעיפים ב-ה עוסקים בתהליכי ייצור שחומר הגלם בהם הוא תמיסת מימן ברומי, $\text{HBr}_{(\text{aq})}$.

תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ מתקבלת על ידי ספיגת $\text{HBr}_{(\text{g})}$ במים.

במפעל "תרכובות ברום" יש שני מקורות ל- $\text{HBr}_{(\text{g})}$:

מקור I — $\text{HBr}_{(\text{g})}$ שהוא תוצר בתגובה בין מימן, $\text{H}_{2(\text{g})}$, לברום, $\text{Br}_{2(\text{g})}$.

מקור II — $\text{HBr}_{(\text{g})}$ שהוא תוצר לוואי בתהליכי ייצור של תרכובות פחמן המכילות ברום.

ב. באיזה משני המקורות, I או II, של $\text{HBr}_{(\text{g})}$, כדאי להשתמש כדי לקבל תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$

בדרגת ניקיון גבוהה יותר? נמק.

ג. בתמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ ממקור I משתמשים בתהליך הייצור של תמיסת ליתיום ברומי, $\text{LiBr}_{(\text{aq})}$,

המשמשת במערכות קירור ומיזוג אוויר.

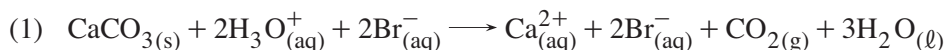
בתמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ ממקור II משתמשים בתהליך הייצור של תמיסת סידן ברומי, $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$.

הסבר מדוע בתהליך הייצור של תמיסת $\text{LiBr}_{(\text{aq})}$ משתמשים בתמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ ממקור I

בעוד שבתהליך הייצור של תמיסת $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$ משתמשים בתמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ ממקור II.

בתשובתך התייחס לשימושים השונים של תמיסות החומרים.

ד. תמיסת סידן ברומי, $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$, מיוצרת במפעל על פי תגובה (1):



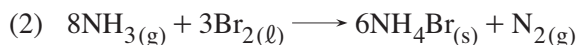
i במכל התגובה מתקבלת תמיסת $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$ שריכוזה 48%, כלומר בכל 100 גרם תמיסה יש 48 גרם CaBr_2 .

מהי המסה של סידן פחמתי, $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$, הדרושה להפקת 1000 ק"ג תמיסת $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$?

הנח שאחוז ההמרה הוא 100% ואחוז הניצולת 95%. פרט את חישוביך.

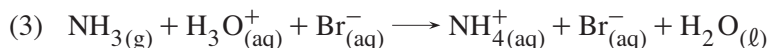
ii הסבר מדוע בתהליך זה אחוז הניצולת קטן מ-100%.

ה. במפעל "תרכובות ברומ" מייצרים אמוניום ברומי, $\text{NH}_4\text{Br}_{(\text{s})}$, על פי תגובה (2):



אפשר לייצר $\text{NH}_4\text{Br}_{(\text{s})}$ גם על ידי אידי המים מתמיסת $\text{NH}_4\text{Br}_{(\text{aq})}$

המיוצרת על פי תגובה (3):



i ציין יתרון אחד לשיטת הייצור המבוססת על תגובה (3) לעומת שיטת הייצור

המבוססת על תגובה (2).

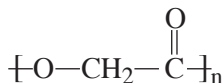
ii למרות היתרונות של השיטה המבוססת על תגובה (3), בחרו במפעל

"תרכובות ברומ" לייצר $\text{NH}_4\text{Br}_{(\text{s})}$ על פי תגובה (2). הסבר מדוע.

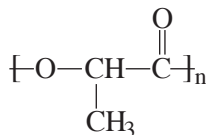
/המשך בעמוד 10/

נושא שני – פולימרים

5. בשנים האחרונות התרחב השימוש בפולימרים מתכלים בתחומים רבים. שניים מהפולימרים המתכלים הנפוצים הם פולי-חומצה לקטית (PLA) ופולי-חומצה גליקולית (PGA). נתונות נוסחאות המבנה של שני הפולימרים:



PGA



PLA

- א. i קבע עבור כל אחד משני הפולימרים באיזו שיטה הוא הוכן – דחיסה או סיפוח.
ii עבור כל אחד מהפולימרים PLA ו- PGA רשום את נוסחת המבנה של המונומר.

בטבלה שלפניך מוצגים ערכי Tm של שני הפולימרים.

טמפרטורת היתוך Tm (°C)	הפולימר
160	PLA
220	PGA

ב. הסבר את ההבדל בין ערכי Tm של שני הפולימרים.

ג. פולימרים מתכלים הם פולימרים אשר בתנאים מתאימים הרכבם מאפשר פירוק בתוך פרק זמן מסוים.
הפולימרים PLA ו- PGA מתפרקים בתהליך ההידרוליזה שנמשך ימים רבים.
במהלך ההידרוליזה שרשרות הפולימרים מתקצרות בהדרגה, ולאחר זמן מה מתקבלות מולקולות המונומרים.

- i נמצא כי ההידרוליזה מתרחשת תחילה באזורים האמורפיים של הפולימר ולאחר מכן באזורים הגבישיים. הסבר מדוע ההידרוליזה מתרחשת תחילה באזורים האמורפיים.
ii רשום קטע מייצג לפולימר PLA.
iii בחר שניים מן הקשרים או האינטראקציות מהרשימה שלפניך שניתקים במהלך הפירוק של הפולימר PLA. נמק כל אחת מן הבחירות.

— קשרי C—C

— קשרי C—O

— קשרי C=O

— קשרי C—H

— אינטראקציות ון-דר-וולס

$$\left[\text{N} \begin{array}{c} | \\ \text{H} \end{array} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} \right]_n$$

ה. הכינו קופולימר אקראי מהמונומרים של ניילון 4 ו- PLA.

ii קבע איזה פולימר מתכלה בזמן קצר יותר – ניילון 4 או הקופולימר.

6. בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שלושה פולימרים מסוג פוליאקרילט.

סימון הפולימר	שם הפולימר	נוסחת היחידה החוזרת של הפולימר	טמפרטורה זגוגית Tg (°C)
A	פולימתיל אקרילט (PMA)	$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ $\quad \quad $ $\quad \quad \text{COOCH}_3$	9
B	פולימתיל מתאקרילט (PMMA)	$\text{—CH}_2\text{—C—}$ $\quad \quad $ $\quad \quad \text{COOCH}_3$ $\quad \quad \text{CH}_3$	105
C	פוליאתיל מתאקרילט (PEMA)	$\text{—CH}_2\text{—C—}$ $\quad \quad $ $\quad \quad \text{COOCH}_2\text{CH}_3$ $\quad \quad \text{CH}_3$	65

- א. i הסבר מדוע ערך ה- Tg של פולימר B גבוה מערך ה- Tg של פולימר A.
 ii מהו הגורם העיקרי להבדל בערכי ה- Tg של פולימרים B, C ?

