

כ י מ י ה

השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד

לתלמידים הלומדים יחידה שלמה של מעבדת 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. מרבית היסודות הם מתכות. השאלה עוסקת בהיבטים אנרגטיים הנוגעים למתכות.

א. זהב, $\text{Au}_{(s)}$, מאוכסן בבנקים בצורת מטילים. להכנת המטילים מתיכים את הזהב המוצק לנוזל, שופכים אותו לתבניות מלבניות ומקררים. טמפרטורת ההיתוך של $\text{Au}_{(s)}$ היא 1336 K .

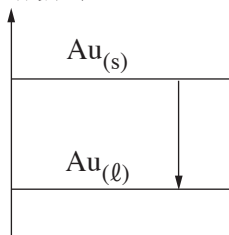
i במהלך החימום של $\text{Au}_{(s)}$ האנרגיה הקינטית הממוצעת של חלקיקי המוצק עולה.

הסבר מדוע.

ii קבע איזה משני התיאורים הגרפיים שלפניך, I או II, מציג נכון את השינוי

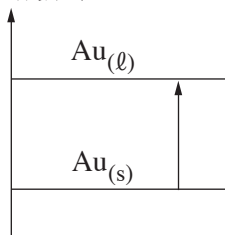
באנרגיה הפנימית של חלקיקי הזהב במהלך ההיתוך.

אנרגיה פנימית



II

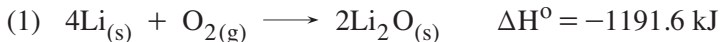
אנרגיה פנימית



I

ב. ליתיום, $\text{Li}_{(s)}$, משמש, בין היתר, לייצור סוללות להפעלת מכשירי חשמל.

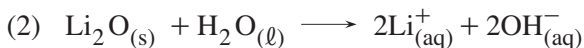
ליתיום מגיב עם חמצן, $\text{O}_{2(g)}$, שבאוויר על פי תגובה (1):



i חשב את כמות האנרגיה הנפלטת כאשר 1 מול $\text{Li}_{(s)}$ מגיב עם כמות מספקת

של $\text{O}_{2(g)}$. פרט את חישוביך.

ii התחמוצת $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$ מגיבה עם מים על פי תגובה (2):



כאשר 67.5 gr של $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$ מגיבים עם מים, נפלטת כמות אנרגיה השווה בערכה

לכמות האנרגיה שחישבת בתת-סעיף ב i.

חשב את השינוי באנתלפיה התקנית, ΔH° , של תגובה (2).

/המשך בעמוד 3/

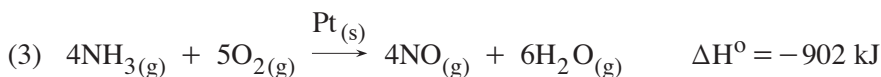
פרט את חישוביך.

ג. פלטינה, $Pt_{(s)}$, משמשת זרז בתהליכים שונים בתעשייה.

i הסבר מהו תפקידו של הזרז.

ii מפיקים חנקן חד-חמצני, $NO_{(g)}$, בתגובה בין אמוניה, $NH_{3(g)}$, לחמצן, $O_{2(g)}$,

בנוכחות $Pt_{(s)}$ על פי תגובה (3):



בטבלה שלפניך נתונים ערכים של אנתלפיות קשר:

הקשר	O-H	O=O	N-H
אנתלפיית הקשר ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$)	463	497	391

חשב את אנתלפיית הקשר במול מולקולות $NO_{(g)}$. פרט את חישוביך.

ד. המתכת ניוביום, $Nb_{(s)}$, משמשת להולכת חשמל בטמפרטורות נמוכות במאיץ החלקיקים

בסרן (CERN), הנמצא בגבול בין שוייץ לצרפת.

ערכו ניסוי שבו לקחו שתי דגימות, A ו- B, של $Nb_{(s)}$ בטמפרטורת החדר (298K).

המסה של דגימה A הייתה 10 גרם, והמסה של דגימה B הייתה 50 גרם.

לקחו שני כלים מבודדים שבכל אחד מהם 1 ליטר חנקן נוזלי, $N_{2(l)}$, בטמפרטורה 75 K.

לכל כלי הכניסו דגימה אחת.

i מהו הכיוון של מעבר האנרגיה: מן המתכת אל הנוזל או מן הנוזל אל המתכת? נמק.

ii קבע אם במשך דקה השינוי באנרגיה הפנימית של $Nb_{(s)}$ בשתי הדגימות היה שווה

או שונה.

/המשך בעמוד 4/

2. סולפוריל כלוריד, $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(\ell)}$, משמש, בין היתר, לעיבוד צמר כדי למנוע את התכווצותו.

סולפוריל כלוריד במצב גז, $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{g})}$, מתקבל בתגובה בין כלור, $\text{Cl}_{2(\text{g})}$, לבין גפרית דו-חמצנית, $\text{SO}_{2(\text{g})}$.

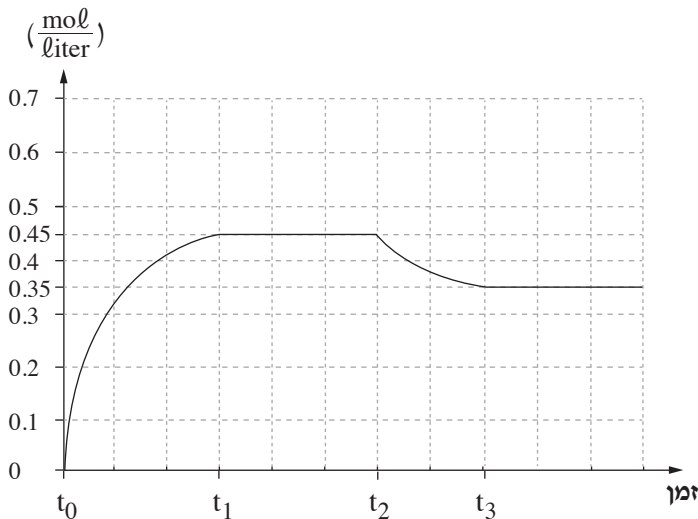
מבצעים את התגובה בטמפרטורה מעל 80°C , בנוכחות זרז – פחם פעיל, $\text{C}_{(\text{s})}$.

ערכו ניסוי: לכלי סגור שנפחו 1 ליטר הכניסו 0.62 מול $\text{SO}_{2(\text{g})}$,

0.62 מול $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ ומעט פחם פעיל.

הגרף שלפניך מציג את השתנות הריכוז של $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{g})}$ עם הזמן.

ריכוז $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{g})}$



א. נסח את התגובה שהתרחשה בכלי עד השגת מצב של שיווי-משקל, בפרק הזמן

בין t_0 לבין t_1 .

ב. i חשב את הריכוזים של $\text{SO}_{2(\text{g})}$ ו- $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ במערכת, בפרק הזמן בין t_1 לבין t_2 .

פרט את חישוביך.

ii רשום את הביטוי של קבוע שיווי-המשקל עבור התגובה שהתרחשה בכלי,

וחשב את ערכו. פרט את חישוביך.

- ג. i קבע איזה שינוי חל במערכת בזמן t_2 .
- ii איזו תגובה, ישירה או הפוכה, מועדפת עד השגת מצב של שיווי־משקל בזמן t_3 ?
נמק.
- iii קבע אם התגובה הישירה היא אנדותרמית או אקסותרמית. הסבר.
- ד. התגובה שניסחת בסעיף א היא ספונטנית בתנאי הניסוי. עבור תגובה זו:
- i קבע אם במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת עלתה או ירדה.
הסבר ברמה מיקרוסקופית.
- ii קבע אם במהלך התגובה האנטרופיה של הסביבה עלתה או ירדה.
- iii קבע אם השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול מהשינוי באנטרופיה של המערכת או
קטן ממנו. נמק.

