

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. בשכבות העמוקות של כדור הארץ הטמפרטורות גבוהות. מים חמים המגיעים משכבות אלו,

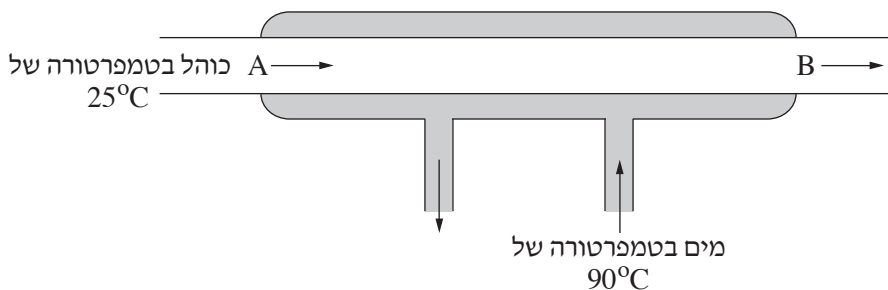
מנוצלים לאידוי כוהל.

כוהל במצב גז משמש להפעלת טורבינות לייצור חשמל.

מבצעים את התהליך בשני שלבים.

בשלב הראשון מחממים את הכוהל הנוזלי.

האיור שלפניך מתאר את זרימת הנוזלים בצינורות בשלב הראשון.



א. קבע אם האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות הכוהל ביציאה מהצינור (B) גבוהה

מן האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות הכוהל בכניסה לצינור (A), נמוכה ממנה

או שווה לה. נמק.

בשלב השני של התהליך הכוהל הופך לגז.

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שני הכוהלים: אתאנול ו-2-בוטאנול.

2-בוטאנול	אתאנול	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(\ell)$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\ell)$	
372	351	טמפרטורת רתיחה (K)
49.6	42.3	אנתלפיית אידוי* ב-298 K $(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$

* אנתלפיית אידוי — כמות האנרגיה הדרושה לאידוי 1 מול נוזל.

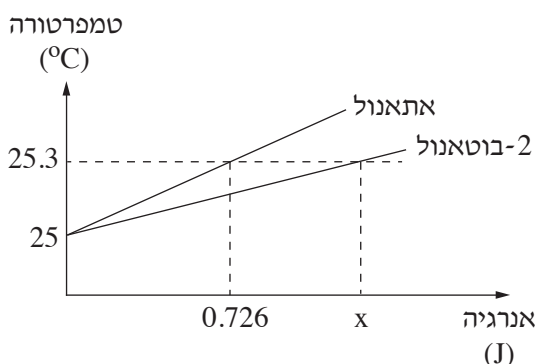
ב. i היעזר בטבלה וקבע איזה כוהל — אתאנול או 2-בוטאנול — מתאים לשמש להפעלת טורבינות בתהליך המתואר. נמק.

ii נסח את תהליך האידוי של הכוהל שבחרת בתת-סעיף ב i.

iii קבע אם האנטרופיה של הכוהל במצב גז גבוהה מהאנטרופיה שלו במצב נוזל או נמוכה ממנה. הבא שני נימוקים.

ג. קבע אם כמות האנרגיה הדרושה לאידוי 1 גרם אתאנול ב-298K גדולה מכמות האנרגיה הדרושה לאידוי 1 גרם 2-בוטאנול ב-298K, קטנה ממנה או שווה לה. פרט את חישוביך.

ד. מחממים 1 גרם $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\ell)$ ו-1 גרם $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(\ell)$. לפניך גרף המתאר את השינוי בטמפרטורה של כל אחד מהנוזלים האלה במהלך החימום.



i היעזר בנתונים שבגרף וחשב את קיבול האנרגיה הסגולי של אתאנול. פרט את חישוביך.

ii איזה משני הערכים, $2.22 \frac{\text{J}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$ או $2.66 \frac{\text{J}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$, מתאים לקיבול האנרגיה הסגולי של 2-בוטאנול. נמק.

iii חשב את הערך של x. פרט את חישוביך. /המשך בעמוד 4/

2. גפרית דורחמצנית, $\text{SO}_{2(g)}$, היא גז רעיל הנפלט לאטמוספירה בשרפה של דלקים.

א. באטמוספירה $\text{SO}_{2(g)}$ מגיב עם מי גשם על פי תגובה (1):



ביצעו ניסוי: לכלי המכיל מים הוסיפו $\text{SO}_{2(g)}$. התרחשה תגובה (1).

לפניך ארבעה היגדים iv-i.

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

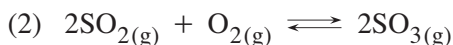
i בתום התגובה היה ה- pH של התמיסה גדול מ- 7.

ii האנרגיה הפנימית של חלקיקי המערכת עולה במהלך התגובה.

iii האנטרופיה של הסביבה עולה במהלך התגובה.

iv האנטרופיה של המערכת עולה במהלך התגובה.

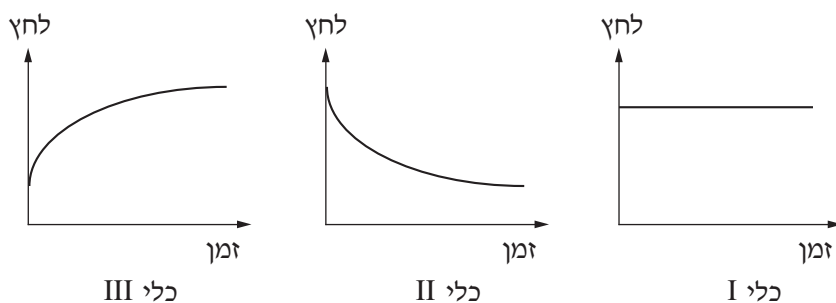
ב. בתנאים מתאימים מתרחשת תגובה (2):



לקחו שלושה כלים סגורים I, II, III שיש להם אותו נפח. לכל אחד מן הכלים הכניסו

שלושה גזים: $\text{SO}_{2(g)}$, $\text{O}_{2(g)}$, $\text{SO}_{3(g)}$. הכלים נשמרו בטמפרטורה קבועה T.

לפניך שלושה גרפים. כל גרף מתאר את השינוי בלחץ באחד הכלים, מרגע הכנסת הגזים.



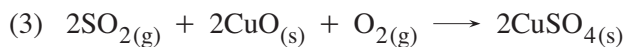
i הלחץ בכלי I אינו משתנה. הסבר מדוע.

ii קבע באיזה כלי, מיד לאחר הכנסת הגזים, קצב התגובה הישירה גבוה מקצב

התגובה ההפוכה. נמק.

ג. בתגובה (2) קצב התגובה הישירה בטמפרטורה 300°C גבוה מקצב התגובה הישירה בטמפרטורה 300K .
 הסבר עובדה זו בעזרת תורת ההתנגשויות.

ד. ביצעו מחקרים כדי לפתח תהליך למניעת פליטה של $\text{SO}_{2(g)}$ לאטמוספירה.
 באחד משלבי התהליך שפותח מתרחשת תגובה (3):



לפניך הנתונים עבור תגובה (3) ב- 298K :

$$\Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} = -562 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}} = +1570 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

i. הסבר מדוע $\Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} < 0$.

ii. קבע אם תגובה (3) היא אנדותרמית או אקסותרמית. נמק ללא חישוב.

iii. חשב את ΔH° עבור תגובה (3). פרט את חישוביך.