ב. במעבדה הכינו שתי מנות, I ו- II, של פולימר C. שתי המנות הוכנו מכמויות שוות של המונומר.

מנה I הוכנה בנוכחות כמות גדולה של יזם. דרגת הפלמור הממוצעת של הפולימר שהתקבל הייתה $\overline{DP} = 80$. מנה II הוכנה בנוכחות כמות קטנה של יזם.

- i קבע אם מספר שרשרות הפולימר שהתקבלו במנה II גדול ממספר שרשרות הפולימר שהתקבלו במנה I, קטן ממנו או שווה לו. נמק.
 ii קבע אם דרגת הפלמור הממוצעת, $\overline{DP}$, של הפולימר במנה II גדולה מ- 80, קטנה מ- 80 או שווה ל- 80. נמק.

- iii הכינו מנה נוספת, III, של פולימר C. לשם כך הכניסו לכלי התגובה 3.42 גרם של מונומר ו- $2.5 \cdot 10^{-4}$ מול של יזם. החומרים הגיבו בשלמות.
 נתון כי מספר השרשרות הצומחות היה כפול ממספר חלקיקי היזם.

חשב את המסה המולרית הממוצעת של פולימר C במנה III. פרט את חישוביך.

לפניך חלק מהתכונות הנדרשות מפולימר כדי שיתאים להכנת עדשות מגע:

— שקיפות

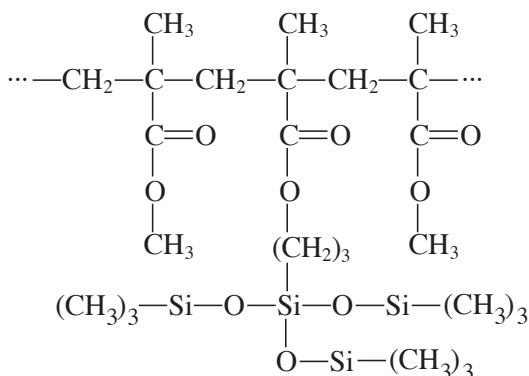
— חדירות לחמצן

— יכולת לספוג את המים שבנוזלי העין.

פולימר B הוא הפולימר הראשון שממנו ייצרו עדשות מגע קשות.

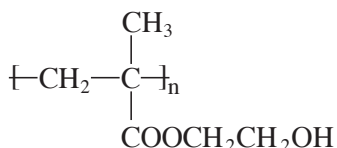
ג. פולימר B שקוף, כי הוא פולימר אמורפי — אחוז הגבישיות שלו נמוך. הסבר מדוע אחוז הגבישיות של פולימר B נמוך.

ד. החדירות לחמצן של פולימר B אינה טובה, לכן עברו לשימוש בקופולימר D. לפניך נוסחת מבנה לקטע מייצג של קופולימר D:



הסבר מדוע החדירות לחמצן של קופולימר D טובה מהחדירות לחמצן של פולימר B. בהסברך התייחס למבנה של קופולימר D ופולימר B.

ה. כיום משתמשים בעיקר בעדשות מגע רכות, שהן נוחות בהרבה מעדשות קשות. אחד מסוגי העדשות הרכות מיוצר מפוליהידרוקסיאתיל מתאקרילט (PHEMA), שנוסחתו:



יכולת ספיגת המים של PHEMA גבוהה מאוד. הסבר מדוע.

נושא שלישי – כימיה פיזיקלית – מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

7. לפי מודל בוהר לאטום המימן, הנוסחה לחישוב האנרגיה של האלקטרון ברמות האנרגיה (במסלולים)

$$\text{היא: } E_n = -\frac{R}{n^2}.$$

n הוא המספר של רמת האנרגיה, R הוא הקבוע במודל בוהר.

א. i חשב את האנרגיה של כל אחת מארבע הרמות הראשונות של אטום המימן,

ביחידות eV. היעזר בנוסחה הנתונה.

ii סרטט את דיאגרמת רמות האנרגיה עבור ארבע הרמות הראשונות של אטום המימן.

בניסוי העבירו קרינה המכילה את כל אורכי הגל בין 100 nm ל-150 nm דרך מכל

ובו אטומי מימן, $H_{(g)}$.

ב. קבע אם הקרינה המועברת מאפשרת את עירור האלקטרון מרמת היסוד לכל אחת

מהרמות 2, 3, 4. פרט את חישוביך ונמק.

ג. i אטומי המימן המעוררים שבמכל פולטים אנרגיה. הסבר מדוע.

ii כמה קווים יכולים להופיע בספקטרום הפליטה של אטומי המימן המעוררים שבמכל?

נמק.

iii מבין מעברי האלקטרון האפשריים באטומי המימן שבמכל, קבע מהו המעבר שעבורו

האנרגיה הנפלטת היא הקטנה ביותר.

iv המעבר שקבעת בתת-סעיף ג iii מתאים לפליטת קרינה בתחום הנראה.

מהו צבע האור המתקבל? פרט את חישוביך.

ד. בניסוי אחר מועברת קרינה באותו תחום של אורכי גל (100 nm-150 nm) דרך מכל שבו

מולקולות מימן, $H_{2(g)}$.

i רשום באיזה אורביטל / באילו אורביטלים מאוכלסים האלקטרונים במולקולה H_2 .

ii האנרגיה הדרושה לפירוק מול מולקולות מימן היא $436 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

התבסס על חישוביך בסעיף ב וקבע אם בקרינה המועברת דרך המכל יש פוטונים

שיש להם אנרגיה מספקת לפירוק מולקולה אחת של מימן. פרט את חישוביך ונמק.

נתון: מול מולקולות מכיל $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

/המשך בעמוד 15/

8. א. מנורות נתרן המכילות $\text{Na}_{(g)}$ משמשות לתאורת רחובות, גשרים ומנהרות. בספקטרום הפליטה של נתרן בתחום הנראה יש קו עיקרי באורך גל 589 nm. ההסבר לכך הוא מעבר אלקטרון באטום הנתרן מאורביטל $3p$ אל אורביטל $3s$.
- i רשום את היערכות האלקטרונים:
- באטום נתרן במצב אלקטרוני יסודי.
- באטום נתרן במצב אלקטרוני מעורר.
- ii מהו צבע האור המתקבל ממנורות נתרן?

