

## כ י מ י ה

השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד  
לתלמידים הנבחרים בכתב במעבדת חקר  
ולתלמידים שלומדים חצי יחידת מעבדה

### הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שתיים.

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

פרק ראשון –  $(33\frac{1}{3} \times 1)$  –  $33\frac{1}{3}$  נקודות  
פרק שני –  $(33\frac{1}{3} \times 2)$  –  $66\frac{2}{3}$  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 או הנושאים

שענית עליהם בפרק השני.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב בטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).  
רשום "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. רישום טייטות כלשהן על דפים שמוחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

**בהצלחה!**

## ה ש א ל ו ת

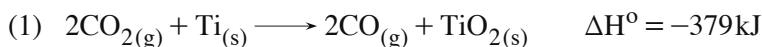
שים לב: הקפד על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של היחידות.

**פרק ראשון** ( $33\frac{1}{3}$  נקודות)

### נושא חובה – אנרגטיקה ודינמיקה

ענה על אחת מהשאלות 1-2.

1. מדענים מפתחים שיטה חדשה לניצול אנרגיית השמש להפקת פחמן חד-חמצני,  $\text{CO}_{(g)}$ , היכול לשמש דלק. בשיטה זו מרכזים את קרינת השמש באמצעות מראות ענק, אל תוך תא המכיל פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_{2(g)}$ , וטיטניום,  $\text{Ti}_{(s)}$ . הטמפרטורה בתא עולה ל-  $1173\text{K}$ , ומתרחשת בו תגובה (1) שבה מתקבל פחמן חד-חמצני,  $\text{CO}_{(g)}$ .



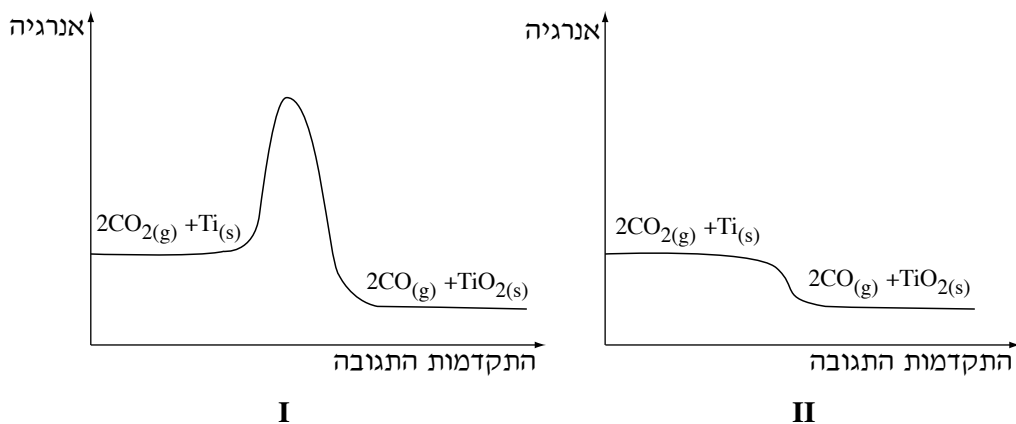
בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנטרופיה תקנית,  $S^\circ$ , עבור המגיבים והתוצרים בתגובה (1).

| החומר                                                               | $\text{CO}_{2(g)}$ | $\text{CO}_{(g)}$ | $\text{TiO}_{2(s)}$ | $\text{Ti}_{(s)}$ |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| $S^\circ \left( \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right)$ | 214                | 198               | 50                  | 31                |

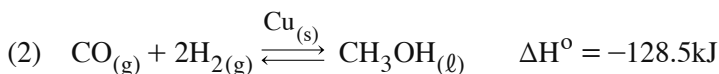
- א. i חשב את השינוי באנטרופיה של המערכת, מערכת  $\Delta S^\circ$ , עבור תגובה (1).  
פרט את חישוביך.
- ii קבע אם תגובה (1) ספונטנית בתנאי תקן ב-  $298\text{K}$ . פרט את חישוביך ונמק.
- iii לפניך שני היגדים, (a) ו- (b). איזה מההיגדים מסביר נכון מדוע מבצעים את תגובה (1) בטמפרטורה  $1173\text{K}$  ולא בטמפרטורה  $298\text{K}$ ?
- (a) ב-  $1173\text{K}$  אנרגיית השפעול של תגובה (1) נמוכה מאנרגיית השפעול של תגובה זו ב-  $298\text{K}$ .
- (b) ב-  $1173\text{K}$  ליותר חלקיקים של המגיבים בתגובה (1) יש אנרגיה מספקת כדי ליצור תצמידים משופעלים.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ב. איזה מהגרפים II-I שלפניך מתאר נכון את השתנות האנרגיה במהלך תגובה (1) ?  
הסבר מדוע פסלת את הגרף האחר.



גם מתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}(\ell)$ , יכול לשמש דלק. אפשר לנצל  $\text{CO}(\text{g})$  להפקת  $\text{CH}_3\text{OH}(\ell)$   
 על פי תגובה (2) :



תגובה (2) ספונטנית ב-  $323 \text{ K}$ . מבצעים את תגובה (2) ב-  $323 \text{ K}$  בנוכחות  
 זרז – נחושת,  $\text{Cu}(\text{s})$ .

- ג. i הסבר מדוע מבצעים את התגובה בנוכחות זרז.  
 ii סרטט באותה מערכת צירים שתי עקומות, המתארות באופן סכמטי את  
 השתנות האנרגיה במהלך תגובה (2) :  
 עקומה אחת – עבור התגובה ללא זרז.  
 עקומה שנייה – עבור התגובה בנוכחות הזרז  $\text{Cu}(\text{s})$ .

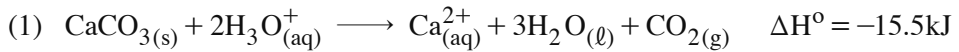
ד. הועלתה הצעה לבצע את תגובה (2) בטמפרטורה  $333 \text{ K}$ .

- i קבע אם ב-  $333 \text{ K}$  קצב התגובה יהיה גדול יותר מקצב התגובה ב-  $323 \text{ K}$ ,  
 קטן ממנו או שווה לו. נמק.  
 ii קבע אם ב-  $333 \text{ K}$  הערך של קבוע שיווי-המשקל יהיה גדול יותר מהערך של  
 קבוע שיווי-המשקל ב-  $323 \text{ K}$ , קטן ממנו או שווה לו. נמק.

2. באבן גיר – סידן פחמתי,  $\text{CaCO}_{3(s)}$ , משתמשים בין היתר לפיסול.

גשם חומצי שוחק את הפסלים העשויים אבן גיר.

במגע של אבן גיר עם גשם חומצי, מתרחשת תגובה (1).