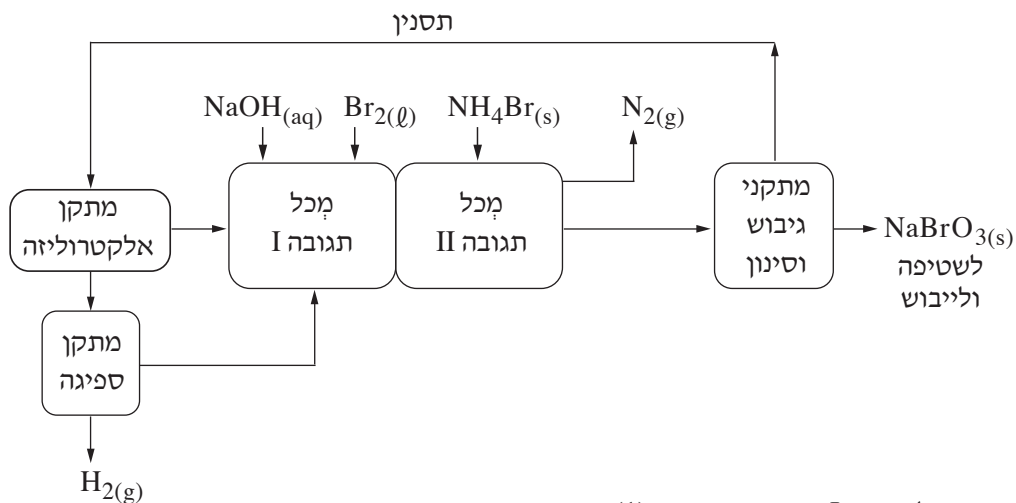
/המשך בעמוד 6/

פרק שני (50 נקודות)

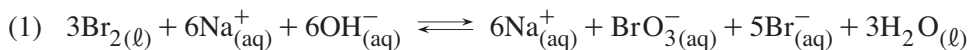
בפרק זה שבעה נושאים (שאלות 3-16). עליך לענות על שאלה אחת.
רשום על הצד החיצוני של מחברת הבחינה את הנושא שענית עליו בפרק זה.

נושא ראשון – ברום ותרבותיו

3. השאלה עוסקת בתהליכי הייצור של נתרן ברומטי, $\text{NaBrO}_3(\text{s})$, ומימן ברומי, $\text{HBr}(\text{g})$, ובדרכים להעלאת אחוז ההמרה ואחוז הניצולת בתהליכים אלה.
חומרי הגלם לייצור $\text{NaBrO}_3(\text{s})$ הם: ברום, $\text{Br}_2(\text{l})$, ותמיסת נתרן הידרוקסידי, $\text{NaOH}(\text{aq})$.
לפניך תרשים חלקי של תהליך הייצור של $\text{NaBrO}_3(\text{s})$.



במכל תגובה I מתרחשת תגובה (1).



א. במכל תגובה I הגיבו 485 קילוגרם $\text{Br}_2(\text{l})$ עם כמות מספקת של תמיסת $\text{NaOH}(\text{aq})$.

חשב כמה קילוגרמים $\text{NaBrO}_3(\text{s})$ התקבלו לאחר השטיפה והייבוש.

הנח שהניצולת הייתה 90%. פרט את חישוביך.

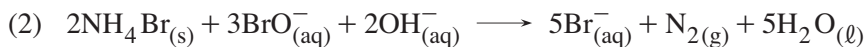
ב. במכל תגובה I מתקבלים גם תוצרים לא רצויים.

i ציין תוצר לא רצוי המתקבל בתגובה (1).

ii הסבר מדוע תוצר זה אינו רצוי. ציין שתי סיבות.

ג. יוני $\text{BrO}^-_{(\text{aq})}$ נוצרים בתגובת לוואי המתרחשת במכל תגובה I.

למכל תגובה II מוסיפים כמויות קטנות של אמוניום ברומי, $\text{NH}_4\text{Br}_{(\text{s})}$, ומתרחשת תגובה (2):



הסבר מדוע מבצעים את תגובה (2).

ד. התסנין המתקבל לאחר הפרדת גבישי $\text{NaBrO}_{3(\text{s})}$ עובר למתקן אלקטרוליזה שבו מתרחשת תגובה (3):

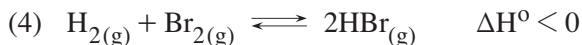


i שלב האלקטרוליזה תורם להעלאת אחוז הניצולת של התהליך. הסבר כיצד.

ii המימן, $\text{H}_{2(\text{g})}$, הנוצר במתקן האלקטרוליזה, עובר למתקן ספיגה של שאריות ברום. מתקן הספיגה מכיל תמיסה מימית.

קבע אם תמיסה זו היא תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ או תמיסת $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$. נמק.

ה. המימן, $\text{H}_{2(\text{g})}$, שיוצא ממתקן הספיגה, משמש חומר גלם בתהליך הייצור של מימן ברומי, $\text{HBr}_{(\text{g})}$, על פי תגובה (4):



לתוך מכל התגובה מזרימים $\text{H}_{2(\text{g})}$ בעודף ו- $\text{Br}_{2(\text{g})}$.

הטמפרטורה במכל התגובה היא 500°C והלחץ 1 אטמוספירה.

תלמידים התבקשו להסביר מדוע מבצעים את תגובה (4) בתנאים אלה.

לפניך שלוש תשובות, i-iii, של תלמידים.

קבע עבור כל אחת מן התשובות i-iii אם היא נכונה או לא נכונה.

i מזרימים $\text{H}_{2(\text{g})}$ בעודף כדי שהתגובה תתרחש מהר יותר.

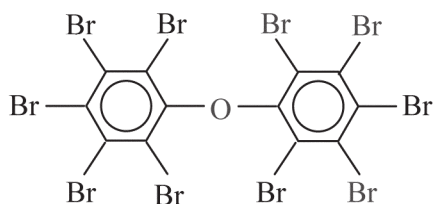
ii מזרימים $\text{H}_{2(\text{g})}$ בעודף כדי להעלות את אחוז הניצולת. נמק את קביעתך.

iii מבצעים את התגובה בטמפרטורה גבוהה כדי להעלות את אחוז ההמרה.

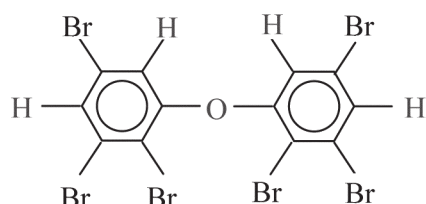
4. השאלה עוסקת במעכבי בערה.

מחקרים הראו שעל פני מסכים ורכיבים אחרים של מחשבים מצטברים חלקיקים של חומרים רעילים מסוג PBDE (פוליברומו דיפניל אֶתֶר). חומרים אלה משולבים כמעכבי בערה בפולימרים, שמהם עשויים חלקי מחשבים.

מעכבי בערה מסוג PBDE נבדלים זה מזה במספר אטומי הברום במולקולות. לפניך נוסחאות מבנה של שניים מן החומרים האלה. נסמן אותם באותיות A ו- B.



מעכב בערה B



מעכב בערה A

א. חומרים מסוג PBDE הם מעכבי בערה מוספים.

- i במה שונים מעכבי בערה מוספים ממעכבי בערה פעילים? הסבר.
- ii ציין יתרון אחד של מעכבי בערה מוספים לעומת מעכבי בערה פעילים.
- iii מדוע חלקיקי החומרים מסוג PBDE מצטברים על פני מסכים ורכיבים אחרים של מחשבים? הסבר.