ב. בניסוי הכינו שלוש דיודות פולטות אור (LED) השונות בהרכבן ובפערי האנרגיה שלהן.

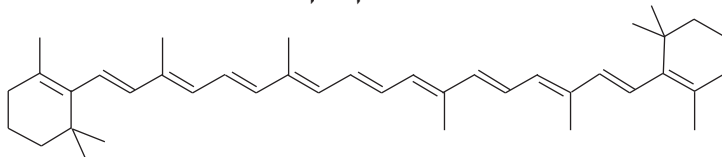
דיודה פולטת אור	I	II	III
פער אנרגיה (eV)	1.6	2.1	4.0
אורך גל (m)	$8.28 \cdot 10^{-7}$	$5.91 \cdot 10^{-7}$	$3.10 \cdot 10^{-7}$

- i קבע איזו מהדיודות I-III פולטת קרינה בתחום האור הנראה. נמק.
- ii מהו הצבע של האור הנפלט מהדיודה שקבעת בתת-סעיף ב i ?
- iii עבור כל אחד מן ההיגדים a-b שלפניך קבע אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.
- a. בכל דיודה פולטת אור יש מוליך למחצה מסוג N ומוליך למחצה מסוג P.
- b. נתרן הוא המרכיב העיקרי בדיודה שקבעת בתת-סעיף ב i.

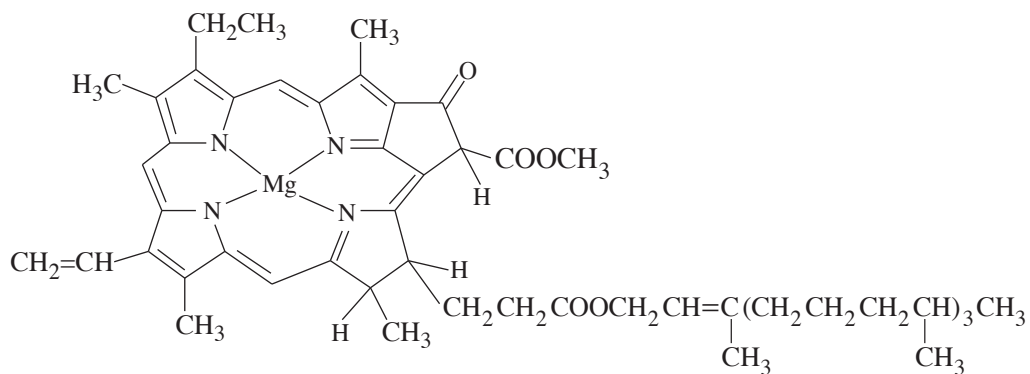
(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

לפניך נוסחאות המבנה של שני חומרים צבעוניים: בטא קרוטן וכלורופיל.

בטא קרוטן



כלורופיל



ג. התייחס למבנה המולקולות של בטא קרוטן וכלורופיל, והסבר מדוע שני החומרים הם צבעוניים.

/המשך בעמוד 17/

קליפות של בננות מכילות צבענים (פיגמנטים) המשפיעים על הצבע שלהן:

כלורופיל — ירוק, ומשפחת הקרוטנואידים — צהוב־כתום.

בטא קרוטן הוא צבען ממשפחת הקרוטנואידים.

ד. בתהליך ההבשלה קליפת הבננה משנה את צבעה מירוק לצהוב. נמצא שבתהליך ההבשלה

הכלורופיל הירוק הופך לחומר חסר צבע.

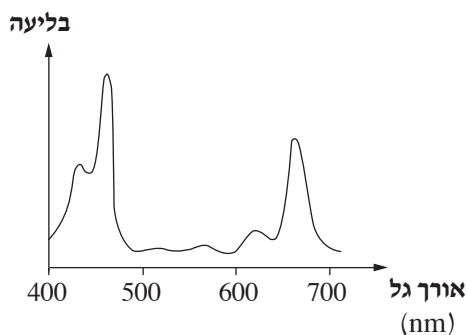
i איזה שינוי במבנה של מולקולות הכלורופיל גורם להן להפוך למולקולות

של חומר חסר צבע?

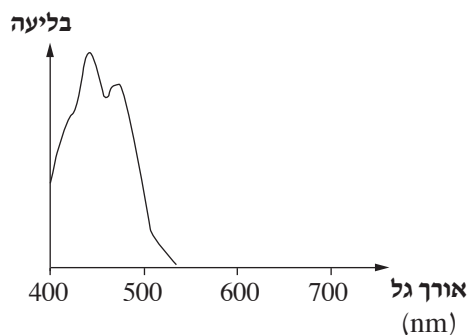
ii הסבר מדוע צבע הקליפה משתנה במהלך הבשלת הבננות.

ה. לפניך שני ספקטרה בליעה I ו־ II, האחד של כלורופיל והאחר של בטא קרוטן.

קבע לכל אחד משני החומרים מהו הספקטרום המתאים לו.



II



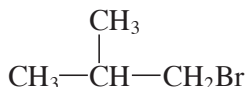
I

נושא רביעי – כימיה אורגנית מתקדמת

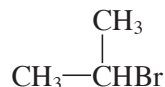
9. השאלה עוסקת בתגובות של שלוש תרכובות C-A שלפניך.



A



B



C

א. כאשר תרכובת A מגיבה עם יוני אֶתוֹקְסִיד, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$, התגובה העיקרית שמתרחשת היא תגובת התמרה במנגנון $\text{S}_\text{N}2$. בתגובה זו אתאנול, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\ell)$, הוא הממס.

- i נסח את התגובה של תרכובת A עם יוני $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$.
- ii הסבר מדוע תגובה זו אינה מתרחשת במנגנון $\text{S}_\text{N}1$.

כאשר תרכובת B מגיבה עם יוני $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$, מתרחשות שתי תגובות:

תגובת התמרה במנגנון $\text{S}_\text{N}2$ ותגובת אלימינציה במנגנון E_2 . מתקבלת תערובת של שני תוצרים: 40% אתר ו- 60% אלקן.

ב. i רשום נוסחאות מבנה לשני התוצרים.

ii הסבר מדוע תרכובת B מגיבה עם יוני $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$, גם במנגנון $\text{S}_\text{N}2$ וגם במנגנון E_2 .

ג. i נסח את מנגנון התגובה של תרכובת B עם יוני $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ לקבלת האלקן.

ii רק אחת מבין הפעולות (1)-(3) שלפניך יכולה לגרום להעלאת האחוז של האלקן בתערובת של תוצרי התגובה. קבע מהי הפעולה. נמק את קביעתך.