א. i האנטרופיה התקנית של מים,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ , נמוכה מהאנטרופיה התקנית

של פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_{2(g)}$ . הסבר מדוע.

ii קבע אם במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת עולה, יורדת או

לא משתנה. נמק.

iii קבע אם יש תחום טמפרטורות שבו התגובה אינה ספונטנית. הסבר.

ביצעו שלושה ניסויים I, II, III. בכל אחד מהניסויים התרחשה תגובה (1).

בניסוי I הוסיפו 0.2 גרם גרגירי אבן גיר ל- 30 מיליליטר תמיסה של

חומצת מימן כלורי,  $\text{HCl}_{(aq)}$ , בריכוז 1M בטמפרטורה של  $25^\circ\text{C}$ .

בטבלה שלפניך מוצגות התוצאות של ניסוי I.

| זמן מתחילת התגובה (דקות)                           | 0 | 1       | 2       | 3       |
|----------------------------------------------------|---|---------|---------|---------|
| מספר המולים של $\text{CO}_{2(g)}$ שהתקבלו בניסוי I | 0 | 0.00040 | 0.00064 | 0.00076 |

ב. i קבע על פי תוצאות הניסוי אם קצב התגובה קבוע או משתנה במהלך התגובה.

הסבר את קביעתך.

ii הסבר את תוצאות הניסוי ברמה מיקרוסקופית.

קצב ההיווצרות של יוני  $\text{Ca}_{(aq)}^{2+}$  בדקה הראשונה בניסוי I הוא  $0.0133 \frac{\text{M}}{\text{min}}$ .

ג. i מהו קצב ההיעלמות של יוני  $\text{H}_3\text{O}_{(aq)}^+$  בדקה הראשונה? נמק.

ii מהו קצב התגובה בניסוי I בדקה הראשונה?

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 5/

- ד. בניסוי II הוסיפו 0.2 גרם גרגירי אבן גיר ל- 30 מיליליטר תמיסה של חומצת מימן כלורי,  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ , בריכוז 0.2M בטמפרטורה של  $25^{\circ}\text{C}$ . קבע אם בדקה הראשונה קצב התגובה בניסוי II גדול מקצב התגובה בניסוי I, קטן ממנו או שווה לו. נמק.
- ה. בניסוי III הוסיפו חתיכת אבן גיר (במקום גרגירים) שמסתה 0.2 גרם ל- 30 מיליליטר תמיסה של חומצת מימן כלורי,  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ , בריכוז 1M בטמפרטורה של  $25^{\circ}\text{C}$ . קבע אם בדקה הראשונה קצב התגובה בניסוי III גדול מקצב התגובה בניסוי I, קטן ממנו או שווה לו. נמק.

## פרק שני (66 $\frac{2}{3}$ נקודות)

בפרק זה שבעה נושאים (שאלות 3-15). עליך לענות על שתי שאלות (לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות).  
שים לב: תלמידים הלומדים מעבדת חקר, יחידת לימוד אחת, חייבים לענות על שאלה 15.  
רשום על הצד החיצוני של מחברת הבחינה את הנושא או הנושאים שענית עליהם בפרק זה.

## נושא ראשון – ברום ורכובותיו

3. במפעל "תרכובות ברום" מייצרים תמיסת סידן ברומי,  $\text{CaBr}_{2(aq)}$ , מתמיסת מימן ברומי,  $\text{HBr}_{(aq)}$ , ואבן גיר,  $\text{CaCO}_{3(s)}$ , על פי התגובה:
- $$\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 2\text{Br}^-_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Br}^-_{(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
- א. i על פי איזה מגיב –  $\text{CaCO}_{3(s)}$  או תמיסת  $\text{HBr}_{(aq)}$ , מחשבים את אחוז ההמרה? נמק.
- ii מה עשוי להיות אחוז הניצולת של התהליך – קרוב ל-100% או קרוב ל-90%? נמק.
- ב. למכל התגובה מכניסים תחילה את תמיסת  $\text{HBr}_{(aq)}$  ורק לאחר מכן מוסיפים את אבן הגיר.
- i מוסיפים את אבן הגיר במנות קטנות. הסבר מדוע.
- ii הגז  $\text{CO}_{2(g)}$  שנפלט בתגובה מועבר דרך מערכת ספיגה המכילה מים. מהי המטרה של פעולה זו?
- ג. תמיסת  $\text{CaBr}_{2(aq)}$  משווקת בדרך כלל כתמיסה שריכוזה 52%.
- i במכל התגובה מתקבלת תמיסת  $\text{CaBr}_{2(aq)}$  שריכוזה 48%. כיצד מעלים במפעל את ריכוז התמיסה?
- ii ציין יתרון אחד לשיווק סידן ברומי כתמיסה לעומת שיווקו כמוצק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

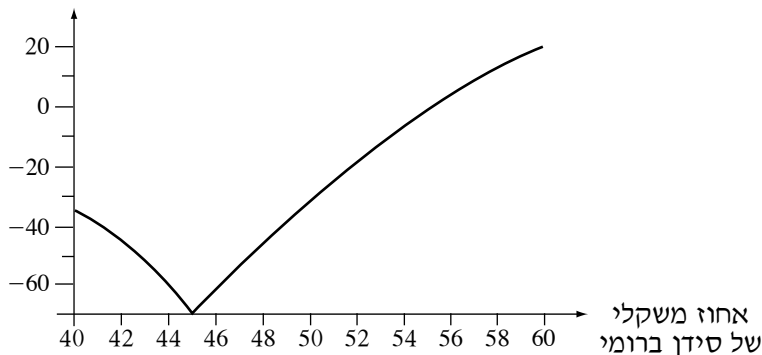
בקידוחי נפט משתמשים בתמיסות מימיות המכילות סידן ברומי,  $\text{CaBr}_2$ , ומרכיבים נוספים כמו: אבץ ברומי,  $\text{ZnBr}_2$ , סידן כלורי,  $\text{CaCl}_2$ , נתרן ברומי,  $\text{NaBr}$ .  
 ד. i מבין התכונות (1)-(5) שלפניך, ציין שלוש תכונות הנדרשות מתמיסות אלה כדי שיהיה אפשר להשתמש בהן בקידוחי נפט.

- (1) צפיפות גבוהה
- (2) דרגת ניקיון גבוהה
- (3) אדישות כימית
- (4) יכולת שיתוך נמוכה
- (5) נדיפות גבוהה

ii בחר באחת התכונות שצינת בתת-סעיף ד i והסבר מדוע היא נדרשת.

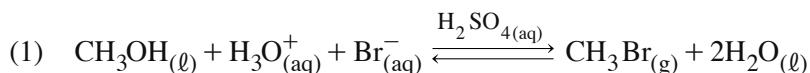
ה. הגרף שלפניך מציג את הקשר בין האחוז המשקלי של סידן ברומי בתמיסה לבין טמפרטורת הגיבוש של התמיסה.