ב. i ציין שלוש תכונות הנדרשות מתרכובות המכילות ברום כדי שיוכלו לשמש

מעכבי בערה של פולימרים.

ii בטבלה שלפניך מוצגות טמפרטורות היתוך וטמפרטורות פירוק של שני פולימרים.

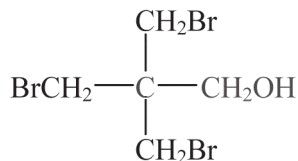
הפולימר	טמפרטורת היתוך (°C)	טמפרטורת פירוק (°C)
פוליפרופילן	165	258
טפולן	330	473

לאיזה מן הפולימרים שבטבלה עשוי להתאים מעכב בערה A, ולאיזה מהם

מעכב בערה B ? נמק.

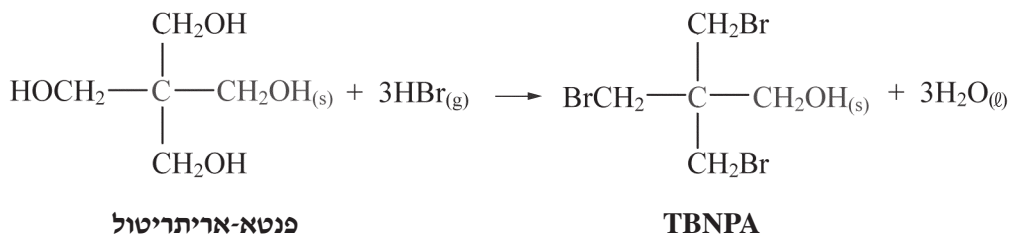
החומר TBNPA יכול לשמש גם מעכב בערה פעיל וגם מעכב בערה מוסף.

לפניך נוסחת מבנה של TBNPA:



ג. TBNPA מתאים לשמש מעכב בערה פעיל רק עבור פולימרים שבשרשרות שלהם יש קבוצות קרבוקסיליות, $-\text{COOH}$. הסבר מדוע.

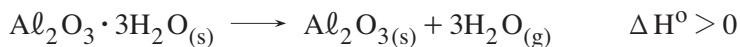
ד. אפשר לקבל TBNPA על פי התגובה:



בתגובה של 10 מול פנטא-אריתריטול עם כמויות מספקת של $\text{HBr}_{(g)}$ מתקבלים 7.2 מול TBNPA.

אחוז ההמרה בתהליך הוא 90%. חשב את אחוז הניצולת. פרט את חישוביך.

ה. גם תרכובות אי-אורגניות, כגון אלומינה שלוש הידרט, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$, יכולות לשמש מעכבי בערה מוספים. תרכובת זו מתפרקת בטמפרטורה 230°C , על פי התגובה:



כיצד התרכובת $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ גורמת לעיכוב בערה? ציין שני גורמים.

נושא שני – פולימרים

5. מוצרים רבים מיוצרים מסיבים סינתטיים.

בטבלה שלפניך מידע על ארבעה פולימרים שמהם מיוצרים סיבים.

שם הפולימר	נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של הפולימר	טמפרטורה זגוגית Tg (°C)	מאפיין של אחד המוצרים
דקרון		69	בד שמאפשר לזיעה להתנדף
ניילון 6,6		80	חוטי דיג חזקים
פוליוויניל אלכוהול		85	שקיות שמתמוססות במים חמים
קיאנה		135	בד שלא מאפשר לזיעה להתנדף

א. ציין שלוש תכונות המאפיינות פולימרים שמהם מייצרים סיבים.

ב. i אילו מן הפולימרים שבטבלה נוצרים בפלמור על ידי דחיסה?

ii רשום נוסחאות מבנה למונומרים של כל אחד מן הפולימרים שצינת בתת-סעיף ב.i.

ג. i בטמפרטורה הזגוגית, Tg, פולימר זגוגי נעשה רך וגמיש.

תאר את השינויים שחלים בפולימר בטמפרטורה זו.

ii תאר את השינויים שחלים בפולימר בטמפרטורת ההיתוך, Tm.

iii הסבר מדוע ערך ה-Tg של קיאנה גבוה מערך ה-Tg של ניילון 6,6.

- ד. בגדי ספורט עשויים לרוב מבדי דקרון ולא מבדי קיאנה.
בדי דקרון מאפשרים לזיעה להתנדף לאוויר, כי רק מעט ממולקולות המים שבזיעה נקשרות לשרשרות הדקרון.
בדי קיאנה אינם מאפשרים לזיעה להתנדף. הסבר מדוע.
- ה. i הסבר מדוע פוליוויניל אלכוהול מתמוסס במים חמים.
ii במהלך הייצור של חוטי דִיג הפולימר ניילון 6,6 עובר מתיחה.
הסבר מדוע הפולימר ניילון 6,6 ניתן למתיחה.

/המשך בעמוד 12/

6.

הדפסת מוצרים במדפסות תלת-ממד נעשית באמצעות תוכנות מחשב.

באחת משיטות ההדפסה מתיכים פולימר תרמופלסטי ויוצרים חוט דק של פולימר, וממנו המוצר נבנה שכבה אחר שכבה.

בטבלה שלפניך מוצגות נוסחאות מבנה של מונומרים שמהם מייצרים פולימרים המשמשים להכנת מוצרים בהדפסה בתלת-ממד.

שימושים אחדים במוצרים המודפסים	שם הפולימר המתקבל	נוסחת המבנה של המונומר / המונומרים
— חלקי מכונות — אריזות קשיחות	פוליפרופילן (PP)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
— צעצועים — חומרי בידוד	פוליסטירן (PS)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
— חלקי מכונות — כלים רפואיים	פוליקרבונט (PC)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array}$

א. עבור כל אחד משלושת הפולימרים הנתונים:

- רשום נוסחת מבנה ליחידה החוזרת של הפולימר.
- קבע אם הפולימר מיוצר בפלמור על ידי סיפוח או בפלמור על ידי דחיסה.

ב. בעת הפלמור יש אפשרות לשלוט במסה המולרית הממוצעת, $\bar{M}$, של פוליפרופילן. כך אפשר להתאים את תכונות הפולימר לדרישות מן המוצרים השונים. הנתונים שלפניך מציגים את הקשר בין המסה המולרית הממוצעת לבין טמפרטורת ההיתוך, T_m , של פוליפרופילן. הסבר קשר זה.

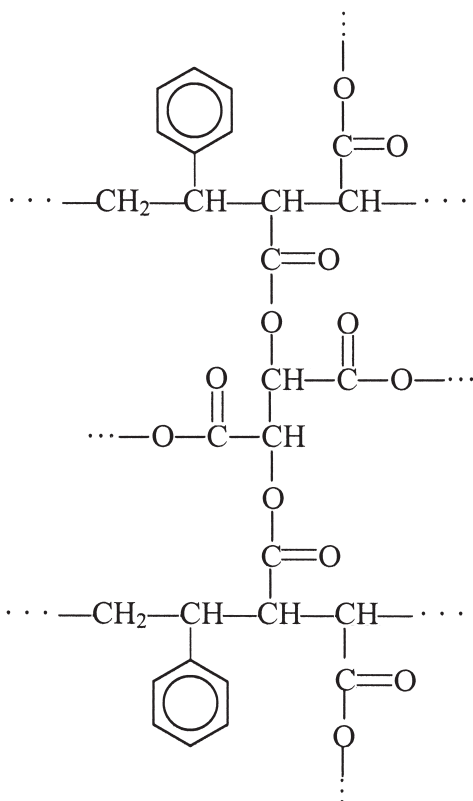
$$T_m = 114^\circ \text{C} \quad , \quad \bar{M} = 2000 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \quad \text{כאשר}$$

$$T_m = 180^\circ \text{C} \quad , \quad \bar{M} = 300,000 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \quad \text{כאשר}$$

- ג. i במעבדה הכינו שני פולימרים: פוליפרופילן ופוליסטירן. הפלמור נעשה בלי זרז. דרגת הפלמור הממוצעת של שני הפולימרים הייתה שווה. באיזה משני הפולימרים השרשרות מפותלות יותר? נמק.
- ii בהדפסה בתלת־ממד, כדי לקבל פולימרים בעלי תכונות מסוימות, משתמשים בקופולימרים. אחד מהם הוא קופולימר אקראי פוליסטירן-פוליפרופילן. רשום נוסחת מבנה לקטע מייצג של קופולימר זה.