(1) החלפת הממס אתאנול ב- DMSO , $(\text{CH}_3)_2\text{SO}(\ell)$.

(2) החלפת יוני $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ ביוני $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{S}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$.

(3) העלאת הטמפרטורה שמבצעים בה את התגובה.

ד. בטבלה שלפניך מידע על תגובות של תרכובת C עם שני נוקלאופילים I, II, בממס אתאנול.

התגובה העיקרית עם תרכובת C	הנוקלאופיל	
התמרה	$\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$	I
אלימינציה	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$	II

i איזה מהנוקלאופילים שבטבלה, I או II, הוא נוקלאופיל חזק יותר?

ii איזה מהנוקלאופילים שבטבלה הוא בסיס חזק יותר?

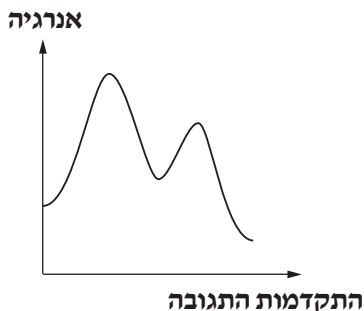
/המשך בעמוד 20/

10. אתיל ברומיד, $C_2H_5Br_{(l)}$, נוצר בתגובת סיפוח של מימן ברומי, $HBr_{(g)}$, לאלקן המתאים.

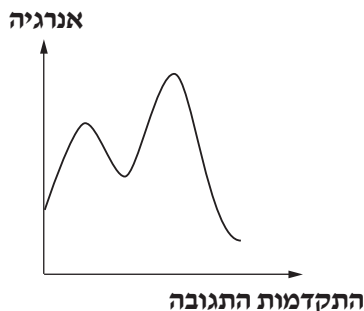
א. i נסח את המנגנון של תגובת הסיפוח.

ii איזה מהגרפים II-I שלפניך מתאר נכון את שינוי האנרגיה עם ההתקדמות

של תגובת הסיפוח? נמק.



II



I

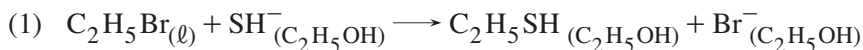
תיאואתרים הם קבוצה של תרכובות פחמן המכילות גפרית.

התיאואתר $(C_2H_5)_2S_{(l)}$ משמש כמס בתהליכי ציפוי בזהב ובכסף.

לייצור $(C_2H_5)_2S_{(l)}$ משתמשים ב- $C_2H_5Br_{(l)}$. התהליך מורכב משלושה שלבים.

ב. בשלב ראשון מפיקים אתאנתיאול, C_2H_5SH (C_2H_5OH), על פי תגובה (1).

בתגובה זו אתאנול, $C_2H_5OH_{(l)}$, הוא הממס.



i קבע על פי איזה מנגנון מתרחשת תגובה (1).

ii במטרה לקבוע את מנגנון התגובה נערכו שתי סדרות של ניסויים.

בסדרה הראשונה ריכוז הנוקלאופיל בכל הכלים היה שווה, ואילו ריכוז האלקילברומיד היה שונה מכלי לכלי.

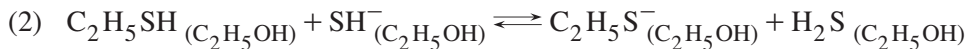
בסדרה השנייה ריכוז האלקילברומיד בכל הכלים היה שווה, ואילו ריכוז הנוקלאופיל היה שונה מכלי לכלי.

בכל אחד מהניסויים נמדד קצב התגובה.

מה צריכות להיות תוצאות המדידה בכל אחת משתי סדרות הניסויים כדי שהן יאששו

את קביעתך בתת-סעיף ב i ? נמק.

ג. בשלב שני מגיב C_2H_5SH (C_2H_5OH) על פי תגובה (2):

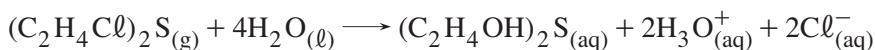


i ציין מאפיין אחד המשותף לשני התוצרים בתגובה (2), המאפשר לכל אחד מהם להגיב כנוקלאופיל.

ii קבע איזה נוקלאופיל חזק יותר – $H_2S_{(C_2H_5OH)}$ או $C_2H_5S^-_{(C_2H_5OH)}$.
נמק.

ד. בשלב שלישי מתקבל התוצר $(C_2H_5)_2S_{(C_2H_5OH)}$ בתגובה בין $C_2H_5Br_{(C_2H_5OH)}$ ויוני $C_2H_5S^-_{(C_2H_5OH)}$.
נסח את התגובה.

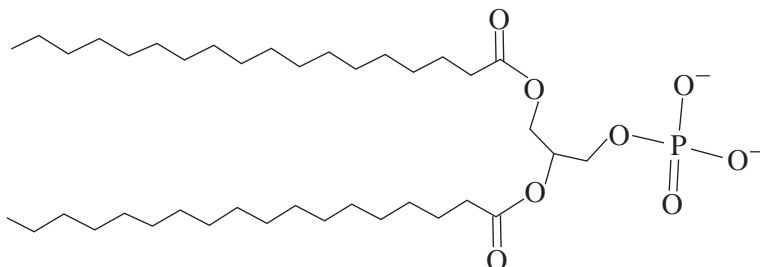
ה. התיאואתר $(C_2H_4Cl)_2S_{(g)}$ מכונה "גז חרדל", ועושים בו שימוש בלוחמה כימית.
אפשר לנטרל גז חרדל באמצעות מים על פי תגובת ההתמרה שלפניך:



אפשר לנטרל גז חרדל גם באמצעות תמיסת $NaOH_{(aq)}$.
ציין יתרון אחד לשימוש בתמיסת $NaOH_{(aq)}$ על פני השימוש במים לנטרול גז חרדל.

נושא חמישי — כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

11. מולקולות של פוספוליפידים הן מרכיב חשוב בקרומים של התאים בעולם החי.
א. לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של פוספטידט, שהוא פוספוליפיד פשוט.



בסביבה חומצית פוספטידט עובר הידרוליזה. מתקבלת חומצת השומן $C_{17}H_{35}COOH$, ושני תוצרים נוספים.