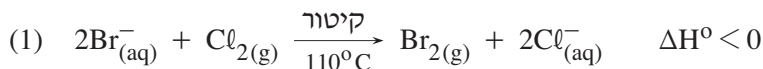
פרק שני (50 נקודות)

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

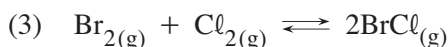
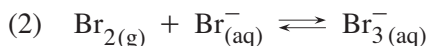
רשום על הצד החיצוני של מחברת הבחינה את הנושא שענית עליו בפרק זה.

נושא ראשון – ברום ותרכובותיו

3. במגדל התגובה לייצור ברום במפעל הברום בסדום מתרחשת תגובה (1):



במגדל התגובה יכולות להתרחש גם התגובות (2) ו- (3):



א. i (1) תגובה היא תגובה מהירה גם בטמפרטורת החדר. במפעל מבצעים את

התגובה בטמפרטורה 110°C . ציין שתי סיבות לכך.

ii אל תוך מגדל התגובה מזרימים תמלחת חמה עשירה ביוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ בכיוון המנוגד

לכיוון הזרמת הכלור, $\text{Cl}_{2(\text{g})}$. הסבר מדוע.

iii הזרמת הקיטור למגדל התגובה תורמת להעלאת הניצולת של התהליך. הסבר כיצד.

ב. למתקן התגובה הזרימו 100,000 ליטר תמלחת המכילה 10 גרם יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ בליטר.

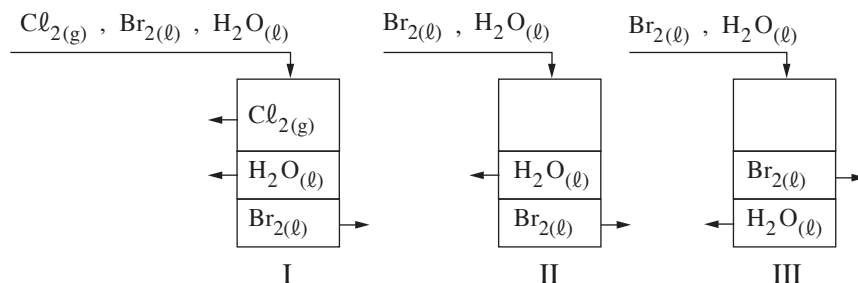
התקבלו 940 קילוגרם ברום. אחוז ההמרה היה 98%.

חשב את אחוז הניצולת של התהליך. פרט את חישוביך.

ג. תערובת הגזים היוצאת ממגדל התגובה מכילה $\text{Br}_{2(\text{g})}$, $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ ו- $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$.

הפרדת הברום מתערובת הגזים מתבצעת בשלושה מתקנים: במעבה, במפריד ובמגדל זיקוק.

i לפניך שלושה תרשימים I, II, III:



קבע איזה מהתרשימים מציג נכונה את המתרחש במפריד. הסבר מדוע פסלת את

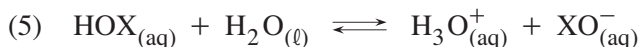
שני התרשימים האחרים.

ii הסבר מדוע מבצעים הפרדה נוספת במגדל הזיקוק.

/המשך בעמוד 7/

תמיסות מימיות המכילות כלור וברום משמשות לחיטוי מים בברכות שחייה.

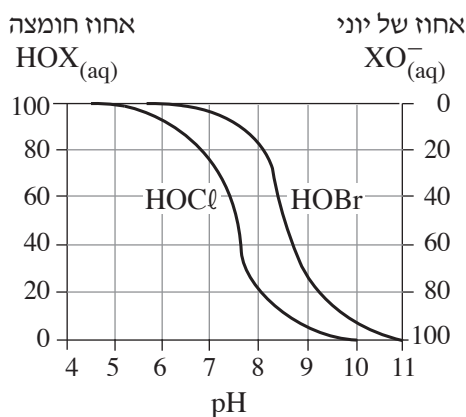
בתמיסות אלה מתרחשות התגובות (4) ו- (5) (X מייצג Cl או Br):



כושר החיטוי של מולקולות $HOX_{(aq)}$ גבוה מכיוון החיטוי של יוני $XO_{(aq)}^-$.

הגרף שלפניך מתאר את השינוי בהרכב התמיסות המימיות המכילות ברום וכלור עם השינוי

ב- pH של התמיסה.

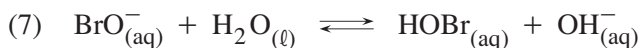
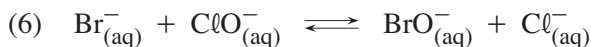


ד. i לאיזו תמיסה יש כושר חיטוי גבוה יותר בתחום $7 < pH < 8$, לתמיסה מימית

של כלור או לתמיסה מימית של ברום? נמק.

ii ב- $pH > 9$ כושר החיטוי של תמיסת הברום נמוך מאוד. הסבר מדוע.

ה. כאשר מוסיפים נתון ברומי, $NaBr_{(s)}$, לתמיסת $NaClO_{(aq)}$, מתרחשות התגובות (6) ו- (7):



קבע לאיזו תמיסה יש כושר חיטוי גבוה יותר – לתמיסת $NaClO_{(aq)}$ או לתמיסה מימית

המכילה $NaClO_{(aq)}$ ו- $NaBr_{(aq)}$. נמק.

4. השאלה עוסקת בייצור נתרן ברומטי, $\text{NaBrO}_3(\text{s})$, ואשלגן ברומטי, $\text{KBrO}_3(\text{s})$, במפעל "תרכובות ברום" ברמת חובב.

תהליך הייצור של $\text{NaBrO}_3(\text{s})$ מבוסס על תגובה (1):

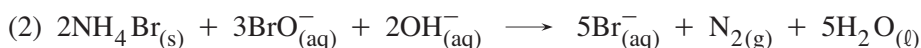


נוסף לתגובה (1), במכל התגובה מתרחשות תגובות לוואי אחדות, שבחלקן נוצרים יוני $\text{BrO}^-_{(\text{aq})}$.
יונים אלה וגם יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$, הנוצרים בתגובה (1) ובתגובות הלוואי, אינם רצויים בתהליך ייצור זה.

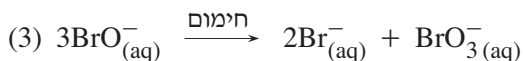
א. הניצולת של תהליך הייצור נמוכה יחסית. הסבר מדוע.