טמפרטורה ( $^{\circ}\text{C}$ )

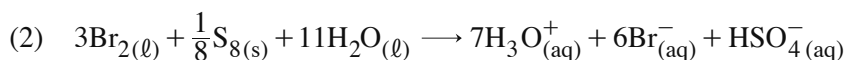


- i אחד השיקולים בקביעת הרכב התמיסה שמשתמשים בה בקידוחי נפט הוא טמפרטורת הגיבוש של התמיסה. הסבר מדוע.
- ii בתקופת החורף הטמפרטורה בסיביר יכולה לרדת ל-  $-40^{\circ}\text{C}$ . בטמפרטורה זו ( $-40^{\circ}\text{C}$ ), מה צריך להיות האחוז המשקלי של סידן ברומי בתמיסה שמשתמשים בה בקידוחי נפט – 48% או 52%? נמק.

4. במפעל "תרכובות ברום" מפיקים מתיל ברומיד,  $\text{CH}_3\text{Br}_{(g)}$ , על פי תגובה (1):



שתי החומצות,  $\text{HBr}_{(aq)}$  ו-  $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$ , מתקבלות במתקן התגובה מברום,  $\text{Br}_{2(l)}$ , ומגפרית,  $\text{S}_{8(s)}$ , על פי תגובה (2):

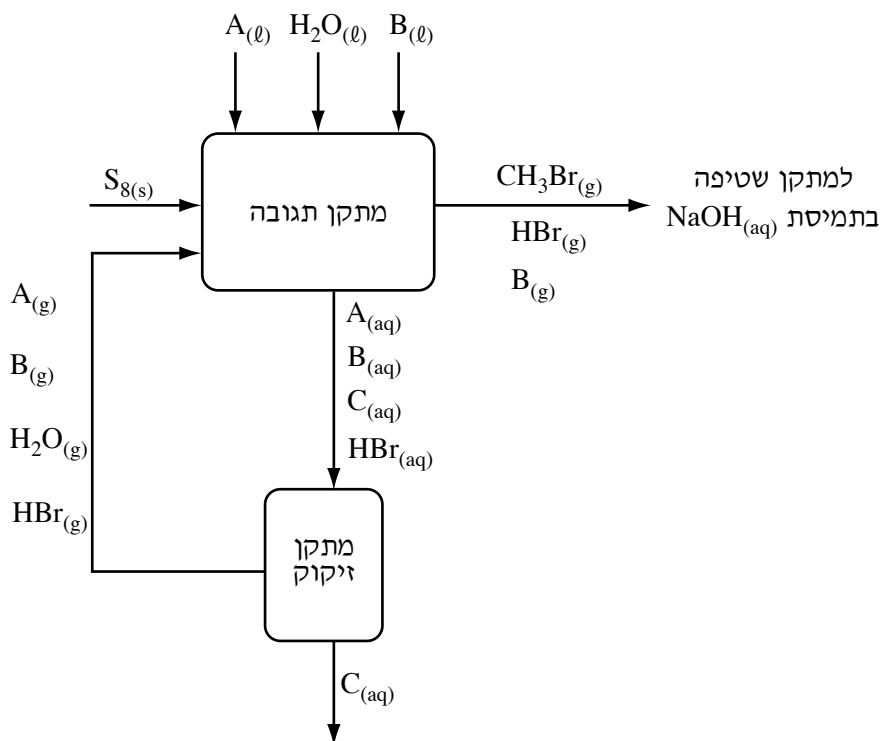


א. i ייצור שתי החומצות במתקן התגובה זול יותר משימוש בתמיסות מוכנות:

תמיסת  $\text{HBr}_{(aq)}$  המיוצרת במפעל, ותמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$  שנרכשת מוכנה.

ציין שתי סיבות לכך שתהליך הייצור של החומצות במתקן התגובה זול יותר.

ii לפניך חלק מתרשים הזרימה של תהליך הייצור של מתיל ברומיד,  $\text{CH}_3\text{Br}_{(g)}$ .



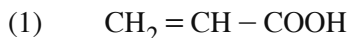
זהה את החומרים A, B, C על פי התרשים והתגובות (1) ו- (2).

- ב. בתהליך הייצור של מתיל ברומיד על פי תגובה (1), הניצולת היא 90%.
- 2.56 טון  $\text{CH}_3\text{OH}_{(\ell)}$  הגיבו עם תמיסת  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ . התקבלו 6.498 טון  $\text{CH}_3\text{Br}_{(\text{g})}$ .  
חשב את אחוז ההמרה בתהליך. פרט את חישוביך.
- ג. תערובת הגזים היוצאת ממתקן התגובה עוברת למתקן שטיפה בתמיסת  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ .  
מהי המטרה של פעולה זו, ועל מה הפעולה מבוססת?
- ד. i מייצרים  $\text{CH}_3\text{Br}_{(\text{g})}$  בתהליך רציף. ציין סיבה אחת לכך.  
ii תהליך הייצור של  $\text{CH}_3\text{Br}_{(\text{g})}$  מתבצע במערכת המוחזקת בלחץ נמוך מהלחץ האטמוספרי (תת-לחץ). הסבר מדוע.
- ה. מתיל ברומיד הוא חומר רעיל המשמש בעיקר לחיטוי קרקע. בתנאי החדר,  
מתיל ברומיד הוא גז. כדי לבצע את החיטוי, מחדירים  $\text{CH}_3\text{Br}_{(\text{g})}$  לקרקע המכוסה  
ביריעות פלסטיק. לאחר כמה ימים מסירים את היריעות.  
מדוע יש להשאיר את הקרקע מכוסה כמה ימים? ציין שתי סיבות.

## נושא שני – פולימרים

5. ערכו מחקר כדי ללמוד על תכונות של פולימרים סופגי מים, שמהם מייצרים בין היתר חיתולים לשימוש חד-פעמי.

בתחילת המחקר הכינו פולימר A ממונומר (1) :



א. רשום נוסחת מבנה לקטע של פולימר A המכיל שלוש יחידות חוזרות.

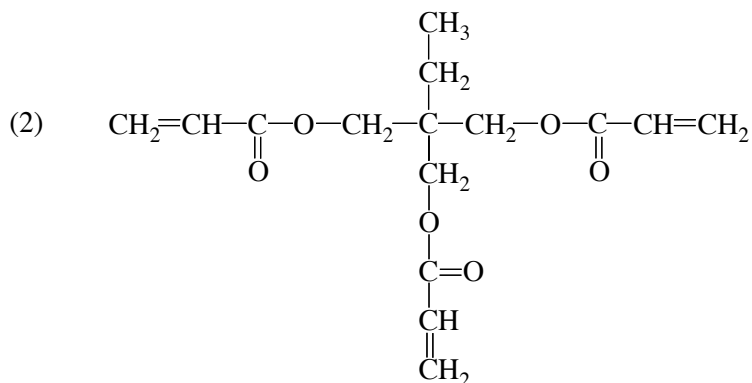
ב. הכינו שתי מנות של פולימר A מכמות זהה של מונומר (1). התרחש פלמור בנוכחות יזם רדיקלי.

i בנוכחות כמות גדולה של היזם התקבל פולימר שהתמוסס במים. הסבר עובדה זו.

ii בנוכחות כמות קטנה של היזם התקבל פולימר שספג מים, אך לא התמוסס. הסבר עובדה זו.