(המשך השאלה בעמוד הבא.)

7. שיטה נוספת לייצור מוצרים במדפסות תלת-ממד היא פלמור על ידי סיפוח בהשפעת קרינה אולטרה-סגולה. הפלמור מתרחש במדפסת בין מונומר סטירן לבין שרשרות קצרות (עד 10 יחידות חוזרות) של פוליאקרילט. משני מגיבים נוזליים מתקבל קופולימר מוצק מוצלב. לפניך נוסחת מבנה לקטע של הקופולימר המוצלב:



- i אפשר לתכנת את תהליך הפלמור כדי לקבל קופולימרים שיש להם קשרי צילוב בתדירות שונה. קבע אם התדירות של קשרי הצילוב בקופולימר צריכה להיות גבוהה או נמוכה כדי לייצר:
- רכיבים קשיחים למכוניות.
 - צעצועים גמישים.
- ii צעצועים, העשויים מהקופולימר המוצלב הנתון, מתאימים למשחקים באמבטיה. צעצועים אלה תופחים מעט במים, אך לא מתמוססים. הסבר מדוע.

שים לב: המשך השאלון בעמוד הבא.

נושא שלישי – כימיה פיזיקלית – מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

7. א. לפניך ערכים של שלושה אורכי גל מתוך ספקטרום הפליטה של אטומי פחמן, C, מעוררים:

$$173 \text{ nm}, 659 \text{ nm}, 764 \text{ nm}.$$

i בחר באורך הגל המתאים לפוטון שהאנרגיה שלו היא הנמוכה ביותר, וחשב אנרגיה זו

ביחידות ג'אול (J). פרט את חישוביך, ונמק.

ii אטום הפחמן פולט קרינה גם באורך גל $4.83 \cdot 10^{-6}$ מטר.

קבע אם אורך גל זה מתאים לקרינה בתחום האור הנראה, בתחום אולטרה-סגול (UV)

או בתחום אינפרא-אדום (IR). נמק.

iii חשב את תדירות הקרינה באורך גל $4.83 \cdot 10^{-6}$ מטר. פרט את חישוביך.

ב. ידועים חלקיקים דו-אטומיים של פחמן.

i לפניך היערכות אלקטרוניים בחלקיק: $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \pi_{2p}^2 \pi_{2p}^2 \sigma_{2p}^1$

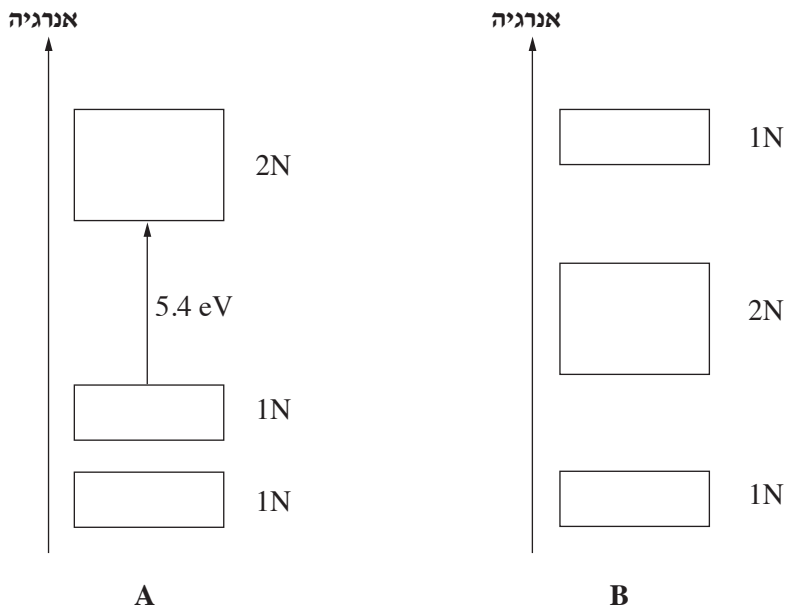
קבע אם היערכות האלקטרוניים הנתונה היא של החלקיק C_2^+ . נמק.

ii הסבר את ההבדל בין אורביטל סיגמא קושר (σ) לבין אורביטל סיגמא לא קושר (σ^*).

iii איזה חלקיק יציב יותר: C_2 או C_2^+ ? נמק.

ג. יהלום וגרפיט הם שתי צורות גבישיות של פחמן.

לפניך שני איורים המתארים פסי ערכיות ופסי הולכה ביהלום ובגרפיט.



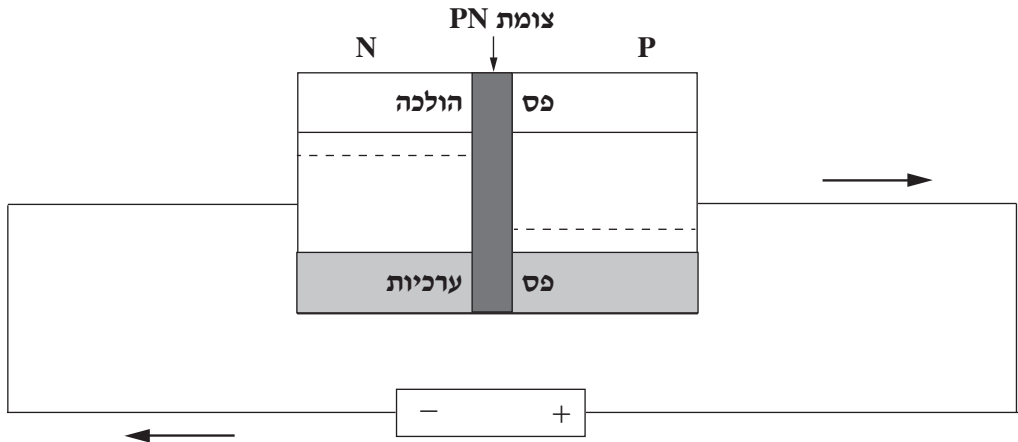
i קבע איזה משני האיורים, A או B, מתאר פסי ערכיות ופסי הולכה של גביש גרפיט המכיל N אטומים. נמק.

ii ערכו של פער האנרגיה האסור של חומר מסויים הוא $9.3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. קבע אם ערך זה מתאים לחומר מבודד. פרט את חישוביך, ונמק.

8. בשנים האחרונות נעשה שימוש נרחב בטכנולוגיה של דיודה פולטת אור (LED).

משתמשים בדיודות אלה, בין היתר, לצורכי תאורה.

א. לפניך סכמה של מעגל חשמלי שמשולב בו LED. הסבר את עקרון הפעולה של LED.



נתונה דיודה המבוססת על גביש GaP, המורכב מאטומי גליום, Ga, ומאטומי זרחן, P.

הדיודה פולטת קרינה בתחום האור הנראה.

ב. i רשום את היערכות האלקטרונים באטום זרחן, P.

ii החלפה של חלק מאטומי זרחן, P, באטומי ארסן, As, אינה פוגעת ביכולת של הגביש

לשמש דיודה. הסבר מדוע.

ג. בטבלה שלפניך מוצגים פערי אנרגיה אסורים בשתי דיודות.