ב. יש שתי שיטות להקטין את כמות יוני $\text{BrO}^-_{(\text{aq})}$:

בשיטה הראשונה מוסיפים למכל התגובה אמוניום ברומי, $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$.
מתרחשת תגובה (2):



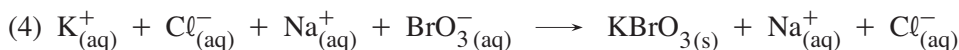
בשיטה השנייה מחממים את התמיסה, ומתרחשת תגובה (3):



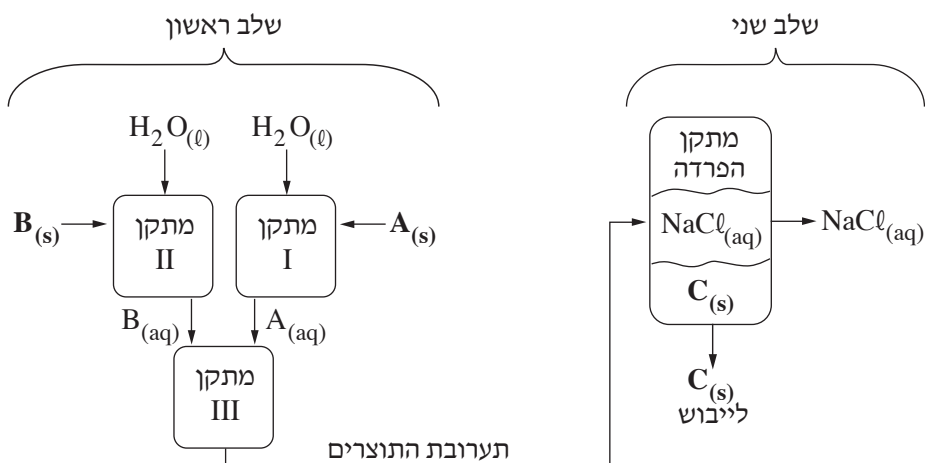
i ציין יתרון תעשייתי אחד של השיטה השנייה על פני השיטה הראשונה.

ii במפעל "תרכובות ברום" בחרו לפעול על פי השיטה הראשונה. הסבר מדוע.

תהליך הייצור של $\text{KBrO}_3(\text{s})$ מבוסס על תגובה (4):



ג. לפניך תרשים זרימה של ייצור $\text{KBrO}_3(\text{s})$.



i זהה את החומרים C, B, A .

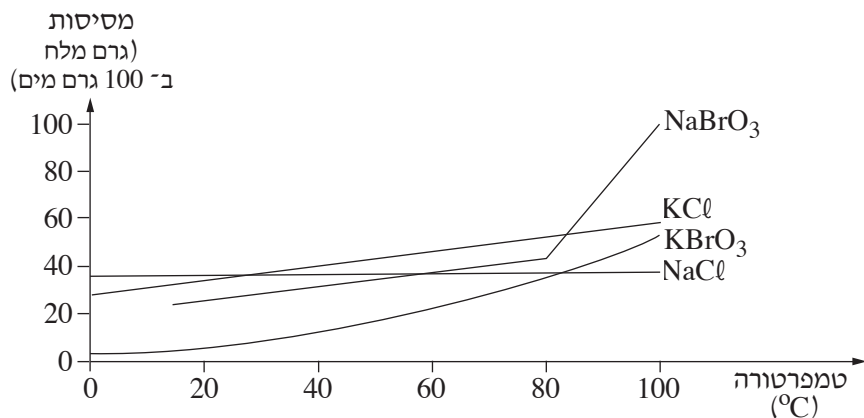
ii זהה את התהליכים המתרחשים במתקנים I, II, III.

ד. תמיסה המכילה 600 מול NaBrO_3 הגיבה עם כמויות מתאימה של תמיסת $\text{KCl}(\text{aq})$.

התקבלו 459 מול $\text{KBrO}_3(\text{s})$. אחוז הניצולת בתהליך הוא 85%.

חשב את אחוז ההמרה בתהליך. פרט את חישוביך.

ה. הגרף שלפניך מתאר את המסיסות של המגיבים והתוצרים בתגובה (4) כתלות בטמפרטורה.



i מבצעים את השלב הראשון של תהליך הייצור בטווח טמפרטורות של $75^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$.

הסבר מדוע.

ii באיזה טווח טמפרטורות עדיף לבצע את השלב השני, $10^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}$, או $40^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}$?

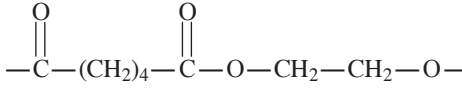
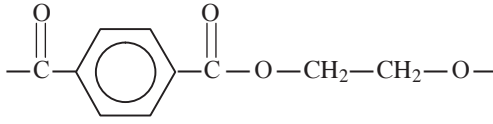
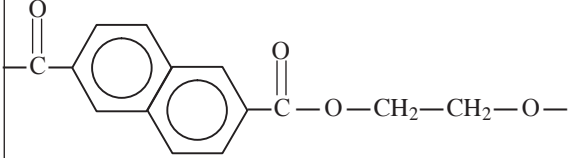
נמק.

/המשך בעמוד 10/

נושא שני – פולימרים

5. השאלה עוסקת בפוליאסטרם אחדים.

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שלושה פוליאסטרם III-I.

מספר הפולימר	שם הפולימר	נוסחת היחידה החוזרת של הפולימר	טמפרטורה זגוגית, T _g (°C)	טמפרטורת היתוך, T _m (°C)
I	פוליאטילן אדיפט (PEA)		-45	50
II	פוליאטילן טרפאתלט (PET)		70	265
III	פוליאטילן נפתלט (PEN)		120	270

א. i באיזה מהפולימרים, I או II, המרחק הממוצע בין קצות השרשרת גדול יותר?

הנח שאורך השרשרות בשני הפולימרים דומה. נמק את קביעתך.

ii הסבר מדוע ערך ה- T_m של פולימר II גבוה מערך ה- T_m של פולימר I.

ב. הסבר מדוע ערך ה- T_g של פולימר III גבוה מערך ה- T_g של פולימר II.

יש שיטות שונות למחזור פולימר II – PET.

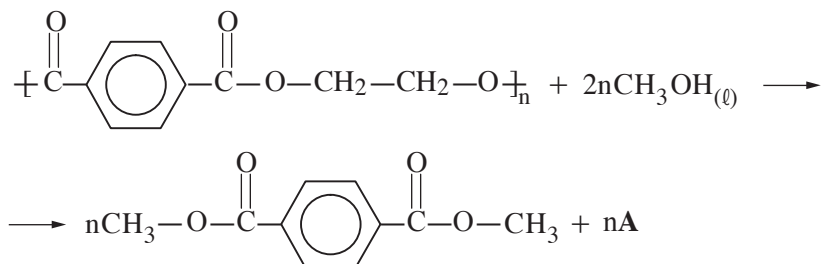
ג. אחת השיטות כוללת ביצוע ההידרוליזה של הפולימר, ניקוי המונומרים ופלמור מחדש.

רשום את נוסחאות המבנה של תוצרי ההידרוליזה.

ד. שיטה אחרת למחזור PET היא ביצוע תהליך שנקרא מחזור כימי: מכניסים את הפולימר

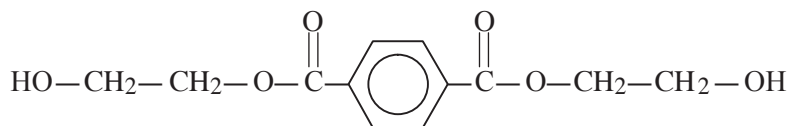
הגרוס לתוך מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, בעודף, תוך כדי חימום והפעלת לחץ.

הפולימר והזיהומים מתמוססים במתאנול, וה- PET מתפרק על פי התגובה:



i רשום את נוסחת המבנה של החומר A.

ii מפרידים את תוצרי התגובה ממתאנול, ומגיבים ביניהם לקבלת החומר B שנוסחתו:



חומר B עובר פלמור עם מונומר נוסף לקבלת PET. רשום נוסחת מבנה של המונומר הנוסף.