- i רשום ייצוג מלא לנוסחאות המבנה של שני התוצרים הנוספים.
 - ii ציין שני סוגים של קשרים בתוך מולקולות הפוספטידט שניתקים בתגובת ההידרוליזה.
- ב. השומנים שבמזון עוברים בגופנו תהליכים רבים, ביניהם פירוק במעיים לחומצות שומן ולגליצרול. כדי שיוכלו לעבור אל תאי המעי, הנמצאים בסביבה מימית, המולקולות של חומצות השומן יוצרות יחד עם מולקולות של פוספוליפידים מבנים כדוריים — מיצלות. לפניך תיאור סכמתי של חתך המיצלה:



- i קבע מהו סוג הקשרים הבין-מולקולריים:
 - בין מולקולות של פוספוליפידים ובין מולקולות של חומצות שומן (מהמזון) שבתוך המיצלות.
 - בין מולקולות פוספוליפידים לבין מולקולות מים שמסביב למיצלות.
- ii התייחס למבנה של קרום התא ולמבנה המיצלה ותאר:
 - מאפיין אחד שהם דומים בו.
 - מאפיין אחד שהם שונים בו.

- ג. האנזים פפסין מזרז בקיבה את פירוק החלבונים שבמזון.
כל מולקולה של פפסין בנויה משרשרת פוליפפטידית ארוכה המקופלת במבנה כדורי.
הסבר כיצד המבנה הכדורי של שרשרת הפפסין מאפשר את מסיסות הפפסין במים.

לפניך קטע מהשרשרת הפוליפפטידית של פפסין:



- ד. i רשום רצף נוקלאוטידים אפשרי ב־ mRNA, שבתהליך התרגום נוצר ממנו הקטע הנתון. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.
- ii רשום רצף נוקלאוטידים אפשרי של הקטע מגדיל ה־ DNA, שבתהליך התעתוק נוצר ממנו רצף הנוקלאוטידים שרשמת בתת־סעיף ד i. הוסף גם את רצף הנוקלאוטידים בגדיל ה־ DNA המשלים. ציין את קצה 3' ואת קצה 5' בכל אחד משני הקטעים.
- ה. החלפת החומצה האמינית Lys שברצף הנתון בחומצה האמינית Glu תגרום לשינוי במבנה השלישוני של פפסין. הסבר מדוע.

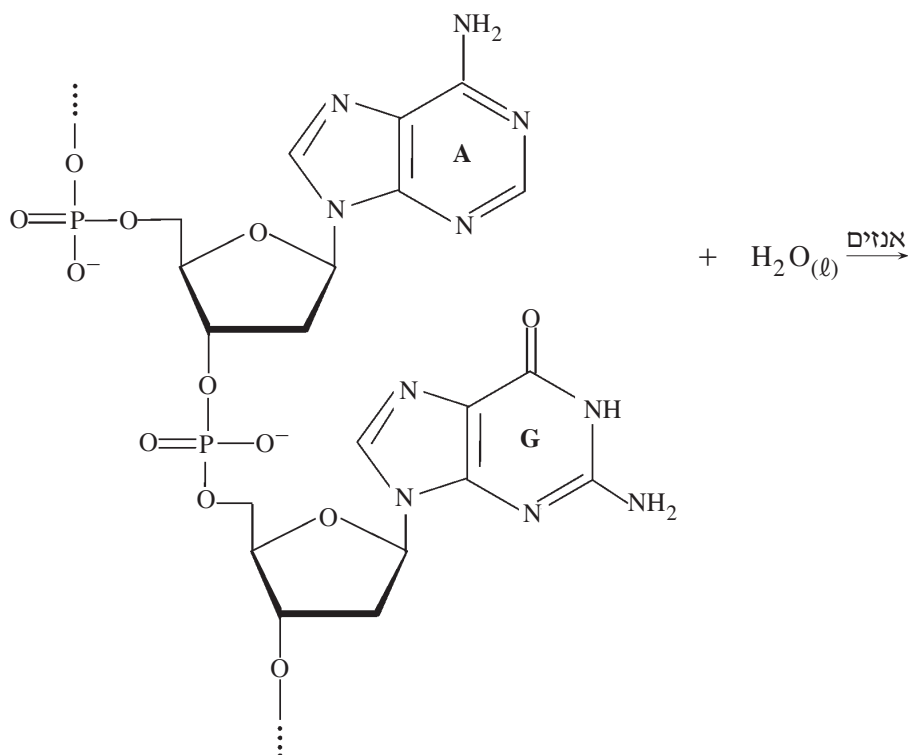
/המשך בעמוד 24/

12. השאלה עוסקת בכמה שיטות של זיהוי פלילי.

רצף הנוקלאוטידים ב-DNA – הוא ההופך כל אדם לייחודי. לפענוח פשעים נעזרים בייחודיות של רצף ה-DNA. כדי להשוות בין DNA שנמצא בזירת פשע לבין ה-DNA של חשוד בפשע מבודדים קטעים מסוימים של DNA, שיש בהם שונות רבה מאדם לאדם. אחת השיטות לבידוד קטעי DNA היא ההידרוליזה של מולקולות DNA בעזרת אנזימים – רזזים ביולוגיים – אשר "חותכים" קשרים בין נוקלאוטידים בגדיל ה-DNA.

בדגימת DNA שנאספה בזירת פשע ביצעו ההידרוליזה בעזרת אנזים החותך קשרים בין הנוקלאוטידים אדנין (A) וגואנין (G).

א. לפניך נוסחת מבנה של קטע מתוך גדיל ה-DNA המורכב משני נוקלאוטידים, A ו-G, לפני ההידרוליזה. רשום נוסחאות מבנה של שני תוצרי ההידרוליזה.



ב. באמצעות הידרוליזה בודדו שני קטעים מאותו מיקום בשתי מולקולות DNA שונות:

— קטע אחד היה תוצר החיתוך של מולקולת ה־ DNA מהדגימה שנאספה בזירת הפשע.

— הקטע האחר היה תוצר החיתוך של מולקולת ה־ DNA של חשוד בפשע. לאחר הבדיקות נמצא שהאחוז של כל סוג נוקלאוטידים בקטע האחד היה שווה לזה שבקטע האחר.

האם על פי התוצאות האלה אפשר לקבוע חד־משמעית שה־ DNA מזירת הפשע שייך לחשוד? נמק.

ג. שיטה נוספת להשוואה בין DNA ממקורות שונים היא מעקב אחרי תהליך ההפרדה בין

גדילים משלימים. כשמחממים DNA מתפרקים קשרי מימן בין הגדילים, ונוצרות מולקולות חד־גדיליות.

בין הבסיסים המשלימים אדנין (A) ותימין (T) יש שני קשרי מימן,

ובין ציטוזין (C) וגואנין (G) יש שלושה קשרי מימן.