בהמשך המחקר הכינו פולימר B ממונומרים (1) ו- (2).

לפניך נוסחת מבנה של מונומר (2).



ג. i במה שונה המבנה של פולימר B מהמבנה של פולימר A ?

ii איזה פולימר מתאים יותר לייצור חיתולים לשימוש חד-פעמי – פולימר

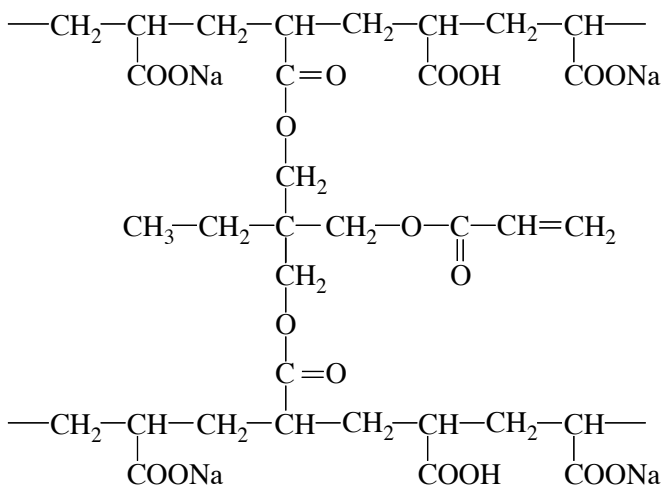
שלהכנתו השתמשו בכמות גדולה של מונומר (1) ובכמות קטנה של מונומר (2),

או פולימר שלהכנתו השתמשו בכמות קטנה של מונומר (1) ובכמות גדולה של

מונומר (2) ? נמק.

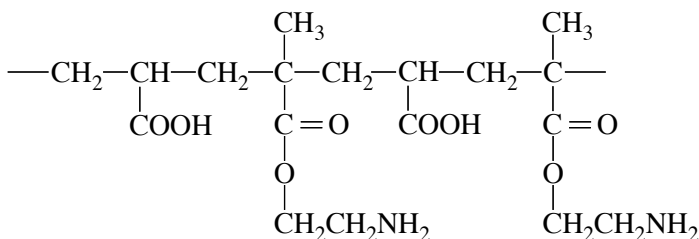
(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ד. בהמשך המחקר הכינו פולימר C. בפולימר C חלק מקבוצות הצד הן  $\text{COONa}$ .  
לפניך קטע מייצג של פולימר C.



- i כיצד אפשר לקבל קבוצת  $\text{COONa}$  – מקבוצת  $\text{COOH}$  ?  
ii לפולימר C כושר ספיגת מים גבוה מכושר ספיגת המים של פולימר B.  
הסבר מדוע.

- ה. לפניך קטע מייצג של פולימר סופג מים נוסף D.



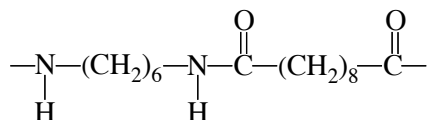
- i באיזו שיטה מתקבל פולימר D – דחיסה או סיפוח? נמק.  
ii רשום נוסחת מבנה של כל אחד מהמונומרים שהתקבל מהם פולימר D.

6. במהלך מחזור של מוצרים העשויים ניילון, מפרקים את המוצר למונומרים ותוספים.

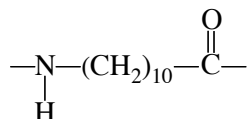
לאחר הפרדת המונומרים מהתוספים, אפשר לייצר מהם פולימרים חדשים.

לפניך נוסחאות מבנה של יחידות חוזרות של שני פולימרים:

ניילון 10,6 שמשמשים בו בעיקר לייצור מברשות שונות,



ניילון 11 שמשמשים בו בין היתר לייצור סוליות לנעלי ספורט,



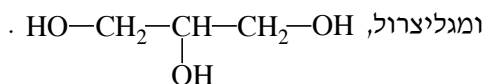
א. i שני הפולימרים מתפרקים למונומרים בתהליך ההידרוליזה.

מה הם החומרים והתנאים הדרושים לביצוע ההידרוליזה של שני הפולימרים?

ii רשום נוסחאות מבנה של המונומרים המתקבלים בפירוק של ניילון 10,6

ובפירוק של ניילון 11.

ב. הכינו פולימר מוצלב A מאחד מהמונומרים שהתקבלו בפירוק של ניילון 10,6



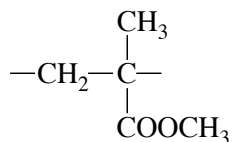
i רשום נוסחת מבנה של המונומר שהגיב עם גליצרול.

הסבר מדוע בחרת במונומר זה.

ii רשום נוסחת מבנה לקטע מייצג של פולימר מוצלב A.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

הכינו פולימר B. לפניך נוסחת מבנה של היחידה החוזרת של פולימר B :



ג. נמצא שהמרחק הממוצע בין קצות השרשרת של פולימר B קטן מאוד השרשרת הפרושה המכילה אותו מספר של יחידות חוזרות. הסבר מדוע.

ד. בתהליך ההידרוליזה של פולימר B מתקבל פולימר C.

i הסבר מדוע פולימר B לא מתפרק למונומרים בתהליך ההידרוליזה.

ii רשום נוסחת מבנה ליחידה החוזרת של פולימר C.

iii פולימר מוצלב D נוצר בתגובה בין פולימר C לבין אחד מהמונומרים

שהתקבלו בפירוק ניילון 10,6 (ראה תת-סעיף א ii).

רשום נוסחת מבנה של המונומר שהגיב עם פולימר C. הסבר מדוע בחרת

במונומר זה.