הדיודה	GaAs	GaP
פער אנרגיה אסור (eV)	1.45	2.3

i קבע מהו צבע האור הנפלט מן הדיודה המבוססת על גביש GaP.

פרט את חישוביך, ונמק.

ii מהי הסיבה להבדל בין פער האנרגיה האסור בדיודה GaAs לבין פער האנרגיה האסור בדיודה GaP?

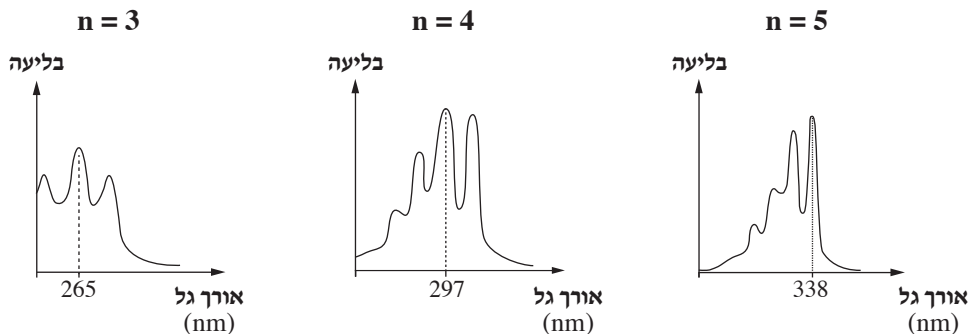
iii פרס נובל בפיסיקה לשנת 2014 ניתן על פיתוח דיודה הפולטת אור כחול. דיודה זו

מבוססת על גביש GaN, המורכב מאטומי חנקן, N, ומאטומי גליום, Ga.

דיודה המבוססת על גביש InN, המורכב מאטומי חנקן, N, ומאטומי אינדיום, In,

אינה פולטת אור כחול. הסבר מדוע.

ד. לפניך שלושה ספקטרומים. כל אחד מהם הוא ספקטרום בליעה של תרכובת מסוג $\text{CH}_3-(\text{CH}=\text{CH})_n\text{CH}_3$. האות n מייצגת את מספר הקשרים הכפולים המצומדים במולקולה.



i הסבר את העלייה באורך הגל, שבו הבליעה מקסימלית, כתלות במספר הקשרים הכפולים המצומדים במולקולות של התרכובות.

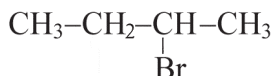
ii קבע מהו צבע האור הנבלע על ידי התרכובת $\text{CH}_3-(\text{CH}=\text{CH})_9\text{CH}_3$. הנח שכל קשר כפול מצומד נוסף במולקולה מגדיל את אורך הגל, שבו הבליעה מקסימלית, ב- 35 nm . פרט את חישוביך, ונמק.

/המשך בעמוד 20/

נושא רביעי – כימיה אורגנית מתקדמת

9. השאלה עוסקת בתגובות שבהן מגיב או נוצר 2-ברומו בוטאן.

לפניך נוסחת המבנה של 2-ברומו בוטאן:



א. יש שני אננטיומרים של 2-ברומו בוטאן.

עבור כל אחד מן האננטיומרים סרטט את המבנה המרחבי סביב אטום הפחמן האסימטרי.

2-ברומו בוטאן מגיב עם יוני יוד, $\text{I}^-(\text{CH}_3\text{COCH}_3)$. בתגובה זו אצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\ell)$, הוא הממס.

משוואת הקצב המתאימה לתגובה זו היא: $v = k [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHBrCH}_3] [\text{I}^-]$

ב. נסח את מנגנון התגובה.

ג. i הסבר כיצד אפשר לקבוע את מנגנון התגובה על פי הפעילות האופטית של המגיב ושל התוצר.

ii הצע דרך נוספת לקביעת מנגנון התגובה. הסבר.

ד. התייחס לתגובה שניסחת בסעיף ב, וקבע אם קצב התגובה יעלה, ירד או לא ישתנה בעקבות כל אחד מן השינויים i-iii. נמק בתת-סעיף iii בלבד.

i העלאת הטמפרטורה שבה מבצעים את התגובה.

ii החלפת 2-ברומו בוטאן ל-2-כלורו בוטאן, $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}\text{—CH}_3$.

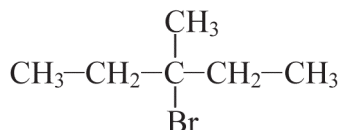
iii החלפת 2-ברומו בוטאן ל-1-ברומו בוטאן, $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—Br}$. נמק.

ה. אפשר לקבל 2-ברומו בוטאן בתגובה בין פחמימן A לבין מימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$.

i רשום נוסחת מבנה אפשרית לפחמימן A.

ii נסח את התגובה של פחמימן A עם $\text{HBr}_{(g)}$.

10. השאלה עוסקת בתגובות של 3-ברומו-3-מתיל פנטאן. בתגובות אלה אתאנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(\ell)}$, הוא הממס. לפניך נוסחת המבנה של 3-ברומו-3-מתיל פנטאן:



כאשר 3-ברומו-3-מתיל פנטאן מגיב עם יוני יוד, $\text{I}^-(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$, התגובה העיקרית שמתרחשת היא תגובת התמרה במנגנון $\text{S}_{\text{N}}1$. מתקבלים שני תוצרים עיקריים: אלקיל יודיד ואתר.

- א. i הבא נימוק אחד לכך שהתגובה מתרחשת במנגנון $\text{S}_{\text{N}}1$.
ii רשום נוסחת מבנה של כל אחד משני התוצרים העיקריים.

- ב. i נסח את מנגנון התגובה לקבלת האלקיל יודיד.
ii הסבר מדוע בתגובה זו מתקבל גם אלקיל יודיד וגם אתר.

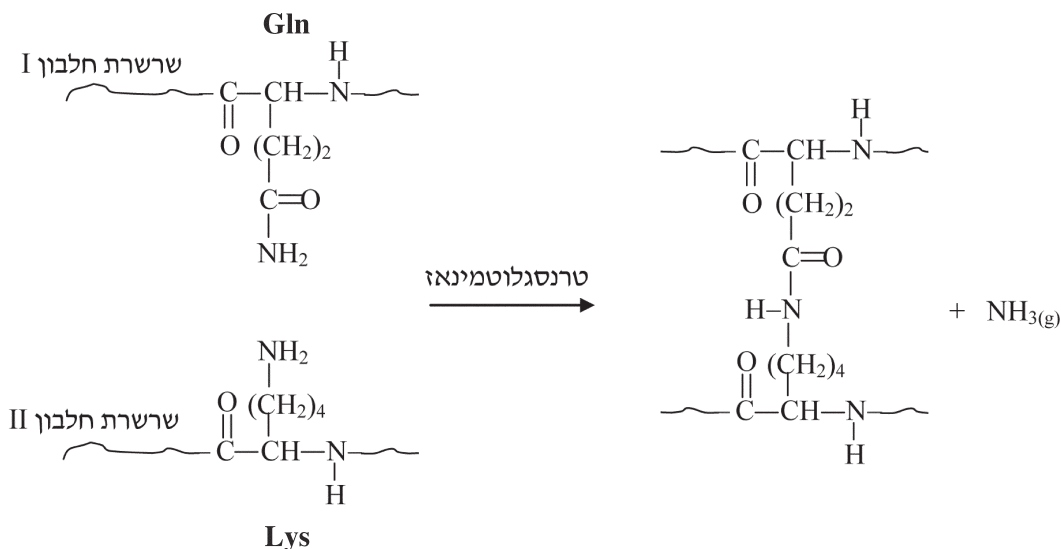
- ג. i מעלים את ריכוז יוני $\text{I}^-(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$ בתמיסה. בעקבות כך אחוז האלקיל יודיד בתערובת התוצרים גדל. הסבר מדוע.
ii קבע אם בעקבות העלאת ריכוז יוני $\text{I}^-(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$ קצב התגובה יעלה, ירד או לא ישתנה.

