



חמד"ע - מרכז לחינוך מדעי

## פיתרון

ב ח י נ ה      ב כ י מ י ה  
ב מ ת כ ו נ ת      ב ג ר ו ת

## השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד

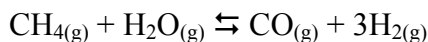
תשס"ט - 2009

פרק ראשון - פרק חובה (50 נקודות)תרמודינמיקה ושיווי משקל חמצון-חיזור

ענה על אחת מן השאלות 1 – 2.

בשאלה זאת נא לעגל את התשובות המספריות לספרה אחת אחרי הנקודה העשרונית

1. מתאן הוא אחד הגזים הנפלטים מתהליכים חיידקיים אן-אירוביים במזבלות ובביצות. אחת הדרכים להשתמש בו הוא להפיק ממנו מימן ופחמן חד-חמצני (תערובת המוכרת בשם סינגז) על פי תגובת שיווי המשקל הזאת:



א. i האם בתגובה הישירה האנטרופיה של המערכת עולה או יורדת? נמק.

כל מרכיבי התגובה, מגיבים ותוצרים, הם גזים. לכן נקבע את השינוי באנטרופיית המערכת על פי השינוי במספר מולי הגז בתגובה. במגיבים יש 2 מולי גז (אחד של מים ואחד של מתאן). בתוצרים יש 4 מולי גז (אחד של פחמן חד-חמצני, ושלושה של מימן), כלומר האנטרופיה בתגובה הישירה עולה.

ii ידוע שהערך של  $\Delta S^\circ$  של המערכת בתגובה הוא 214.8 J/K מהו הסימן (+ או -) של  $\Delta S^\circ$  מערכת? נמק

הסימון  $\Delta S^\circ$  מסמן את שינוי האנטרופיה התקנית של המערכת בתגובה הישירה, מכיוון שראינו בסעיף הקודם שהאנטרופיה בתגובה הישירה עולה, אזי הערך של שינוי האנטרופיה הוא בסימן חיובי: +214.8 J/K.

ב. ידוע שהערך של  $\Delta H^\circ$  של המערכת בתגובה הוא 206.1 kJ מהו הסימן (+ או -) של  $\Delta H^\circ$  מערכת? נמק

במערכות שיווי משקל ל- $\Delta S^\circ$  סימן זהה לזה של  $\Delta H^\circ$  כלומר חיובי. אז הערך של שינוי האנטלפיה הוא:  $+206.1 \text{ kJ}$ .

ג. האם בטמפרטורה של 686.5 מעלות צלסיוס התגובה הישירה או ההפוכה ספונטנית? פרט חישובך ונמק.

עלינו לחשב את  $\Delta S^\circ$  של היקום בתגובה הישירה:

$$\Delta S^\circ_{\text{יקום}} = \Delta S^\circ_{\text{מערכת}} + \Delta S^\circ_{\text{סביבה}} = \Delta S^\circ_{\text{מערכת}} - \Delta H^\circ_{\text{מערכת}}/T = 214.8 - 206100/959.5 = 214.8 - 214.8 = 0$$

בטמפרטורה זו המערכת מצויה במצב שיווי משקל, התגובה הישירה והתגובה ההפוכה מצויות בשיווי משקל.

הועלתה הצעה לבצע את התגובה בטמפרטורה של 300 מעלות צלסיוס באמצעות זרז.

ד. האם לדעתך הצעה זו אכן תאפשר לבצע את התגובה?

אפשר לראות בחישוב שבטמפרטורה נמוכה מ-685.5 מעלות צלזיוס הערך של  $\Delta S^\circ_{\text{יקום}}$  שלילי ולכן התגובה אינה ספונטנית. בתנאים כאלה זרז לא יעזור. ספונטניות התגובה אינה תלויה באנרגיית השפעול, וזרז משנה את אנרגיית השפעול בלבד.