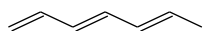
## נושא שלישי – כימיה פיזיקלית – מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

7. אחת השיטות להסרת אי ניקיונות ממשטחי זכוכית בתעשיית האלקטרוניקה מבוססת על שימוש בקרינה אלקטרומגנטית. בשיטה זו משתמשים במנורת כספית כמקור קרינה. בשלב הראשון של התהליך, הקרינה גורמת לפירוק של מולקולות החמצן שבאוויר לאטומים.
- א. i רשום את היערכות האלקטרונים במולקולת חמצן,  $O_2$ .  
 ii רשום את היערכות האלקטרונים באטום חמצן,  $O$ .
- ב. באטומי חמצן שעברו עירור אלקטרוני נמצא שאלקטרונים עברו מהאורביטל המאוכלס הגבוה ביותר לאורביטל  $3p$ . קבע מה הם המעברים האפשריים של אלקטרון מאורביטל  $3p$  לאורביטלים נמוכים יותר.
- ג. האנרגיה המינימלית הדרושה לפירוק מולקולה אחת של חמצן,  $O_2$ , היא  $8.26 \cdot 10^{-19} J$ . קבע אם פוטון באורך גל  $365 nm$  יכול לפרק מולקולה של חמצן.  
פרט את חישוביך ונמק.
- ד. בתנאים מתאימים יכולים להיווצר יוני  $O_2^-$ .
- i יון  $O_2^-$  פחות יציב ממולקולת  $O_2$ . הסבר מדוע.  
 ii קבע אם הפרש האנרגיה בין אורביטל LUMO לבין אורביטל HOMO ביוני  $O_2^-$  גדול מהפרש האנרגיה בין אורביטל LUMO לבין אורביטל HOMO במולקולה  $O_2$ , קטן ממנו או שווה לו. נמק.
- ה. בספקטרום פליטה של מנורת כספית מופיעים, בין היתר, קווים באורכי הגל האלה:  $185 nm$ ,  $254 nm$ ,  $365 nm$ ,  $546 nm$ .
- i קבע עבור כל אחד מאורכי גל אלה באיזה תחום הוא נמצא – אינפרא אדום (תת-אדום), אור נראה או אולטרה סגול (על-סגול). נמק.  
 ii קבע לאיזה מאורכי גל אלה מתאימים פוטונים בעלי האנרגיה הנמוכה ביותר. נמק ללא חישוב.

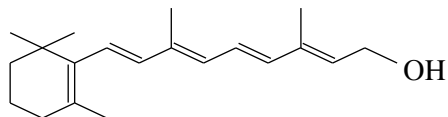
8. במעבדה חקרו שלושה חומרים:

- רטינול (ויטמין A) — חיוני לראיית לילה ולתהליך הגדילה.
- 5,3,1-הפטאטריאן — משמש לייצור תרכובות אורגניות.
- ליקופן — מפחית סיכון למחלות לב וכלי דם.

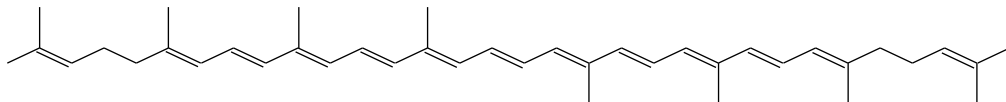
לפניך נוסחאות מבנה של שלושת החומרים:



5,3,1-הפטאטריאן



רטינול



ליקופן

- א. i החומרים הם מוצקים בתנאי החדר. הסבר מדוע.
- ii הצבעים של החומרים שונים: אחד צהוב, אחד אדום ואחד לבן.
- איזה חומר הוא צהוב, ואיזה אדום? נמק.

המסו כל אחד מהחומרים בהקסאן,  $C_6H_{14(l)}$ , שהוא חומר חסר צבע. התקבלו שלוש תמיסות: תמיסה (1) צהובה, תמיסה (2) חסרת צבע, תמיסה (3) אדומה.

ב. תמיסה (2) התקבלה על ידי המסת החומר הלבן. הסבר מדוע תמיסה (2) היא חסרת צבע.

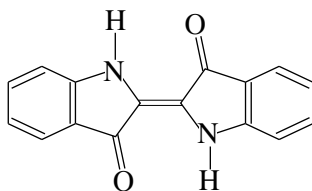
ג. לכל אחת משלוש התמיסות מדדו את אורך הגל שבו הבליעה מקסימלית. אורכי הגל הם: 505nm, 395nm, 260nm.

- i התאם כל אחד מאורכי הגל שנמדדו לכל אחת מהתמיסות (1), (2), (3). נמק.
- ii חשב את הפרש האנרגיה בין אורביטל ה-HOMO לאורביטל ה-LUMO עבור ליקופן. פרט את חישוביך.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ד. אינדיגו הוא חומר בצבע כחול המשמש לצביעת אריגים.

לפניך נוסחת מבנה של אינדיגו:



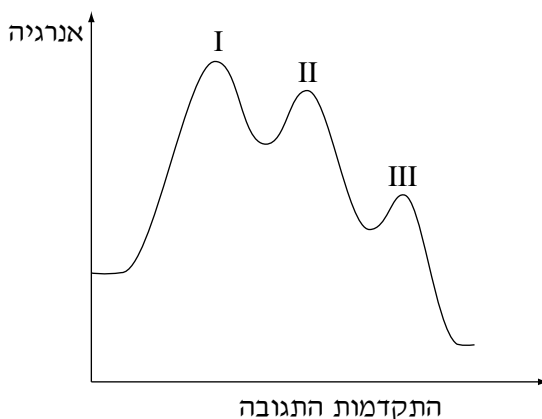
i קבע אם אינדיגו בולע אור בתחום הנראה. הסבר את קביעתך ברמה מיקרוסקופית.

ii חומר המכיל כלור גורם להלבנת אריגים שנצבעו באינדיגו. איזה שינוי במבנה של מולקולות האינדיגו גורם לאיבוד הצבע? נמק.

## נושא רביעי – כימיה אורגנית מתקדמת

9. מתיל t-בוטיל אתר (MTBE),  $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3(\ell)$ , משמש תוסף דלק למכוניות. תוסף זה משפר את הביצועים של מנוע המכונית, ומפחית פליטה של חומרים מזהמים. אפשר להפיק MTBE בתגובה בין אלקיל ברומיד מתאים ומתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}(\ell)$ , בטמפרטורת החדר. המתאנול בתגובה זו הוא גם הממס.
- א. i רשום נוסחת מבנה לאלקיל ברומיד שאפשר להפיק ממנו MTBE.  
 ii נסח את התגובה להפקת MTBE מהאלקיל ברומיד, שאת נוסחתו רשמת בתת-סעיף א i, ומתאנול.

- ב. התגובה שניסחת בתת-סעיף א ii מתרחשת בשלושה שלבים, I, II, III. הגרף שלפניך מתאר את שינויי האנרגיה עם התקדמות התגובה.



- i רשום נוסחת מבנה לתוצר הביניים בכל אחד מהשלבים I ו-II.  
 ii איזה מהשלבים I, II, III הוא השלב הקובע את מהירות התגובה? נמק.  
 iii קבע אם התגובה היא מסדר ראשון או מסדר שני. נמק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ג. נמצא שמהירות התגובה אינה משתנה כאשר מבצעים את התגובה בנוכחות

יוני מתאוקסיד,  $\text{CH}_3\text{O}^-(\text{CH}_3\text{OH})$ , בריכוז נמוך. הסבר עובדה זו.