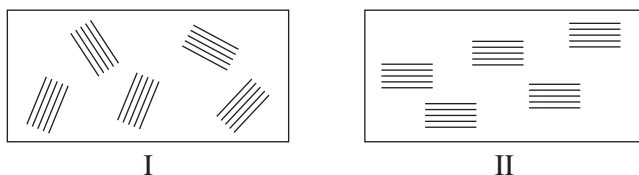
ה. PET משמש בין היתר לייצור סיבים לתעשיית הטקסטיל.

i ציין שלושה מאפייני מבנה של PET שבזכותם הוא מתאים לייצור סיבים.

ii בתהליך ייצור הסיבים הפולימר עובר מתיחה.

איזה מהאיורים הסכמתיים II-I שלפניך מציג נכון את ההכוונה של האזורים הגבישיים

בפולימר לאחר המתיחה? נמק את קביעתך.

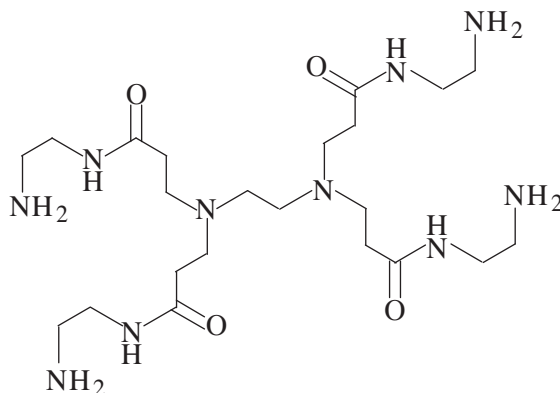


ו. מפוליאסטר מוצלב מייצרים ציפויים למוצרי עץ. כדי לקבל פוליאסטר מוצלב, לשני

המונומרים של PET מוסיפים גליצרול, $\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OH}$ במהלך הפלמור.

רשום קטע מייצג של הפוליאסטר המוצלב שמתקבל בפלמור.

6. דנדרימרים הם פולימרים כדוריים הנוצרים בפלמור על ידי דחיסה, בתהליך רב-שלבי. לפניך נוסחת מבנה של מולקולה A הנוצרת בשלבים הראשונים של הפלמור לקבלת הדנדרימר.



א. מולקולה A נוצרת בתגובת דחיסה בין מולקולה מרכזית ובין ארבע מולקולות של מונומר X. רשום נוסחת מבנה למולקולה של מונומר X.

בהמשך התהליך הרב-שלבי, מולקולה A נקשרת לארבע מולקולות של מונומר Y בתגובת דחיסה.

ב. i איזה משלושת המונומרים: $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$, $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$, $\text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{OH}$ מתאים להיות מונומר Y? נמק.

ii המונומר $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ אינו מתאים להיות מונומר Y. הסבר מדוע.

ג. i מהו סוג הקשרים שנוצרו בין מולקולה A ובין מולקולות של מונומר Y?

ii בתגובת הדחיסה מוסיפים זרז. הסבר מה תפקידו של הזרז.

ד. המסה המולרית של חומר המורכב ממולקולות A היא 517 גרם למול.

מהי המסה המולרית של חומר המתקבל אחרי הוספת מונומר Y? פרט את חישוביך.

ה. אחד השימושים של דנדרימרים הוא אגירה של תרופות והובלתן בכלי הדם לאיבר פגוע.

למולקולה של דנדרימר יש מבנה דומה למבנה של מולקולה A.

הסבר מדוע יש לדנדרימר מסיסות גבוהה במים (המצויים בדם).

ו. i מונומר X יכול להגיב עם מונומר Y וליצור פולימר B.

רשום נוסחת מבנה ליחידה חוזרת של הפולימר B.

ii מונומר Y יכול להגיב עם המונומר $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{NH}_2$ וליצור פולימר C.

אחד משני הפולימרים B ו-C מתמוסס במים, ואילו הפולימר השני תופח במים.

אך לא מתמוסס. קבע איזה משני הפולימרים מתמוסס ואיזה תופח. נמק.

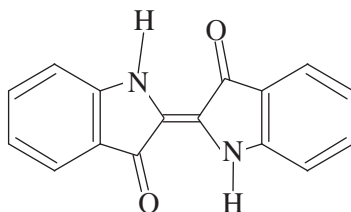
נושא שלישי – כימיה פיזיקלית – מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

7. צורן (סיליקון), $\text{Si}_{(s)}$, הוא מוליך למחצה ומשמש לייצור שבבים אלקטרוניים. השימוש הנפוץ של יסוד זה בתעשיית השבבים בא לידי ביטוי בשם "עמק הסיליקון" שנמצא בקליפורניה, ארצות-הברית.
- א. לפניך שתי אפשרויות, a ו- b, לרישום היערכות אלקטרונים באטומי צורן.
- a: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1$
- b: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$
- קבע איזו מן האפשרויות מתאימה לאטום צורן מעורר. נמק.
 - צייר דיאגרמה של אכלוס אלקטרונים באטום צורן מעורר.
 - רשום היערכות אלקטרונים ביון Si^{2+} במצב יסוד.
- בהנחה שעקרון האיסור של פאולי אינו נכון, וכל אורביטל יכול לאכלס 3 אלקטרונים:
- כמה יסודות היו נכללים בשורה הראשונה במערכת המחזורית? נמק.
 - כמה יסודות היו נכללים בשורה השנייה במערכת המחזורית? נמק.
 - רשום את היערכות האלקטרונים באטום צורן שבו כל אורביטל יכול לאכלס 3 אלקטרונים.
 - לאיזה טור היה משתייך היסוד צורן? נמק.
- ג. בספקטרום הפליטה של אטומי צורן מופיעים, בין היתר, קווי פליטה באורכי הגל האלה:
- 288 nm , 505 nm , 637 nm , 785 nm
- חשב את אנרגיית הפוטון המתאים לקו הפליטה בתחום אולטרה-סגול (UV). פרט את חישוביך.
- ד. נתון: אנרגיית היינון הראשונה של הצורן היא 790 kJ/mol . מספר חלקיקים במול חומר — $6.02 \cdot 10^{23}$.
- חשב את תדירות הקרינה הנמוכה ביותר שיכולה ליינן את אטום הצורן. פרט את חישוביך.

8. השאלה עוסקת בצבע הכחול.

- א. i חשב את טווח האנרגיה של פוטונים של אור כחול. פרט את חישוביך.
 ii קבע אם תדירות הקרינה בתחום אולטרה-סגול גבוהה מתדירות הקרינה בתחום האור הכחול או נמוכה ממנה. נמק.

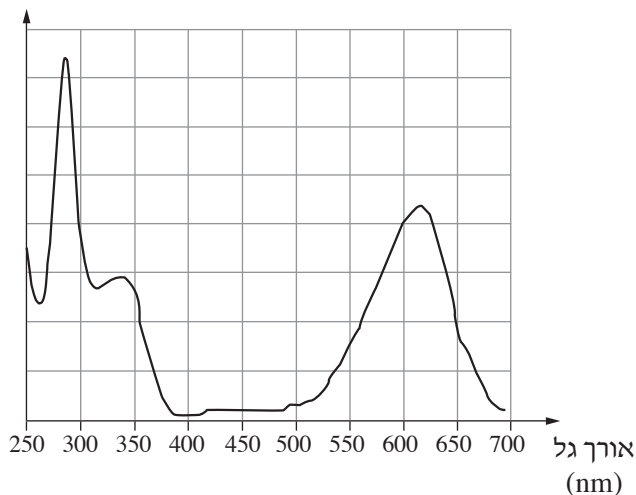
ב. לפניך נוסחת מבנה של מולקולת אינדיגו:



- i העתק את הנוסחה למחברתך, והקף את הכרומופור שבמולקולת אינדיגו.
 ii נתון חומר שצבעו אדום, וצורת המולקולות שלו דומה לצורת המולקולות של אינדיגו. קבע אם הכרומופור במולקולות של חומר זה גדול מהכרומופור במולקולת אינדיגו או קטן ממנו. נמק.