- ד. כאשר 3-ברומו-3-מתיל פנטאן מגיב עם יוני אתאוקסיד, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$, התגובה העיקרית שמתרחשת היא תגובת אלימינציה במנגנון E_2 . מתקבלים שלושה אלקנים. רשום נוסחת מבנה של כל אחד מן האלקנים.

- ה. הסבר מדוע התגובה העיקרית של 3-ברומו-3-מתיל פנטאן עם יוני $\text{I}^-(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$ היא תגובת התמרה, ואילו עם יוני $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$ היא תגובת אלימינציה.

נושא חמישי — כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

11. בישול מולקולרי הוא תחום חדשני העוסק בפיתוח של שיטות בישול ומוצרי מזון לא שגרתיים. אחת מן השיטות מבוססת על שימוש ב"דבק בשר", שבעזרתו אפשר לחבר חתיכות בשר או דגים ולקבל שילובים חדשים.
- "דבק בשר" הוא למעשה אנזים טרנסגלוטמינאז. בנוכחות אנזים זה נוצרים קשרים בין שרשרות פוליפפטידיות. קשרים אלה נוצרים בין הקבוצות הצדדיות של החומצות האמיניות ליזין, Lys, וגלוטמין, Gln, על פי התגובה:



- א. השווה בין התגובה הנתונה ובין התגובה שבה נוצרות שרשרות פוליפפטידיות מחומצות אמיניות.
- ציין דמיון אחד בין שתי התגובות.
 - ציין הבדל אחד בין שתי התגובות.
- ב. צולים אומצה ("סטיק") שהוכנה מחתיכות בשר קטנות שהודבקו בעזרת האנזים טרנסגלוטמינאז.
- כיצד משפיע החימום על המבנה השלישוני של חלבוני האומצה?
 - במהלך הצלייה האומצה אינה מתפרקת לחתיכות שמהן היא עשויה.
- הסבר עובדה זו.

תגובה נוספת, שבה מעורב האנזים טרנסגלוטמינאז, מתרחשת במעיים, לדוגמה בפירוק של חלבון חיטה.

בתגובה זו קבוצת הצד של גלוטמין, Gln, הופכת לקבוצת הצד של חומצה גלוטמית, Glu. אחד מתוצרי הפירוק של חלבון חיטה במעיים הוא ארבע-פפטיד Pro—Gln—Pro—Gln. ה־pH השורר במעיים הוא 7.5.

ג. רשום ייצוג מלא לנוסחת המבנה של הארבע-פפטיד הנתון אחרי הפעילות של האנזים טרנסגלוטמינאז ב־pH = 7.5.

ד. לפניך ערכי pKa של הקבוצות החומציות:

pKa של קצה C בארבע-פפטיד הוא כ־3.6

pKa של קצה N בארבע-פפטיד הוא כ־8

pKa של קבוצת הצד של Glu הוא 4.25

קבע מהו המטען הכולל של הארבע-פפטיד ב־pH = 7.5 :

— לפני פעילות האנזים טרנסגלוטמינאז.

— אחרי פעילות האנזים טרנסגלוטמינאז.

ה. i רשום את רצף הנוקלאוטידים של הקטע ב־mRNA, שבתהליך התרגום נוצר ממנו הארבע-פפטיד הנתון, לפני פעילות האנזים טרנסגלוטמינאז.

ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

ii רשום את רצף הנוקלאוטידים של הקטע מגדיל ה־DNA, שבתהליך התעתוק נוצר ממנו הקטע של mRNA שרשמת בתת־סעיף ה־i.

ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

12. מחקרים הראו שמולקולות מסוימות של RNA יכולות לשמש אנזימים.

מולקולות RNA אלה נקראות ריבוזימים (משילוב המילים ריבונוקלאוטיד ואנזים).

א. i אנזימים הם זרזים בתהליכים ביוכימיים. הסבר מהו תפקידם.

ii הסבר מה הם התפקידים של מולקולות RNA מסוג mRNA ומסוג tRNA.

ב. עקב פעילות של ריבוזימים בתא, מולקולות RNA עוברות הידרוליזה ("חיתוך")

ומתפרקות למולקולות RNA קטנות יותר.

לאחר מכן, המולקולות RNA הקטנות מתחברות ויוצרות מולקולות RNA חדשות.

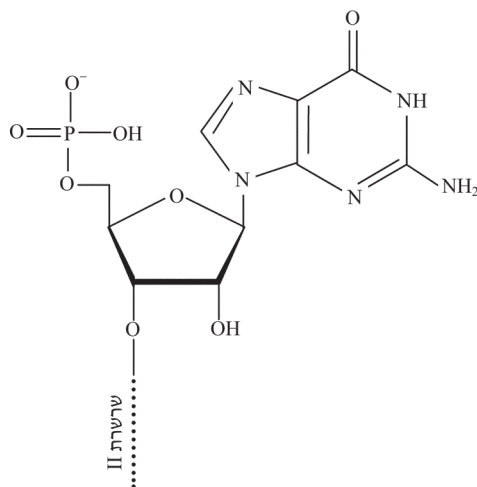
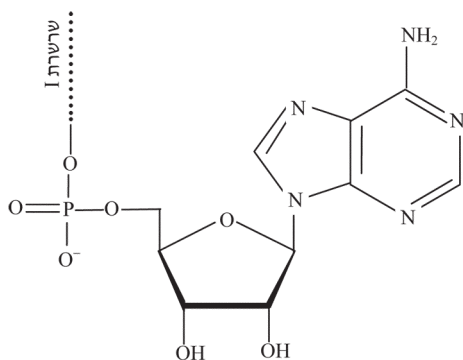
הרצפים של המולקולות RNA החדשות שונים זה מזה.

i כאשר מולקולות RNA, שהן תוצרי החיבור, עוברות תרגום, מתקבלים חלבונים

השונים זה מזה. הסבר מדוע.

ii נתונות נוסחאות מבנה לקצוות של שתי מולקולות RNA שהן תוצרי "החיתוך" של

מולקולת RNA שעברה הידרוליזה.



רשום את נוסחת המבנה לקטע החיבור של שני הקצוות של שתי מולקולות אלה.

ג. לפניך קטע מרצף נוקלאוטידים במולקולת mRNA בנגיף הפוליו:



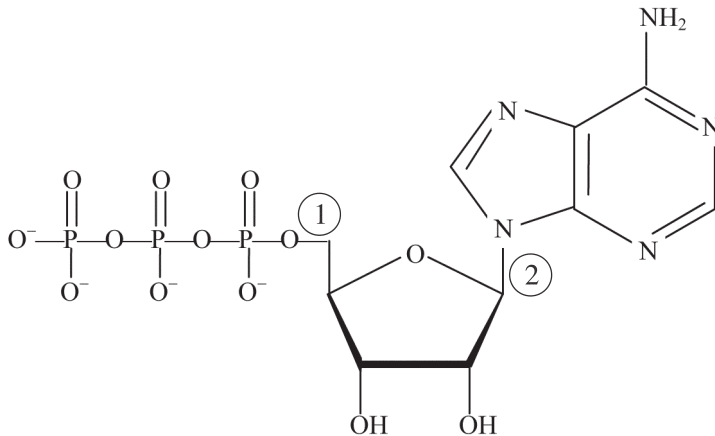
i רשום את הרצפים של הנוקלאוטידים באנטיקודונים ב־ tRNA, שמתאימים לרצף שבקטע הנתון.