ד. i נמצא שבריכוז גבוה של יוני  $\text{CH}_3\text{O}^-(\text{CH}_3\text{OH})$ , מתרחשת

בעיקר תגובת אלימינציה במנגנון E2. הסבר מדוע.

ii נסח את מנגנון תגובת האלימינציה.

/המשך בעמוד 19/

10. השאלה עוסקת בתגובות של 2-ברומופרופאן,  $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3(\ell)$ , עם יוני  $\text{CH}_3\text{O}^-$  ועם יוני  $\text{CH}_3\text{S}^-$ .
- א. איזה מהיונים,  $\text{CH}_3\text{O}^-$  או  $\text{CH}_3\text{S}^-$ , הוא נוקלאופיל חזק יותר? נמק.
- ב. כאשר  $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3(\ell)$  מגיב עם יוני  $\text{CH}_3\text{S}^-(\text{CH}_3\text{OH})$ , התגובה העיקרית שמתרחשת היא תגובת התמרה. מתאנול בתגובה זו הוא הממס.
- נסח את התגובה.
  - משוואת הקצב המתאימה לתגובה זו היא  $v = k[\text{RBr}][\text{CH}_3\text{S}^-]$ . קבע באיזה מנגנון מתרחשת התגובה –  $\text{S}_\text{N}1$  או  $\text{S}_\text{N}2$ . נמק.
  - נסח את מנגנון התגובה.
- ג. בתגובה שניסחת בתת-סעיף ב i מחליפים את הממס מתאנול באצטון,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\ell)$ .
- החלפת הממס אינה גורמת לשינוי במנגנון התגובה שקבעת בתת-סעיף ב ii. הסבר מדוע.
  - קבע אם קצב התגובה באצטון גבוה מקצב התגובה במתאנול, נמוך ממנו או שווה לו. נמק.
- ד. כאשר  $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3(\ell)$  מגיב עם יוני  $\text{CH}_3\text{O}^-(\text{CH}_3\text{OH})$ , התגובה העיקרית שמתרחשת היא תגובת אלימינציה.
- משוואת הקצב המתאימה לתגובה זו היא  $v = k'[\text{RBr}][\text{CH}_3\text{O}^-]$ .
- קבע אם קצב התגובה יגדל, יקטן או לא ישתנה, אם ריכוז יוני  $\text{CH}_3\text{O}^-(\text{CH}_3\text{OH})$  יעלה פי 3. נמק.
- ה. הסבר מדוע  $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3(\ell)$  מגיב עם יוני  $\text{CH}_3\text{S}^-(\text{CH}_3\text{OH})$  בתגובת התמרה, ואילו עם יוני  $\text{CH}_3\text{O}^-(\text{CH}_3\text{OH})$  הוא מגיב בתגובת אלימינציה.

## נושא חמישי – כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

11. החוקר סנגר פיתח בשנות ה-70 של המאה העשרים שיטה לקביעת רצף הבסיסים החנקניים ב-DNA (דנ"א). השיטה מבוססת על שימוש במולקולות מסוג מסוים. נסמן מולקולות אלו באות W.
- מבנה המולקולה W דומה למבנה של נוקלאוטיד ב-DNA, בהבדל אחד: לאטום פחמן מספר 3 בקבוצת הסוכר קשור אטום מימן במקום קבוצת OH – .
- א. i רשום נוסחת מבנה למולקולה W המכילה אדנין.
- ii מולקולה W יכולה להיקשר רק לקצה אחד של גדיל ה-DNA .
- קבע לאיזה קצה של גדיל ה-DNA – 3' או 5' – יכולה להיקשר מולקולה W.
- נמק את קביעתך.

- ב. קבוצת חוקרים השתמשה בשיטת סנגר וקבעה את רצף הבסיסים החנקניים במולקולת DNA של זן מסוים של חיידקים. נמצא ששני הגדילים של ה-DNA מכילים בסך הכול 200,000 בסיסים חנקניים.
- המספר הכולל של הבסיסים החנקניים מסוג ציטוזין בשני הגדילים הוא 70,000 .
- מהו מספר הבסיסים החנקניים מסוג אדנין בשני הגדילים? נמק.

- נתון קטע מגדיל במולקולת DNA מסוימת: 5' GGTGACCCGCATAC 3'
- חלק זה עובר תעתוק ל-mRNA (רנ"א שליח).
- ג. תהליך התעתוק מתחיל באמצעות האנזים רנ"א-פולימראז. תאר את אופן הפעולה של האנזים.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ד. i רשום את רצף הנוקלאוטידים בגדיל ה- mRNA המתקבל מהחלק הנתון של ה- DNA .
- ii ציין איזו קבוצה נמצאת בכל אחד משני צדי הגדיל של ה- mRNA .
- iii רשום את רצף החומצות האמיניות שיכול להתקבל מקטע ה- DNA הנתון. שים לב לקודון ההתחלה.
- ה. לפניך רצף של חומצות אמיניות במקטע של החלבון Ras :
- $$\text{Val} - \text{Val} - \text{Val} - \text{Gly} - \text{Ala}$$
- נמצא שבמולקולת mRNA , בחלק המקודד מקטע זה, הקודון המתאים לגליצין הוא GGC .
- ב- DNA המקודד למקטע החלבון הוחלף בסיס חנקני אחד. כתוצאה מכך הגליצין שבמקטע הוחלף בנולין. שינוי זה הפך את התא לסרטני.
- i איזה בסיס חנקני ב- DNA הוחלף? נמק.
- ii נתון רצף של נוקלאוטידים ב- DNA : 3' CAA CAG CAC CAG CGG 5' : קבע אם הרצף הנתון מקודד את המקטע השגוי של החלבון. נמק את קביעתך.

12. גלוקגון הוא הורמון המופרש מהלבלב ותפקידו לאזן את רמת הגלוקוז בדם. מולקולת הגלוקגון שבגוף האדם מורכבת מ- 29 יחידות של חומצות אמיניות. נמצא שבמולקולה של גלוקגון יש 3 יחידות של חומצה אספרטית, Asp, 2 יחידות של ארגינין, Arg, ו- 4 יחידות של סרין, Ser. בטבלה שלפניך מוצגים ערכי pKa של הקבוצות החומציות בחומצות אמיניות אלה.

| שם<br>החומצה האמינית | סימון | pKa                  |                        |              |
|----------------------|-------|----------------------|------------------------|--------------|
|                      |       | $\alpha\text{-COOH}$ | $\alpha\text{-NH}_3^+$ | R (קבוצת צד) |
| חומצה אספרטית        | Asp   | 2.1                  | 9.8                    | 3.9          |
| ארגינין              | Arg   | 2.2                  | 9.0                    | 12.5         |
| סרין                 | Ser   | 2.2                  | 9.2                    |              |

- א. i מהו המטען נטו של חלקיקי החומצה האספרטית בתמיסה מימית ב-  $\text{pH} = 6$  ?  
נמק.
- ii רשום נוסחת מבנה לחלקיקי ארגינין בתמיסה מימית ב-  $\text{pH} = 10$  .
- iii השתמש בנוסחאות מבנה ונסח את שיווי-המשקל המתקיים בתמיסה מימית של סרין ב-  $\text{pH} = 9.2$  .