ג. נתון קטע מספקטרום בליעה.

עוצמת בליעה



קבע אם הקטע הנתון יכול להיות קטע מספקטרום הבליעה של אינדיגו.
 בתשובתך התייחס לתחום אורכי הגל 250 nm - 700 nm. נמק.

ד. בשנת 1990 פיתחו לראשונה דיודה פולטת אור (LED) כחול.

דיודה זו בנויה מקרביד הצורן, $\text{SiC}_{(s)}$.

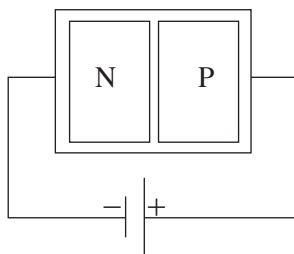
i קבע אם ה־ LED פולט אור באורך גל 470 nm או 615 nm. נמק.

ii הקרינה הנפלטת מה־ LED פוגעת בכלי המכיל יוד, $\text{I}_{2(g)}$.

אנרגיית קשר I-I במולקולת יוד שווה ל־ 1.57 eV.

קבע אם פוטון הקרינה ינתק את הקשר I-I. פרט את חישוביך, והסבר.

ה. לפניך סכמה של מעגל חשמלי שבו משולב LED :



האם ה־ LED מחובר באופן שהוא יפיץ אור?

נושא רביעי – כימיה אורגנית מתקדמת

9. יש שני איזומרים שנוסחתם המולקולרית C_4H_9Br , ולהם מולקולות מסועפות.

א. רשום נוסחת מבנה למולקולות של כל אחד משני האיזומרים האלה.

חקרו את תגובות ההתמרה של שני האיזומרים עם $CH_3SH_{(C_2H_5OH)}$ ועם יוני $CH_3S^-(C_2H_5OH)$. בתגובות אלו אתאנול, $C_2H_5OH_{(l)}$, היה הממס.

ביצעו ארבעה ניסויים, (1)-(4). בכל ניסוי השתמשו באותו איזומר, וקבעו את קצב התגובה. נסמן איזומר זה באות A.

בטבלה שלפניך מוצג מידע על הניסויים (1)-(4):

קצב התגובה ($\frac{M}{s}$)	ריכוז התחלתי (M)		הנוקלאופיל	מספר הניסוי
	[נוקלאופיל]	[A]		
0.5	1.3	0.9	$CH_3SH_{(C_2H_5OH)}$	(1)
1.0	1.3	1.8		(2)
1.0	2.6	1.8		(3)
?	1.3	0.9	$CH_3S^-(C_2H_5OH)$	(4)

ב. איזה נוקלאופיל חזק יותר: CH_3SH או יוני CH_3S^- ? נמק.

ג. i קבע אם התגובה של איזומר A עם $CH_3SH_{(C_2H_5OH)}$ מתרחשת במנגנון S_N1 או במנגנון S_N2 . נמק.

ii קבע איזו מבין נוסחאות המבנה שרשמת בסעיף א מייצגת את איזומר A. נמק.

ד. i נסח את התגובה של איזומר A עם $CH_3SH_{(C_2H_5OH)}$.

ii קבע אם קצב התגובה בניסוי (4) היה גבוה מקצב התגובה בניסוי (1), נמוך ממנו או שווה לו. נמק.

ה. בניסוי נוסף, (5), הוסיפו את האיזומר השני לתמיסה המכילה יוני $\text{CH}_3\text{S}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$. נסמן איזומר זה באות B.

i קבע מהו מנגנון התגובה, ונסח אותו.

ii לפניך שני גרפים, I ו-II, המציגים את שינוי האנרגיה עם התקדמות התגובה.



I



II

קבע איזה משני הגרפים מתאר את התגובה של איזומר B עם יוני $\text{CH}_3\text{S}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$. נמק.

iii החליפו את הנוקלאופיל $\text{CH}_3\text{S}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ בנוקלאופיל $\text{CH}_3\text{SH}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$.

קבע אם קצב התגובה של איזומר B עם $\text{CH}_3\text{SH}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ היה גבוה מקצב

התגובה של איזומר B עם יוני $\text{CH}_3\text{S}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$, נמוך ממנו או שווה לו. נמק.

10. בטבלה I מובא מידע על ארבע תגובות (1)-(4).

טבלה I

מנגנון התגובה	התגובה	נוסחת החומר המגיב ושמו
S_N2	(1)	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2Br$ 1-ברומו פנטאן
E_2	(2)	
S_N1	(3)	$ \begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-CH_2-CH_2-C-CH_3 \\ \\ Br \end{array} $ 2-ברומו-2-מתיל פנטאן
E_2	(4)	

א. בטבלה II רשומים ארבעה נוקלאופילים, המסומנים באותיות (a)-(d), והממס שבו מומס כל אחד מהנוקלאופילים.

טבלה II

הממס	נוסחת הנוקלאופיל	
$C_2H_5OH_{(l)}$ אתאנול	CN^-	(a)
$(CH_3)_2SO_{(l)}$ DMSO	CN^-	(b)
$CH_3OH_{(l)}$ מתאנול	CH_3O^-	(c)
$(CH_3)_3COH_{(l)}$ t-בוטאנול	$(CH_3)_3CO^-$	(d)

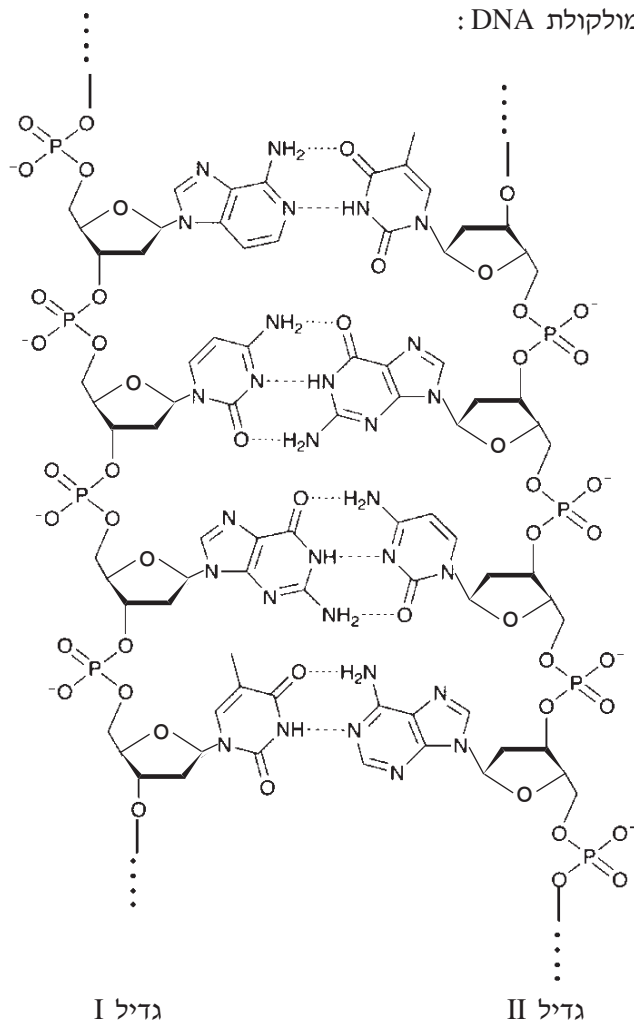
יוני CN^- הם נוקלאופיל חזק מיוני CH_3O^- , אך בסיס חלש מהם.