נתונים שני קטעים דו־גדיליים של DNA :

II	I
3' CCA TGC 5'	3' TCA TGC 5'
5' GGT ACG 3'	5' AGT ACG 3'

באחד הקטעים הסתיימה ההפרדה בין הגדילים ב־ 65°C , ואילו בקטע האחר הסתיימה

ההפרדה רק ב־ 75°C . קבע באיזה מן הקטעים, I או II, הסתיימה ההפרדה ב־ 65°C .

נמק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

תחום נוסף של זיהוי פלילי עוסק ברעלנים (טוקסינים), הפוגעים בין היתר בהיווצרות של חלבונים בתאים.

ד. בטבלה שלפניך מוצגים שני רעלנים, ופעולתם בתא.

הפעולה	הרעלן
פגיעה בהיווצרות קשרים בין נוקלאוטידים, המונעת היווצרות של מולקולות mRNA.	אֶמְנִיטִין
פגיעה בפעילות הריבוזום.	רִיצִין

i קבע עבור כל אחד מההיגדים b-a שלפניך אם הוא נכון או לא נכון.

a שני הרעלנים פוגעים בשלב התעתוק.

b שני הרעלנים פוגעים בהיווצרות של קשרים פפטידיים.

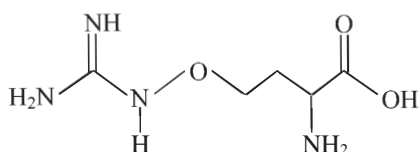
ii נמק את קביעתך בנוגע להיגד b.

ה. קֶנוֹזִין (Can) הוא רעלן שפוגע במבנה של מולקולות חלבונים. הוא יכול להשתלב

במולקולת חלבון במקום ארגינין על ידי יצירת קשרים אמידיים, ולגרום לשינוי

במבנה השלישוני של החלבון ובתפקוד החלבון.

לפניך נוסחת מבנה של קנוזיין:



הסבר מדוע קנוזיין יכול להחליף דווקא ארגינין במולקולה של חלבון.

שים לב: המשך השאלון בעמוד הבא.

/המשך בעמוד 28/

נושא שישי – כימיה של הסביבה

13. השאלה עוסקת באיכות של מי שתייה.

אחד המדדים לאיכות המים הוא ריכוז יוני כלור, $Cl_{(aq)}^-$. על פי התקן, כשהריכוז של יוני $Cl_{(aq)}^-$ עולה על 600 ppm, המים אינם ראויים לשתיה.

אחת השיטות לקביעת הריכוז של יוני $Cl_{(aq)}^-$ במי שתייה היא טיטרציה באמצעות תמיסת כסף חנקתי, $AgNO_{3(aq)}$, בנוכחות תמיסת האינדיקטור נתרן כרומטי, $Na_2CrO_{4(aq)}$. במהלך הטיטרציה מתרחשות שתי תגובות:

- (1) יוני $Cl_{(aq)}^-$ מגיבים עם יוני $Ag_{(aq)}^+$ ונוצר משקע לבן של כסף כלורי.
- (2) לאחר שכל יוני $Cl_{(aq)}^-$ הגיבו, יוני $Ag_{(aq)}^+$ מגיבים עם יוני $CrO_{4(aq)}^{2-}$ ונוצר משקע כתום-אדום של כסף כרומטי.

א. רשום ניסוח נטו לכל אחת משתי התגובות המתרחשות במהלך הטיטרציה.

באחד האזורים בארץ ביצעו בדיקות של מי שתייה משני מתקנים, I ו-II.

בטבלה שלפניך מוצגים הממצאים של בדיקות אלה.

המתקן	נפח הדגימה (ml)	נפח $AgNO_{3(aq)}$ בריכוז 0.05M שנדרש לטיטרציה (ml)	ריכוז יוני $Cl_{(aq)}^-$ בדגימה $\left(\frac{mg}{liter}\right)$
I	20	4	x
II	20	9	y

ב. i חשב, ביחידות ppm, את הריכוזים x, y של יוני $Cl_{(aq)}^-$ בכל אחת מן הדגימות שנלקחו מהמתקנים I ו-II. פרט את חישוביך.

ii קבע עבור כל אחת מן הדגימות שנלקחו מהמתקנים I ו-II אם הריכוז של יוני $Cl_{(aq)}^-$ במים עומד בדרישות התקן.

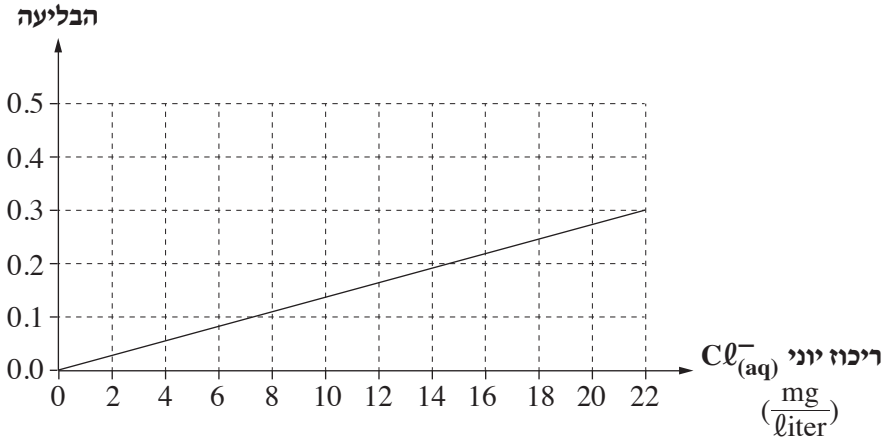
iii אפשר לשפר את האיכות של מי השתייה על ידי הורדת הריכוז של יוני $Cl_{(aq)}^-$. קבע אם אפשר לעשות זאת באמצעות מחליף קטיוני.

אם כן – הסבר כיצד. אם לא – הסבר מדוע.

קבעו את הריכוז של יוני $Cl_{(aq)}^-$ במי השתייה מאותם המתקנים גם בשיטה ספקטרופוטומטרית.

לפניך גרף כיול המציג קשר בין הבליעה לבין הריכוז של יוני $Cl_{(aq)}^-$ בתמיסות שונות.

כל המדידות בוצעו באורך גל קבוע של 460 nm.



ג. i ציין את כל הפעולות שיש לעשות בניסוי כדי להכין גרף כיול.

ii ציין יתרון אחד של השיטה הספקטרופוטומטרית לעומת שיטת הטיטרציה,

בקביעת הריכוז של יוני $Cl_{(aq)}^-$ במי שתייה. הסבר.