בהידרוליזה חומצית חלקית של גלוקגון התקבלו בין היתר שני המקטעים I ו- II שלפניך:



- ה- pKa של הקבוצה הקרבוקסילית בקצה ה- C בפפטיד הוא בקירוב 3.6 .
- ה- pKa של הקבוצה האמינית בקצה ה- N בפפטיד הוא בקירוב 8 .
- ב. i עבור כל אחת מקבוצות הקצה, קבע אם ב-  $\text{pH} = 9$  המטען החשמלי עליה הוא +1, -1 או אפס.
- ii קבע מהו המטען הכולל של מקטע I ב-  $\text{pH} = 9$  . נמק.
- iii היעזר בנתונים שבטבלה ובתשובתך לתת-סעיף ב i וקבע באיזה pH נמצאת הנקודה האיזואלקטרית של מקטע II :
- $\text{pH} > 12.5$  ,  $\text{pH} = 12.5$  ,  $\text{pH} < 12.5$  . נמק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ג. רשום נוסחת מבנה למקטע I ב-  $\text{pH} = 2$  .
- ד. הסבר מדוע לקשר הפפטידי יש מבנה מישורי קשיח.
- ה. רשום רצף נוקלאוטידים אפשרי ב- mRNA (רנ"א שליח) שמתורגם לרצף החומצות האמיניות במקטע I. ציין את קצה  $3'$  ואת קצה  $5'$  .

/המשך בעמוד 24/

## נושא שישי – כימיה של הסביבה

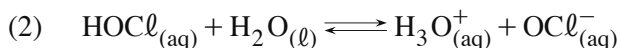
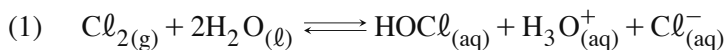
13. המקורות העיקריים למי שתייה בישראל הם מי הכינרת ומי תהום. המים חייבים לעבור טיפול מתאים כדי שיהיו ראויים לשתיה.

א. מי הכינרת עוברים סינון ברשתות וסינון במצע של חול.

מדוע יש צורך לסנן את מי הכינרת גם דרך רשתות וגם דרך מצע של חול?

כדי שמי התהום יהיו ראויים לשתיה, הם עוברים חיטוי (השמדת מיקרואורגניזמים המזיקים לבריאות האדם).

ב. השיטה הנפוצה לחיטוי מי השתייה היא הכלרה – הזרמת גז כלור,  $Cl_{2(g)}$ , למים. כלור מגיב עם מים על פי תגובות (1) ו-(2):



יעילות החיטוי באמצעות  $HOCl_{(aq)}$  גבוהה מיעילות החיטוי באמצעות יוני  $OCl^-_{(aq)}$ .

יעילות החיטוי גבוהה בתחום  $5.5 < pH < 7.5$ .

i. הסבר מדוע יעילות החיטוי נמוכה ב-  $pH < 5.5$ .

ii. הסבר מדוע יעילות החיטוי נמוכה ב-  $pH > 7.5$ .

ג. לריכוך המים ממליצים לצרכן להתקין מחליף יונים.

i. הסבר את המושג מים רכים.

ii. באיזה מחליף יונים משתמשים לריכוך המים – מחליף קטיונים או

מחליף אניונים?

הסבר את עקרון הפעולה של מחליף היונים שבחרת.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ד. שיטה נוספת לחיטוי מי השתייה מבוססת על שימוש בקרינה אולטרה סגולה (UV) הקוטלת מגוון רחב של מיקרואורגניזמים.
- i ציין יתרון אחד וחיסרון אחד של שיטה זו בהשוואה לשיטת ההכלרה.
- ii מנורת כספית פולטת קרינת UV באורך גל  $\lambda = 255\text{nm}$ . קרינה זו מתאימה לחיטוי מי שתייה.
- חשב את אנרגיית הפוטון של קרינה באורך גל  $\lambda = 255\text{nm}$ . פרט את חישוביך.
- ה. מים המכילים יוני עופרת,  $\text{Pb}_{(\text{aq})}^{2+}$ , בריכוז גבוה מ-10ppb, אינם ראויים לשתיה. תחנת ניקור דיווחה על דגימת מים שבה ריכוז יוני עופרת היה  $1 \cdot 10^{-7}\text{M}$ . קבע אם מי הדגימה ראויים לשתיה. פרט את חישוביך ונמק.

14. מים הם המרכיב העיקרי (כ- 90%) של בירה. מְבַשְׁלוֹת בירה רבות הוקמו בסביבות מעיינות או בארות. סוגי היונים הנמצאים במים וריכוזם משפיעים על איכות הבירה ועל טעמה.

כדי לבדוק את קשיות המים, לקחו ארבע דגימות מבאר A וביצעו טיטרציה עם תמיסת EDTA, בנוכחות אינדיקטור אריוכרום שחור T.

- i. א. בנקודת הסיום של הטיטרציה צבע התמיסה משתנה. הסבר מדוע.
- ii. בטיטרציה מוסיפים לדגימה תמיסת EDTA על ידי טפטוף מהבירטה. הסבר מדוע.

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות הבדיקות לקביעת הריכוז המולרי של יוני סידן,  $\text{Ca}_{(\text{aq})}^{2+}$ , בבאר A.

| דגימה | ריכוז מולרי של יוני $\text{Ca}_{(\text{aq})}^{2+}$ (M) |
|-------|--------------------------------------------------------|
| 1     | 0.00027                                                |
| 2     | 0.00025                                                |
| 3     | 0.00025                                                |
| 4     | 0.00023                                                |

ב. i. האם אפשר לקבוע אם התוצאות שהתקבלו מדויקות? נמק.

ii. האם אפשר לקבוע אם התוצאות שהתקבלו מהימנות? נמק.

ג. חשב את קשיות המים מבאר A ביחידות של ppm. פרט את חישוביך.

ד. לייצור בירות בהירות משתמשים במים רכים.

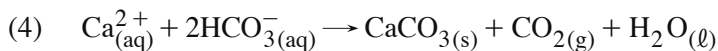
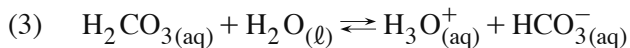
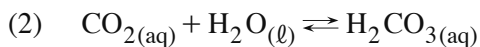
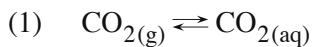
בבדיקת מים מבאר אחרת, B, נמצא שקשיות המים היא 130ppm.