- i בחר בנוקלאופיל המתאים ביותר עבור כל אחת מן התגובות (1)-(4) שבטבלה I.
- ii נמק את בחירתך עבור תגובות (1) ו-(2) בלבד.

- ב. i מגדילים פי 2 את ריכוז הנוקלאופיל בתגובה (1). קבע אם כתוצאה מכך קצב התגובה יגדל, יקטן או לא ישתנה. נמק.
- ii במולקולות המגיב שבתגובה (3) מחליפים את אטום הברום באטום כלור. קבע אם כתוצאה מכך קצב התגובה יגדל, יקטן או לא ישתנה. נמק.
- ג. בתגובה (4) מתקבלים שני אלקנים.
- i רשום נוסחת מבנה לכל אחד מהאלקנים.
- ii הסבר מדוע בתגובה (4) מתקבלים שני אלקנים.
- iii באיזו טמפרטורה כדאי לבצע את תגובה (4), 25°C או 50°C ? נמק.
- ד. 2-ברומו-2-מתיל פנטאן מגיב עם מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(\ell)}$, בטמפרטורה של 25°C . רשום את הנוסחה של התוצר העיקרי שצפוי להתקבל בתגובה זו.

נושא חמישי — כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

11. לפניך קטע ממולקולת DNA :



- i. א. רשום את רצף הנוקלאוטידים בכל אחד משני הגדילים של קטע ה-DNA הנתון. ציין את קצה ה-3' ואת קצה ה-5' בכל רצף.
- ii. צייר נוסחאות מבנה של שניים מבין הנוקלאוטידים שמהם נוצר גדיל I.

DNA יכול להיפגע מסיבות שונות.

הסעיפים ב, ג, ד נוגעים לארבעה סוגים של פגיעות ב-DNA. נסמן אותם (1)-(4).

ב. i פגיעה מסוג (1) היא חיתוך הגדיל על ידי פירוק חלק מהקשרים שבין הנוקלאוטידים. מהו סוג הקשר שמתפרק בחיתוך הגדיל של ה-DNA: קשר מימני, קשר N-גליקוזידי, קשר פוספואסטרלי או קשר פפטידי?

ii פגיעה מסוג (2) היא היווצרות קשרים קוולנטיים בין בסיסים של נוקלאוטידים סמוכים באחד מגדילי ה-DNA. כיצד פגיעה זו משפיעה על הקשרים בין הגדילים?
הסבר.

ג. לפניך קטעי הגדיל של ה-DNA לפני פגיעות מסוג (3) ומסוג (4), ואחריהן.

לפני הפגיעה: 5' ATG GCC TGC AAA CGC TGG 3'

אחרי פגיעה מסוג (3): 5' ATG GCT TGC AAA CGC TGG 3'

אחרי פגיעה מסוג (4): 5' ATG GCC C TGC AAA CGC TGG 3'

אם קטע ה-DNA נמצא באזור המקדד לחלבון, מה יכולים להיות השינויים במבנה החלבון –

i אחרי פגיעה מסוג (3)?

ii אחרי פגיעה מסוג (4)?

ד. כדי לבדוק אם ה-DNA נפגע יש להפריד אותו ממולקולות ההיסטונים. אפשר לבצע את ההפרדה בעזרת תמיסת נתרן כלורי, $\text{NaCl}_{(aq)}$.

i מה הם הקשרים הקיימים בין מולקולות ההיסטונים ובין ה-DNA?

ii מדוע הוספה של תמיסת $\text{NaCl}_{(aq)}$ גורמת להפרדת ה-DNA ממולקולות ההיסטונים?

12. מחלת האיידס נגרמת על ידי נגיף (וירוס). החומר התורשתי של נגיף זה הוא RNA.

כשנגיף זה בא במגע עם תא, ה־ RNA שלו חודר לתוך התא.

ה־ RNA של הנגיף משמש לבניית DNA דו־גדילי. תהליך זה נקרא תעתוק הפוך.

א. i הסבר מדוע התהליך נקרא תעתוק הפוך.

ii לפניך קטע RNA של הנגיף שחודר לתא:

5' CCU CGA CCU CUU GCC 3'

רשום את רצף הנוקליאוטידים בקטע המתאים של כל אחד מגדילי ה־ DNA שנוצרו

בתעתוק הפוך. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

ב. כל גדיל DNA שנוצר בתעתוק הפוך נקשר לגדיל DNA של התא. מתקבל DNA משולב.

i מהו סוג הקשרים שנוצרו במהלך היווצרות ה־ DNA המשולב?

ii ה־ DNA המשולב עובר בתא תעתוק רגיל ותרגום. נוצרים חלבונים של מעטפת הנגיף.

רשום את רצף החומצות האמיניות, שקטע ה־ RNA הנתון בתת־סעיף א ii מקודד.

הנח שה־ C בקצה 5' הוא התחלה של קודון.

ג. לפניך חמישה שלבים של התהליך המתרחש בתא לאחר התקפה של נגיף האיידס.

השלבים רשומים בסדר אקראי. רשום אותם בסדר הנכון.

— תעתוק הפוך

— תעתוק רגיל

— תרגום

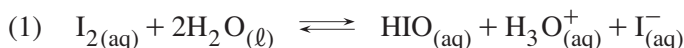
— חדירת ה־ RNA של הנגיף לתא

— היווצרות ה־ DNA המשולב

- ד. המסה המולרית של אחד מחלבוני נגיף האיידס היא 55,000 גרם למול.
מסה מולרית ממוצעת של יחידת חומצה אמינית בחלבון זה היא 110 גרם למול.
המרחק הממוצע בין מרכזי נוקלאוטידים שכנים בגדיל הוא $3.4 \cdot 10^{-10}$ מטר.
חשב את אורך הקטע של ה־ DNA שמקודד את החלבון. פרט את חישוביך.
- ה. i מספר הסוגים של tRNA בתא גדול ממספר הסוגים של חומצות אמיניות בסך כל החלבונים המרכיבים תא חי. הסבר מדוע.
- ii הסבר מדוע לא כל שינוי ברצף נוקלאוטידים בגדיל ה־ DNA מביא לשינוי ברצף של חומצות אמיניות במולקולת חלבון.

נושא שישי – כימיה של הסביבה

13. חובבי טבע נוהגים לטהר מי נחלים או אגמים בעזרת יוד, $I_{2(s)}$. אמנם בדרך זו נפטרים מהחידקים שבמים, אולם עודף היוד פוגע בטעמים של המים ואף עלול להזיק לבריאות.
- א. תגובה (1) היא אחת התגובות המתרחשות כשמכניסים יוד למים.