ד. כדי לקבוע את הריכוז של יוני $Cl_{(aq)}^-$ במי השתייה ממתקנים I ו-II על פי גרף הכיול הנתון

צריך למהול את הדגימות.

i הסבר מדוע צריך למהול את הדגימות.

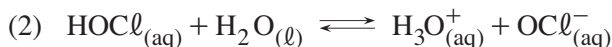
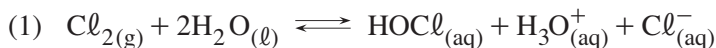
ii פי כמה אפשר למהול את הדגימה ממתקן I כדי שיהיה אפשר להשתמש

בגרף הכיול הנתון? ציין אפשרות אחת למיהול.

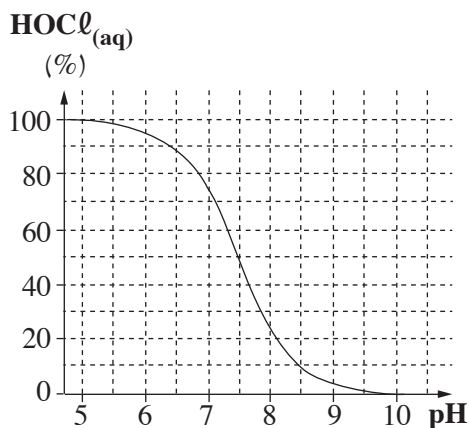
iii הסבר כיצד יש לבצע במעבדה את המיהול שהצעת בתת-סעיף ד ii.

14. חיטוי של מי שתייה נעשה בעיקר בשיטת ההכלרה – הזרמת גז כלור, $Cl_{2(g)}$, למים.

כלור מגיב עם המים על פי תגובות (1)-(2):



הריכוז הכולל של חומצה תת-כלורית, $HOCl_{(aq)}$, ושל יוני $OCl^-_{(aq)}$ נקרא "ריכוז של כלור חופשי פעיל", ועל פי התקן הריכוז המותר במי השתייה הוא 1.5-1.0 מ"ג לליטר. יעילות החיטוי באמצעות $HOCl_{(aq)}$ גבוהה מיעילות החיטוי באמצעות יוני $OCl^-_{(aq)}$. יעילות החיטוי גבוהה כאשר הריכוז של $HOCl_{(aq)}$ בכלור החופשי הפעיל הוא בין 65%-95%. הגרף שלפניך מתאר את האחוזים של $HOCl_{(aq)}$ מהכלור החופשי הפעיל, הנמצא במים, בערכי pH שונים.



א. i לפניך שלושה תחומים של pH: $6 < pH < 7.2$; $7.2 < pH < 8$; $8 < pH < 9$.

בחר על פי הגרף את תחום ה-pH של המים שבו יעילות החיטוי היא הגבוהה ביותר. נמק.

ii התייחס לתגובות (1) ו-(2), והסבר מדוע יעילות החיטוי נמוכה כאשר ה-pH גבוה מהתחום שקבעת בתת-סעיף א i.

iii הריכוז של כלור חופשי פעיל במי השתייה ממתקן מסוים הוא 1.2 מ"ג לליטר.

חשב, ביחידות ppm, את הריכוזים של $HOCl_{(aq)}$ ושל יוני $OCl^-_{(aq)}$ במי השתייה

ב- $pH = 7$. פרט את חישוביך.

/המשך בעמוד 31/

שתי שיטות נוספות לחיטוי מי שתייה עשויות לשמש תחליף לשיטת ההכלרה.

שיטה אחת מבוססת על הקרנת מים בקרינה אולטרה-סגולה (UV), אשר פוגעת בתאים של מיקרואורגניזמים והורסת אותם. תחום קרינת UV המתאים לחיטוי מים הוא 200 nm-300 nm.

ב. i במתקנים ביתיים לחיטוי מים בקרינת UV משתמשים לעתים במנורת כספית

שפולטת קרינה באורך גל 256 nm.

חשב את תדירות הקרינה באורך גל 256 nm. פרט את חישוביך.

ii מנורת כספית מסוג אחר פולטת קרינה שכל פוטון שלה הוא

בעל אנרגיה $7.71 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

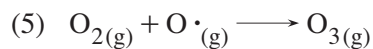
קבע אם מנורה זו יכולה לשמש לחיטוי מים. פרט את חישוביך ונמק.

ג. בשיטה אחרת משתמשים באוזון, $\text{O}_3(\text{g})$, שמחטא מים במהירות וביעילות.

החיסרון של חיטוי מים בקרינת UV וגם באוזון הוא שבסיום התהליך המים המטוהרים שיוצאים ממתקן הטיהור חשופים לזיהומים.

הצע דרך להגן על מים אלה מפני זיהום חוזר. הסבר את הצעתך.

ד. מייצרים אוזון על פי תהליכים (4) ו-(5):



i אורך הגל המקסימלי של פוטון הקרינה שיכול לפרק קשר $\text{O}=\text{O}$ במולקולה אחת של חמצן, O_2 , הוא 241 nm.

חשב את האנרגיה שצריכה להיות לפוטון כדי לפרק קשר $\text{O}=\text{O}$. פרט את חישוביך.

ii הסבר מדוע יש לחשב את האנרגיה הדרושה לפירוק הקשר על פי אורך גל מקסימלי של פוטון הקרינה, ולא על פי אורך גל מינימלי.

נושא שביעי – פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני

15. בטבלה שלפניך מוצגים ערכי אנטרופיה מולרית תקנית, S° , של שתי תחמוצות חנקן ב- 298 K.

נוסחת התחמוצת	אנטרופיה מולרית תקנית $S^\circ (\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$
$\text{NO}_2(\text{g})$	240.1
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	304.4

א. i הסבר מדוע ערך האנטרופיה המולרית התקנית, S° , של $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ גבוה

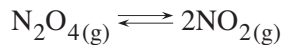
מערך האנטרופיה המולרית התקנית, S° , של $\text{NO}_2(\text{g})$.

ii קבע אם המשפט שלפניך נכון או לא נכון. נמק.

האנטרופיה של 1 מול $\text{NO}_2(\text{g})$ בטמפרטורה 298 K ובלחץ 0.5 אטמוספירה גדולה

מהאנטרופיה של 1 מול $\text{NO}_2(\text{g})$ בטמפרטורה 298 K ובלחץ של 1 אטמוספירה.