איזו משתי הבארות – A או B, מכילה מים המתאימים יותר לייצור בירה בהירה?

נמק.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

בנוכחות  $\text{CO}_2(\text{g})$  מתרחשות התגובות (1)-(4):



עלייה בריכוז של  $\text{CO}_2(\text{g})$  באוויר עשויה להשפיע על ה- pH ועל קשיות המים שבבארות.

ה. i ציין גורם אחד שיכול לגרום לעליית ריכוז  $\text{CO}_2(\text{g})$  באוויר.

ii קבע אם ה- pH של מי הבאר יעלה, ירד או לא ישתנה בעקבות עליית

ריכוז  $\text{CO}_2(\text{g})$  באוויר. הסבר.

iii עלייה בריכוז  $\text{CO}_2(\text{g})$  באוויר עשויה להוריד את מידת קשיות המים.

הסבר מדוע.

## נושא שביעי – מיומנויות בנושאי מעבדות חקר

שים לב: תלמידים הלומדים מעבדת חקר יחידת לימוד אחת, חייבים לענות על שאלה 15.

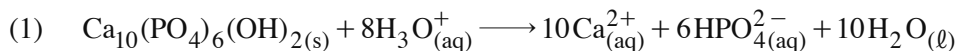
15. קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים שאחריו.

### יוני פלואור, $F^-$ , שיניים וקליפות ביצים – מה הקשר?

עששת היא מחלה זיהומית בשיניים הנגרמת על ידי חיידקים. החיידקים נצמדים אל פני השן, גורמים לפירוק הפחמימות שבמזון וליצירת חומצות.

זגוגית השן בנויה מהידרוקסי אפטיט,  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_{2(s)}$ , שהוא החומר

הקשה ביותר בגוף האדם. ההידרוקסי אפטיט מגיב עם חומצות על פי תגובה (1):

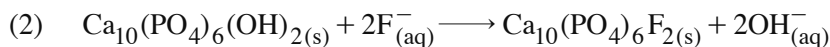


חשיפה ממושכת לחומצות גורמת להתפתחות העששת.

מחקרים הוכיחו שיוני פלואור,  $F^-$ , בריכוזים נמוכים, מסייעים במניעת העששת.

יוני  $F^-$  מחליפים חלק מיוני ההידרוקסיד,  $OH^-$ , שבהידרוקסי אפטיט

על פי תגובה (2):



נוצר פלואורו אפטיט,  $Ca_{10}(PO_4)_6F_{2(s)}$ , שהוא חומר עמיד יותר בפני חומצות מאשר

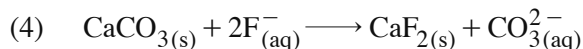
ההידרוקסי אפטיט.

המרכיב העיקרי של קליפות ביצים הוא סידן פחמתי,  $CaCO_{3(s)}$ , המגיב עם חומצות

על פי תגובה (3):



בנוכחות יוני  $F^-$  נוצר סידן פלואורי,  $CaF_{2(s)}$ , על פי תגובה (4):



סידן פלואורי הוא מלח קשה תמס, המגדיל את העמידות של קליפות הביצים בפני חומצות.

שיניים וקליפות ביצים מגיבות באופן דומה עם חומצות ועם יוני  $F^-$ , ולכן, לצורכי

מחקר, משתמשים בניסויים בקליפות ביצים כתחליף לשיניים.

(שים לב: המשך הקטע בעמוד הבא.)

ביצעו ניסוי במטרה להוכיח שחשיפה ליוני  $F^-$  מגדילה את העמידות של קליפות ביצים בפני חומצה אצטית,  $CH_3COOH_{(aq)}$ . לפניך תיאור של מהלך הניסוי:  
הכינו שש מנות של 1 גרם קליפות ביצים. לקחו חמש מנות והשרו כל אחת מהן 30 דקות ב- 2 מ"ל תמיסת נתרן פלואורי,  $NaF_{(aq)}$  בריכוז שונה. לאחר מכן שטפו את קליפות הביצים במים מזוקקים, והכניסו כל אחת מהמנות לתוך 5 מ"ל תמיסת  $1M CH_3COOH_{(aq)}$ . מדדו את הזמן שנדרש לפליטה של 3 מ"ל  $CO_{2(g)}$ . תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך.

| 1.00 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | 0<br>(בקרה) | הריכוז של תמיסת $NaF_{(aq)}$<br>(M) |
|------|------|------|------|-------------|-------------------------------------|
| 85   | 67   | 52   | 40   | 30          | זמן<br>(שניות)                      |

המנה השישית שימשה בקרה נוספת. המנה עברה אותו טיפול כמו כל אחת מחמש המנות, בשינוי אחד: השרו את הקליפות בתוך 2 מ"ל תמיסת נתרן כלורי,  $1M NaCl_{(aq)}$  במשך 30 דקות. הזמן שנדרש לפליטת 3 מ"ל  $CO_{2(g)}$  היה 32 שניות.

מעובד על פי: <http://www.bfsweb.org/documents/howfworks.htm>

W. Lukowsky, "Does  $F^-$  protect?", CHEM 13 NEWS, Oct. 1994

ענה על כל הסעיפים שלפניך.

- א. i נסח את שאלת החקר המתאימה לניסוי המתואר בקטע.  
ii בניסוי השתמשו בשתי מערכות בקרה.  
לאיזו מטרה שימשה כל אחת מהמערכות?

- ב. i הצג את תוצאות הניסוי הרשומות בטבלה בצורה גרפית.  
ii התבסס על המידע שבקטע והסבר את תוצאות הניסוי.  
iii רשום שתי מסקנות שאפשר להסיק מתוצאות הניסוי.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ג. בניסוי אחר חקרו את ההשפעה של משך הזמן שבו הושרו קליפות הביצים בתמיסת  $\text{NaF}_{(\text{aq})}$  על עמידותן בפני חומצה אצטית. מדדו את הנפח של  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  שנפלט במשך דקה.
- i ציין את המשתנה התלוי ואת המשתנה הבלתי תלוי בניסוי זה.
- ii ציין ארבעה גורמים קבועים בניסוי זה.
- ד. הפלרה של מי השתייה היא תהליך מבוקר שבו מוסיפים תרכובות פלואור למי השתייה, כדי להקטין את שיעור העששת בקרב האוכלוסייה. הריכוז של יוני  $\text{F}^-$  צריך להיות לכל היותר 0.0017 גרם לליטר. ריכוזים גבוהים יותר של יוני  $\text{F}^-$  במי השתייה יכולים לגרום לתופעות שליליות.
- i חשב את הריכוז המולרי המרבי המותר של יוני פלואור במי השתייה.
- פרט את חישוביך.
- ii בניסוי שתואר בקטע, קליפות הביצים לא הושרו במי שתייה שעברו הפלרה. הסבר מדוע.

## בהצלחה!

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