החומצה $HIO_{(aq)}$, הנוצרת בתגובה זו, קוטלת את החידקים.

- i מהו סוג התגובה שעליה מבוסס הטיהור בעזרת יוד? נמק.
- ii הצע שיטה נוספת לטיהור מים בשטח.

על ערכה לטיהור מים בטבליות יוד כתובים הנתונים האלה:

מספר הטבליות שצריך להכניס ל- 1 ליטר מים	משך החיטוי (דקות)	טמפרטורת המים ($^{\circ}C$)
4.0	60	5
2.5	45	15
1.5	30	25
1.2	15	35

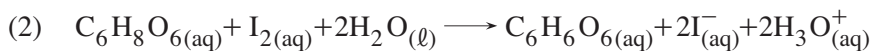
- ב. הסבר בעזרת תורת ההתנגשויות את התלות של משך החיטוי בטמפרטורת המים.

- ג. מטיילים חטאו בטבליות יוד 20 ליטר מים בטמפרטורה $25^{\circ}C$.

- i כל טבליה מכילה 8 מ"ג יוד. חשב כמה מולים של יוד הוסיפו המטיילים ל- 20 ליטר מים. פרט את חישוביך.

- ii כדי להיפטר מן הטעם הרע של המים המטוהרים, הוסיפו המטיילים למים טבליות

של ויטמין C, $C_6H_8O_{6(s)}$, שהגיב עם יוד על פי התגובה (2):

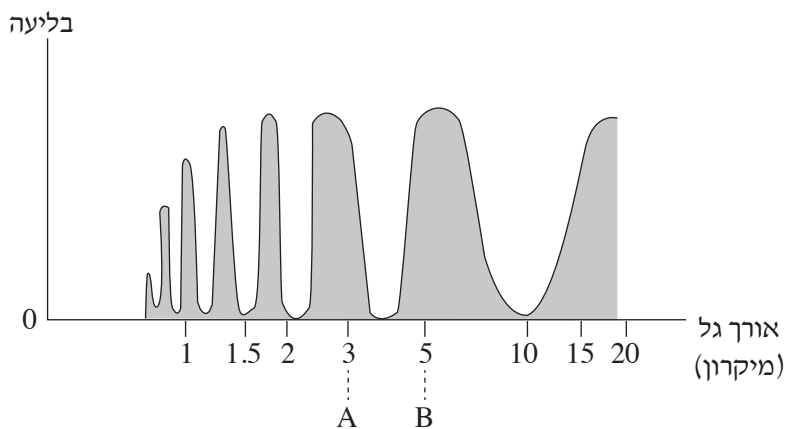


כל טבליה מכילה 50 מ"ג של ויטמין C.

המטיילים הוסיפו טבליות של ויטמין C בכמות מספקת לתגובה עם כל היוד שהוכנס למים, כי לא ידעו מהי כמות היוד שהגיבה.

כמה טבליות של ויטמין C הוסיפו למים? פרט את חישוביך.

ד. לפניך ספקטרום בליעה של $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$.



i לאיזה פוטון יש אנרגיה גבוהה יותר, לפוטון באורך גל A או לפוטון באורך גל B ?

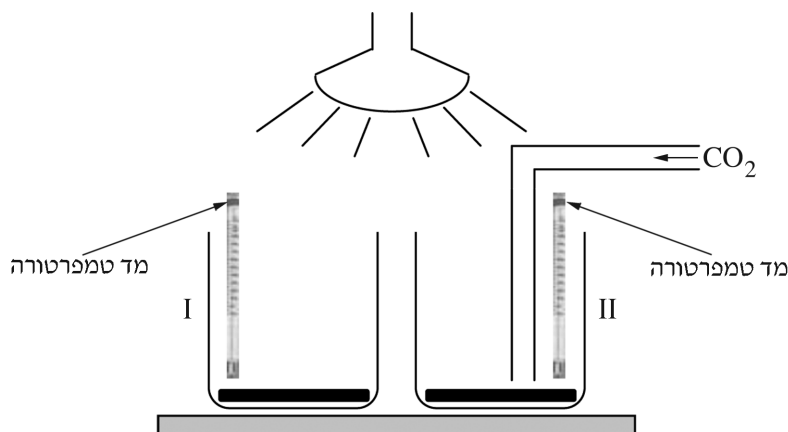
נמק ללא חישוב.

ii חשב את אנרגיית הפוטון שבחרת בתת-סעיף ד i. פרט את חישוביך.

iii מקרינים $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ בקרינה בתדירות $5.4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.

קבע אם $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ בולע קרינה בתדירות זאת. פרט את חישוביך.

14. השאלה עוסקת בשני ניסויים שונים הקשורים לסביבה.
- הניסוי הראשון נעשה כדי לחקור את הבליעה של קרינת IR על ידי גז חממה.
- הניחו שתי כוסות, I ו- II, על שולחן מעבדה, וכיסו את תחתיות הכוסות בדיסקיות מושחרות.
 - מדדו את טמפרטורת האוויר בכוסות.
 - מילאו את כוס II בפחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$. הצפיפות של $\text{CO}_2(\text{g})$ גדולה מצפיפות האוויר, לכן הוא אינו מתנדף במהירות מתוך הכוס הפתוחה.
 - הקרינו את הגזים בשתי הכוסות באור הנראה (ראה איור). הדיסקיות המושחרות בולעות קרינה זו ופולטות קרינת IR.
 - לאחר 10 דקות הייתה טמפרטורת הגז בכוס II גבוהה ב- 8°C מטמפרטורת הגז בכוס I.



- א. הסבר כיצד הניסוי המתואר מדגים את "אפקט החממה". בתשובתך התייחס לכל מרכיבי המערכת.
- ב. i חזרו על הניסוי עם מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$. בסיום הניסוי טמפרטורות הגזים בשתי הכוסות היו זהות. הסבר מדוע.
- ii הצע ניסוי שבו אפשר להדגים את הבליעה של קרינת IR על ידי $\text{CH}_4(\text{g})$.
- iii קבע מהו סוג העידור שעוברת מולקולה CH_4 כאשר היא בולעת פוטון מתחום IR: אלקטרוני או ויברציוני? הסבר כיצד קבעת.
- ג. התחום שבין 8 מיקרון ל- 12 מיקרון מכונה "החלון האטמוספרי האינפרא-אדום". הסבר מדוע.

הניסוי השני נעשה כדי לקבוע את ריכוז יוני היוד, $I_{(aq)}^-$, במים. השיטה מבוססת על תגובת שיקוע של כסף יודי $AgI_{(s)}$.

בשלב I מְשַׁקְעִים את יוני ה- $I_{(aq)}^-$ באמצעות הוספה של תמיסת $AgNO_{3(aq)}$ בעודף. בשלב II מטטרים את יוני ה- $Ag_{(aq)}^+$ שלא הגיבו, עם תמיסה המכילה יוני תיאוציאנט, $SCN_{(aq)}^-$, בנוכחות של יוני ברזל, $Fe_{(aq)}^{3+}$, המשמשים אינדיקטור בטיטרציה. בתגובה נוצר משקע לבן, $AgSCN_{(s)}$. בנקודת הסיום של הטיטרציה נוצרים יוני $FeSCN_{(aq)}^{2+}$ שצבעם אדום.