בכל אחד מן האנטיקודונים ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

ii רשום את רצף החומצות האמיניות אשר מקודד על ידי קטע ה־ mRNA הנתון.

ד. ATP הוא חומר המשמש מקור אנרגיה לפעילות התא.

לפניך נוסחת מבנה של מולקולת ATP :



i השווה בין הרכיבים של מולקולת ATP לבין הרכיבים של נוקלאוטיד שבמולקולת RNA.

ציין דמיון אחד והבדל אחד.

ii ציין את סוגי הקשרים המסומנים (1) ו־ (2) בנוסחת המבנה של מולקולת ATP.

נושא שישי – כימיה של הסביבה

13. השאלה עוסקת ביונים אחדים המצויים במי ברז ומשפיעים על איכותם.

מי ברז מכילים יונים כגון: $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$, $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}$, $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$, $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$, $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$

א. i אילו מן היונים הנתונים נמצאים בריכוז גבוה במים קשים?

ii כאשר משתמשים במים קשים מצטברת אבנית בצינורות. ציין שני נזקים הנגרמים מהצטברות אבנית.

iii משתמשים במחליף יונים כדי לרכך מים קשים. קבע אם מחליף היונים צריך להיות מחליף קטיונים או מחליף אניונים. נמק.

ב. בדגימת מים שנלקחה מבאר נבדקה קשיות המים. נמצא שקשיות המים היא 140 ppm של $\text{CaCO}_3(\text{s})$.

חשב את הריכוז של יוני סידן, $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$, בדגימת המים מן הבאר, ביחידות ppm. פרט את חישוביך.

מים זורמים בצינורות פלדה שהרכיב העיקרי שלה הוא ברזל, $\text{Fe}_{(\text{s})}$. כאשר $\text{Fe}_{(\text{s})}$ בא במגע עם מים חומציים הוא עובר קורוזיה על פי התגובה:



בנוכחות חמצן, $\text{O}_{2(\text{g})}$, יוני $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ הופכים ליוני $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$.

בנוכחות יוני $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ המים נעשים חומים.

ג. הסבר כיצד עלייה בחומציות המים משפיעה על ריכוז יוני $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$.

- ד. תלמידים בדקו שלוש דגימות של מי ברז שהיו חומים ועכורים.
 בכל אחת מן הדגימות הם ביצעו אחת משלוש הפעולות (1)-(3):
 (1) סינון המים בפחם פעיל.
 (2) העברת המים דרך מחליף קטיונים.
 (3) העברת המים דרך מחליף אניונים.
 על פי תוצאות הבדיקות התלמידים קבעו שהדגימות הכילו אבק ויוני $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}$.
 מה היו התצפיות של התלמידים לאחר כל אחת משלוש הפעולות?

- ה. קביעת הריכוז של יוני $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ בדגימות של מים נעשית בשיטה ספקטרוֹפוטומטרית.
 בשלב הראשון מחזרים את יוני $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}$ ליוני $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$.
 בשלב השני מוסיפים חומר היוצר עם יוני $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ תצמיד (קומפלקס) אדום.
 אחר כך מכינים גרף כיול.
 התלמידים בדקו דגימה של מי ברז, ומצאו שערך הבליעה שנמדדה זהה לערך הבליעה הגבוה ביותר שמופיע בגרף הכיול.
 i תוצאה זו אינה מאפשרת לקבוע חד־משמעית את ריכוז יוני $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ בדגימה.
הסבר מדוע.
 ii כיצד אפשר לקבוע חד־משמעית את הריכוז של יוני $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ בדגימה זו?

14. חמצן דורחנקני, $N_2O_{(g)}$, משמש, בין היתר, חומר הרדמה בטיפול שיניים.

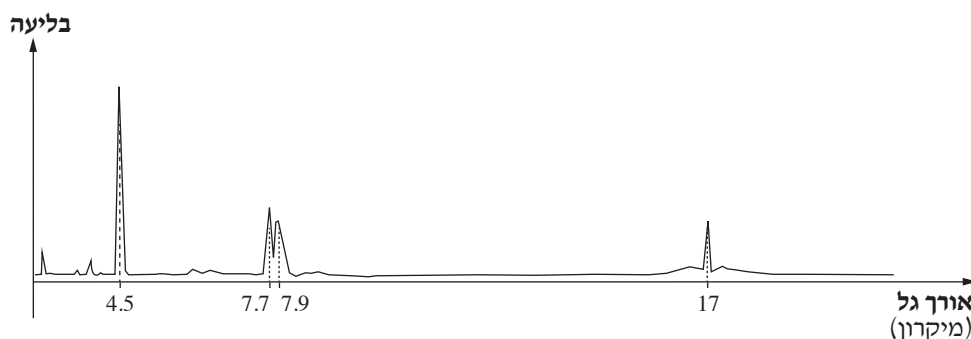
$N_2O_{(g)}$ הוא גז חממה. הריכוז שלו באטמוספירה נמוך יחסית, אך הזמן שבו נעלמת

מחצית מכמות הגז (זמן מחצית החיים) ארוך מאוד – כ- 170 שנה.

א. i הסבר כיצד גזי חממה גורמים להגברת אפקט החממה.

ii הסבר מדוע הזמן הארוך שבו נעלמת מחצית מכמות הגז $N_2O_{(g)}$ מגדיל את התרומה שלו להגברת אפקט החממה.

ב. לפניך קטע מספקטרום הבליעה של $N_2O_{(g)}$:



i אפשר לקבוע את הריכוז של $N_2O_{(g)}$ באוויר בשיטה ספקטרופוטומטרית.

היעזר בספקטרום הנתון וקבע באיזה אורך גל יש לבחור לביצוע המדידות. הסבר.

ii חשב את האנרגיה של הפוטון שנבלע באורך הגל שבחרת בתת-סעיף ב i.

פרט את חישוביך.

ג. בארבעים השנים האחרונות נמדדה עלייה בריכוז $N_2O_{(g)}$ באטמוספירה.

עלייה זו היא בין השאר תוצאה של פירוק תרכובות חנקן, הנמצאות בדשנים, על ידי

חיידקים בקרקע ובאוקיינוסים.

הצע דרך שבה בני אדם יכולים להוריד את הריכוז של $N_2O_{(g)}$ באטמוספירה.

דשנים רבים מכילים יוני NO_3^- , שעלולים לשמש מקור ל- $\text{N}_2\text{O(g)}$ באטמוספירה. כדי לקבוע את הריכוז של יוני NO_3^- במים בשיטה ספקטרופוטומטרית, הכינו גרף כיול. מדדו את הבליעה של תמיסות המכילות יוני NO_3^- בריכוזים שונים, באורך גל 220 nm. בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות.

בליעה באורך גל 220 nm	ריכוז NO_3^- ($\frac{\text{mg}}{\text{liter}}$)
0.4	4
0.8	8
1.6	16
2.2	24
2.3	28
2.3	32

- ד. i על פי התוצאות שבטבלה, סרטט גרף כיול המציג את הקשר בין הבליעה לבין הריכוז של יוני NO_3^- במים. הקפד בסרטוט על הפרטים הנדרשים.
- ii הריכוז המותר של יוני NO_3^- במאגרי מים באזורים חקלאיים הוא 10 ppm. בדגימה ממאגר מים אחד נמדדה בליעה 0.9. מצא את הריכוז של יוני NO_3^- בדגימה זו, וקבע אם המים במאגר זה מותרים לשימוש. נמק.

ה. על פי תוצאות המדידות הבליעה של יוני NO_3^- שהריכוז שלהם בתמיסה

היה $16 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$ גדולה יותר מאשר בריכוז $8 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$.

- i קבע איזה מן ההיגדים שלפניך, (1) או (2), עשוי להסביר ממצא זה.