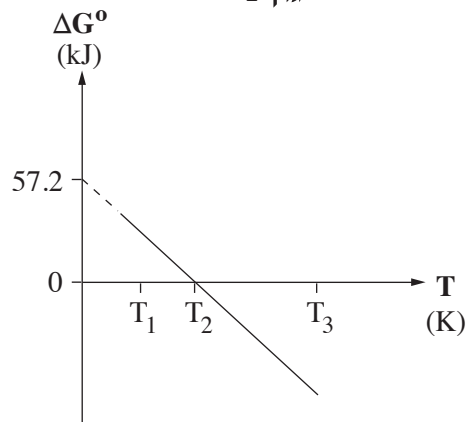
נתונה התגובה:



גרף I שלפניך מתאר את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה

של הטמפרטורה, T, עבור התגובה הנתונה.

גרף I



ב. i מהו שינוי האנטלפיה התקנית, ΔH° , עבור התגובה הנתונה?

ii חשב את שינוי האנטרופיה של המערכת, $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}}$. פרט את חישוביך.

iii — מה מצוין הערך T_2 בגרף?

— חשב את הערך של T_2 . פרט את חישוביך.

ג. i על פי תשובתך לתת-סעיף ב iii, קבע איזו תגובה – הישירה או ההפוכה – היא התגובה המועדפת עד להשגת מצב שיווי-משקל בתנאי תקן ב- 298 K.

נמק ללא חישובים.

ii קבע אם הערך של קבוע שיווי המשקל, K, עבור המערכת בטמפרטורה T_2 גדול מ-1, קטן מ-1 או שווה ל-1. נמק.

ד. גרף II שלפניך מתאר את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת עבור התגובה הנתונה בטמפרטורה מסוימת.

i היעזר בתשובותיך לסעיף ב וקבע באיזו טמפרטורה מצויה המערכת – T_1 או T_3 . נמק.

גרף II

אנרגיה חופשית G

(kJ)

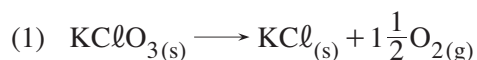


ii העתק את גרף II למחברתך.

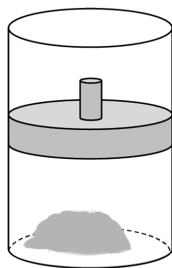
— סמן בחץ את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG^0 , עבור התגובה בטמפרטורה זו.

— סמן ב**כוכבית** (*) את הנקודה שבה הרכב המערכת מתאים למצב של שיווי-משקל.

16. אשלגן כלורטי, $\text{KClO}_{3(s)}$, מתפרק לאשלגן כלורי, $\text{KCl}_{(s)}$, ולחמצן, $\text{O}_{2(g)}$, על פי תגובה (1).



א. מבצעים את התגובה בלחץ קבוע, בטמפרטורה 700 K, בכלי סגור. הדופן העליונה של הכלי ניידת (ראה איור).



האם הדופן העליונה של הכלי נעה במהלך תגובה (1)?
אם כן — ציין באיזה כיוון היא נעה (למעלה או למטה). נמק.
אם לא — הסבר מדוע.

ב. לפניך ערכים של אנתלפיית התהוות תקנית, ΔH_f° , של שניים מהחומרים המופיעים בניסוח של תגובה (1).

החומר	$\text{KClO}_{3(s)}$	$\text{KCl}_{(s)}$
אנתלפיית התהוות תקנית $\Delta H_f^\circ (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-391.2	-435.9

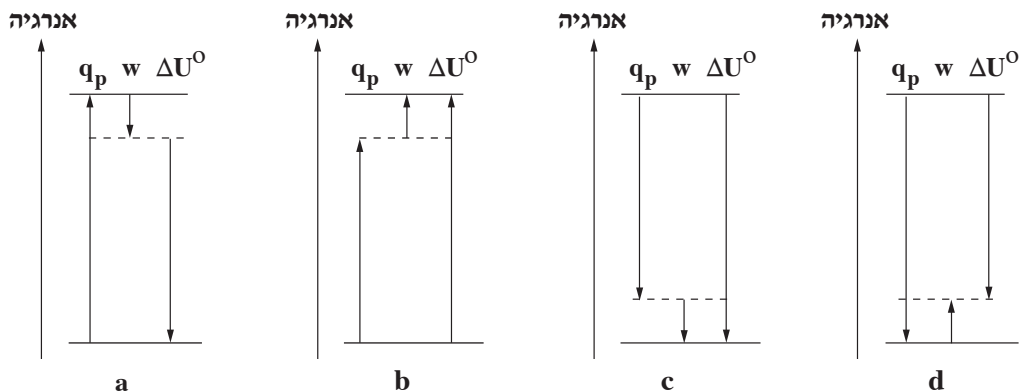
i חשב את השינוי באנתלפיה התקנית, ΔH° , עבור תגובה (1). פרט את חישוביך.

ii חשב את העבודה, w, שמתבצעת במהלך הפירוק של 1 מול $\text{KClO}_{3(s)}$.

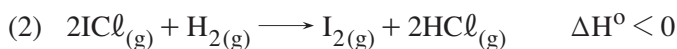
פרט את חישוביך.

iii חשב את השינוי באנרגיה הפנימית התקנית, ΔU° , של המערכת. פרט את חישוביך.

ג. קבע איזה מהגרפים d-a שלפניך מציג נכון את מעברי האנרגיה שהתרחשו במהלך תגובה (1). נמק.



ד. נתונות תגובות (2)-(4). נמק.



קבע עבור איזו מבין התגובות (2)-(4) הערך של ΔH° שווה לערך של ΔU° . נמק.

ה. כדי לקבוע את חוק הקצב של תגובה (2), ביצעו שלושה ניסויים III-I בטמפרטורה 298 K. בטבלה שלפניך מוצג מידע חלקי על הניסויים.

קצב תגובה התחלתי ($\text{mol} \cdot \text{liter}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$)	$[\text{H}_{2(g)}]$ ($\text{mol} \cdot \text{liter}^{-1}$)	$[\text{ICl}_{(g)}]$ ($\text{mol} \cdot \text{liter}^{-1}$)	הניסוי
$3.70 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$	I
$7.40 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$	X	II
?	$3.0 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$	III

נמצא כי חוק הקצב עבור תגובה (2) הוא: $\text{rate} = k[\text{ICl}][\text{H}_2]$.

i קבע מהו ריכוז X בטבלה. נמק.

ii חשב את קצב התגובה ההתחלתי בניסוי III. פרט את חישוביך.

בהצלחה!