ד. נסח את שלוש התגובות המתרחשות בתהליך הקביעה של ריכוז יוני היוד, $I_{(aq)}^-$ במים.

ה. ל- 50 מ"ל מים הוסיפו 20 מ"ל תמיסת $AgNO_{3(aq)}$ בריכוז $10^{-4} M$.

יוני ה- $I_{(aq)}^-$ הגיבו עם יוני $Ag_{(aq)}^+$.

טיטרו את עודף יוני ה- $Ag_{(aq)}^+$ עם תמיסת יוני $SCN_{(aq)}^-$ בריכוז $5 \cdot 10^{-4} M$, בנוכחות

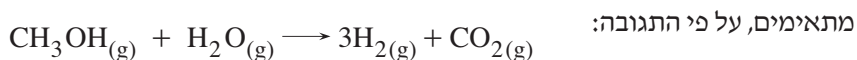
האינדיקטור. עד להופעת צבע אדום נדרשו 3 מ"ל תמיסת יוני ה- $SCN_{(aq)}^-$.

חשב את ריכוז יוני ה- $I_{(aq)}^-$ במים, ביחידות ppm. פרט את חישוביך.

נושא שביעי – פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני

15. תאי דלק שבהם מימן, $H_2(g)$, מגיב עם חמצן, $O_2(g)$, משמשים להנעת מכוניות חשמליות.

מתאנול, $CH_3OH(g)$, יכול לשמש מקור למימן. מתאנול מגיב עם קיטור, $H_2O(g)$, בתנאים



ביצעו שני ניסויים, I ו-II.

א. בניסוי I ביצעו את התגובה בטמפרטורה 473K בלחץ קבוע, 1atm.

בתנאים אלה, השינוי באנרגיה הפנימית של המערכת היה: $\Delta U^0 = + 41.74 \text{ kJ}$.

i מה הן צורות המעבר של אנרגיה בין המערכת לסביבה בתגובה זו?

ii באיזה כיוון מתרחש כל אחד מהמעברים שציינת? נמק.

ב. i חשב את ערך ה- ΔH^0 עבור התגובה הנתונה. פרט את חישוביך.

ii לפניך ערכים של אנתלפיית התהוות תקנית, ΔH_f^0 , של שני חומרים:

ΔH_f^0 ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	החומר
- 241.8	$H_2O(g)$
- 393.5	$CO_2(g)$

חשב את ערך ה- ΔH_f^0 של $CH_3OH(g)$. פרט את חישוביך.

ג. בניסוי II ביצעו את התגובה בטמפרטורה 473K בנפח קבוע.

i מהי כמות האנרגיה העוברת בין המערכת לסביבה בצורת חום? נמק.

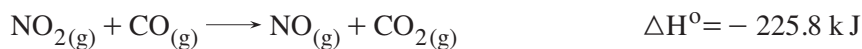
ii חשב את השינוי באנטרופיה של הסביבה, $\Delta S_{\text{סביבה}}^0$. פרט את חישוביך.

ד. לכלי שנפחו 0.5 ליטר, המוחזק בטמפרטורה 473K, הכניסו 0.005 מול $\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$ וכמות מתאימה של קיטור. במהלך התגובה נשאר נפח הכלי קבוע. מה היה לחץ הגז בכלי בתום התגובה? הנח שהמגיבים הגיבו בשלמות. פרט את חישוביך.

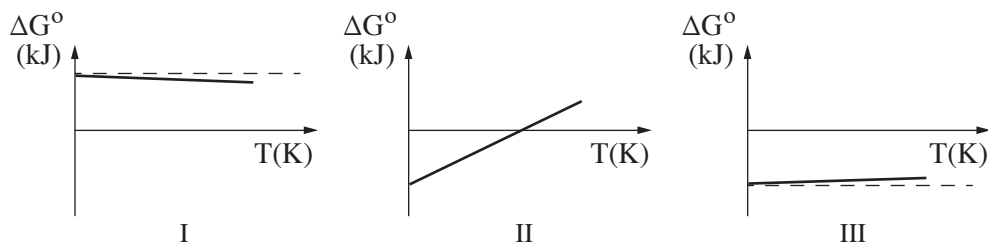
ה. עבור התגובה הנתונה השינוי באנרגיה החופשית התקנית ב- 473K הוא:
 $\Delta G_{473}^0 = -33.98 \text{ kJ}$
 לפניך שלושה ערכים של ΔG^0 : -3.1 kJ , -33.98 kJ , -51.6 kJ .
 איזה מבין הערכים האלה מתאים עבור ΔG_{573}^0 ? נמק.

/המשך בעמוד 30/

16. אחת התגובות המתרחשות במנוע של מכונית היא התגובה בין חנקן דו-חמצני, $\text{NO}_{2(g)}$, ובין פחמן חד-חמצני, $\text{CO}_{(g)}$. לפניך ניסוח התגובה:



- א. i איזה מבין הגרפים III-I שלפניך מתאר נכונה את האנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, עבור התגובה הנתונה? נמק.



- ii השינוי באנרגיה החופשית התקנית ב-298K הוא $\Delta G_{298}^\circ = -221.7 \text{ kJ}$.

חשב את ערך $\Delta S_{\text{מערכת}}^\circ$ עבור התגובה הנתונה. פרט את חישוביך.

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

i המערכת יכולה להגיע למצב של שיווי-משקל בכל טמפרטורה.

ii במצב של שיווי-משקל ב-298K, המערכת מכילה בעיקר תוצרים ומעט מאוד מגיבים.

כדי לקבוע את סדר התגובה ביצעו ארבעה ניסויים, (1)-(4), בטמפרטורה 398K.
בכל אחד מן הניסויים הריכוזים ההתחלתיים של המגיבים היו שונים.
בטבלה שלפניך מובא מידע על הניסויים.

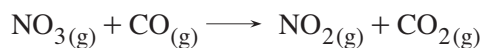
קצב התגובה ההתחלתי ($\text{mol} \cdot \text{liter}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	הריכוזים ההתחלתיים ($\text{mol} \cdot \text{liter}^{-1}$)		מספר הניסוי
	$[\text{NO}_{2(g)}]$	$[\text{CO}_{(g)}]$	
$1.70 \cdot 10^{-7}$	$5.0 \cdot 10^{-4}$	$1.6 \cdot 10^{-2}$	(1)
$1.70 \cdot 10^{-7}$	$5.0 \cdot 10^{-4}$	$3.2 \cdot 10^{-2}$	(2)
$1.53 \cdot 10^{-6}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$	$3.2 \cdot 10^{-2}$	(3)
X	$2.0 \cdot 10^{-3}$	$6.4 \cdot 10^{-2}$	(4)

- ג. i קבע מהו סדר התגובה ביחס לכל אחד משני המגיבים. נמק.
ii רשום את משוואת הקצב.
iii חשב את הערך של קבוע הקצב, k, וציין את היחידות המתאימות. פרט את חישוביך.
iv חשב את X, קצב התגובה ההתחלתי בניסוי (4). פרט את חישוביך.

ד. אחד המנגנונים שהוצעו עבור התגובה מורכב משני השלבים האלמנטריים, II-I, שלפניך.
שלב I – אָטִי (שלב הקובע את קצב התגובה):



שלב II – מהיר:



מנגנון זה תואם את המידע על הניסויים. הבא שני נימוקים לכך.

בהצלחה!