(1) בריכוז גדול יותר של יוני NO_3^- בתמיסה, האנרגיה של כל פוטון שנבלע גדולה יותר.

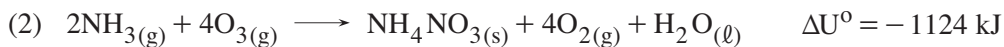
(2) כל יון NO_3^- בולע פוטון אחד. ככל שיש יותר יונים בליטר תמיסה, נבלעים יותר פוטונים.

- ii הסבר מדוע פסלת את ההיגד האחר בתת-סעיף ה.i.

נושא שביעי – פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני

15. בשכבות העליונות של האטמוספירה, אוזון, $O_3(g)$, נוצר מחמצן, $O_2(g)$, בהשפעת קרינה אולטרה-סגולה. לאחר שנים רבות שבהן מחקרים הראו כי שכבת האוזון באטמוספירה הידלדלה, בספטמבר 2014 פורסם כי שכבת האוזון גדלה.
- א. לאיזה מן החומרים, $O_2(g)$ או $O_3(g)$, אנטרופיה מולרית תקנית, S° , גדולה יותר? נמק.
- ב. נתונים שלושה כלים סגורים, A, B, C.
- i. כלי A מכיל 1 גרם $O_2(g)$, וכלי B מכיל 1 גרם $O_3(g)$.
לשני הכלים אותו נפח ובשניהם אותו לחץ.
- קבע באיזה מן הכלים, A או B, טמפרטורת הגז גבוהה יותר. נמק.
- ii. כלי C מכיל 0.08 גרם $O_2(g)$, והוא מוחזק בטמפרטורה $60^\circ C$.
לחץ הגז בכלי הוא 0.76 אטמוספרות. חשב את נפח הכלי. פרט את חישוביך.
- ג. לכלי סגור, המוחזק בטמפרטורה 298 K, הכניסו $O_2(g)$. התרחשה תגובה (1):
- $$(1) \quad 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)} \quad \Delta H^\circ > 0$$
- i. עבור התגובה הישירה סרטט גרף סכמתי המציג את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T.
- ii. לפניך שלושה ערכים של קבוע שיווי-משקל, K:
- $$5.8 \cdot 10^{55}, \quad 1.0, \quad 1.7 \cdot 10^{-56}$$
- קבע מהו הערך של קבוע שיווי-המשקל המתאים למערכת זו בטמפרטורה 298 K. נמק.

ד. אוזון מגיב עם אמוניה על פי תגובה (2) :



i קבע אם במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת עולה, יורדת או אינה משתנה. נמק.

ii מבצעים את תגובה (2) בכלי סגור בלחץ קבוע ובטמפרטורה קבועה.

קבע אם במהלך התגובה יש מעבר אנרגיה בצורת עבודה.

אם כן – ציין את כיוון המעבר.

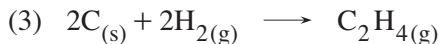
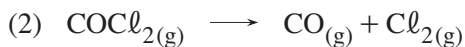
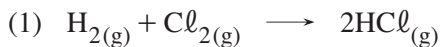
אם לא – הסבר מדוע.

iii חשב את השינוי באנתלפיה התקנית, ΔH° , עבור תגובה (2) בטמפרטורה 298K.

פרט את חישוביך.

/המשך בעמוד 32/

16. נתונות שלוש תגובות, (1)-(3):



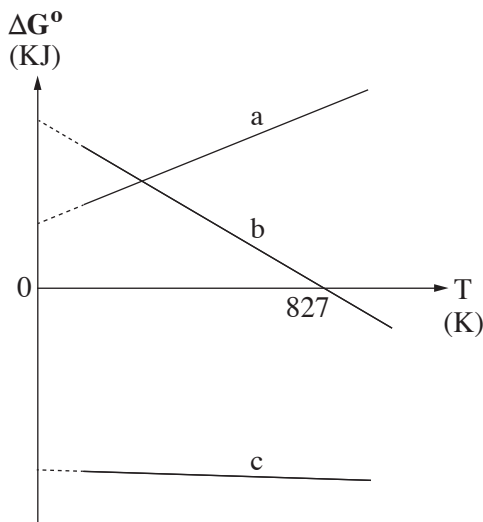
א. לפניך שלושה ערכים של שינוי האנטרופיה התקנית במערכת, ΔS° מערכת:

$$-53 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}, \quad +20 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}, \quad +137 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

התאם ערך של ΔS° מערכת לכל אחת מן התגובות (1)-(3). נמק עבור תגובה (3) בלבד.

ב. בגרף I שלפניך מסורטטות שלוש עקומות a, b, c המתארות את שינוי האנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, עבור התגובות (1)-(3).

גרף I



התאם כל אחת מן העקומות a, b, c לכל אחת משלוש התגובות (1)-(3).
נמק עבור תגובה (1) בלבד.

ג. עבור כל אחד מן ההיגדים ii-i שלפניך קבע אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

i בכל טמפרטורה, התרכובת $C_2H_4(g)$ אינה יציבה מבחינה תרמודינמית יחסית ליסודות $C_{(s)}$ ו- $H_{2(g)}$.

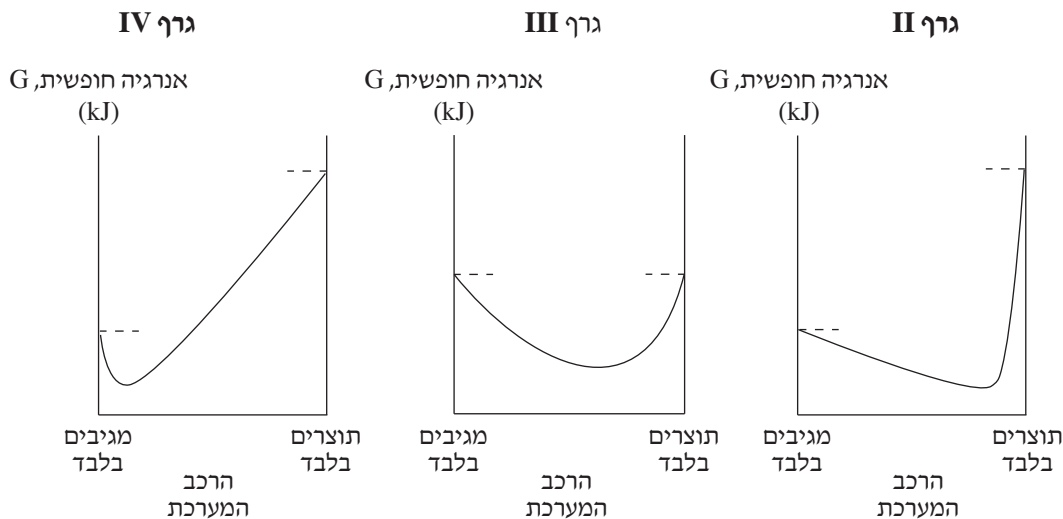
ii במהלך התגובה (2) האנטרופיה של הסביבה עולה.

ד. i הסתמך על תשובותיך על סעיפים א ו- ב וחשב את הערך של שינוי

האנטלפיה התקנית, ΔH° , של התגובה שעקומה b מתאימה לה. פרט את חישוביך.

ii חשב עבור תגובה זו את הערך של שינוי האנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , ב- 298 K . פרט את חישוביך.

ה. לפניך שלושה גרפים, II, III, IV המתארים את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת עבור התגובה שעקומה b מתאימה לה.



i קבע איזה מן הגרפים II, III, IV מתאים למערכת בטמפרטורה 298 K . נמק.

ii קבע איזה מן הגרפים II, III, IV מתאים למערכת בטמפרטורה 827 K .

בהצלחה!