לפניך טבלה ובה זוגות של חומרים:

CO	CO <sub>2</sub>	I
CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	II
Cl <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	III
CO	Co	IV

ה. קבע לאיזה חומר בכל זוג יש אנטרופיה תקנית,  $S^\circ$ , גבוהה יותר. נמק

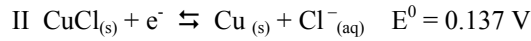
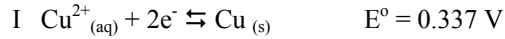
I שני החומרים, CO ו-CO<sub>2</sub> גזים בטמפרטורת החדר. מולקולות הגז CO<sub>2</sub> גדולות יותר כי הן מכילות 3 אטומים. אי-הסדר במולקולות שלו רב יותר (או מספר הדרכים לתאר אותן גדול יותר) ולכן אנטרופיה תקנית גבוהה יותר.

II בטמפרטורת החדר SiO<sub>2</sub> הוא מוצק (חומר אטומרי) ולכן מסודר יותר מהחומר CO<sub>2</sub> הגז. לכן ל-CO<sub>2</sub> אנטרופיה תקנית גבוהה יותר.

III כלור ופולואור הם גזים בטמפרטורת החדר. שניהם דו-אטומים. לגז כלור אטומים גדולים יותר המכילים יותר חלקיקים תת-אטומיים ולכן אי-הסדר באטומי הכלור גדול יותר (או מספר הדרכים לתאר את אטום הכלור גדול יותר) ולכן לכלור אנטרופיה תקנית גבוהה יותר.

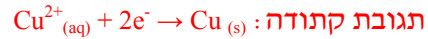
IV – CO היא תרכובת גזית. Co הוא מתכת מעבר מוצקה ולכן מסודרת יותר. לכן לגז CO אנטרופיה תקנית גבוהה יותר.

2. נבנה תא אלקטרוכימי משני חצאי התאים התקניים:



$\text{CuCl}_{(\text{s})}$  – חומר יוני קשה תמס.

א. רשום תגובת הקתודה, תגובת האנודה ותגובה מאוזנת לתהליך המתרחש בתא עם סגירת המעגל.  
חצי תא עם פוטנציאל חיזור גבוה יותר יהיה חצי תא קתודי, כאשר התגובה שתתרחש תהיה חצי תגובת חיזור.



$$\text{ב. חשב את מתח התא: } E^0 = 0.377 - 0.137 = 0.240 \text{ V}$$

ג. i. מהו כיוון זרימת האלקטרונים. האלקטרונים זורמים במעגל החיצוני מחצי תא אנודי לחצי תא קתודי.

ii. מהו כיוון זרימת האניונים בזמן פעולת התא. האניונים נעים בתוך גשר מלח לכיוון חצי תא אנודי.

ד. כעבור זמן מסוים, נפסק הזרם בתא. הסבר, מה הסיבה לכך? המערכת הגיעה למצב ש"מ.

ה. בזמן פעילות התא עברו בו 0.12 מול אלקטרונים. ציין עבור כל אחת משתי האלקטרודות, האם מסת האלקטרודה השתנתה בעקבות פעילות התא? אם לא, הסבר מדוע. אם כן, חשב את שינוי במסת האלקטרודה והסבר האם המסה עלתה או ירדה.

מסתה של הקתודה גדלה: יוני נחושת עוברים חיזור ומצפים את האלקטרודה. בשל היחס הסטויכיומטרי כאשר עברו 0.12 מול אלקטרונים נוצר ציפוי של 0.06 מול נחושת. מסת האלקטרודה עלתה ב:  $0.06 \text{ mol} \times 63.5 \text{ gr/mol} = 3.81 \text{ gr}$

מסתה של האנודה ירדה: אטומי נחושת מוסרים אלקטרון אחד ויוצרים מוצק יוני קשה תמס נחושת (I) כלורית  $\text{CuCl}_{(\text{s})}$ . בשל היחס הסטויכיומטרי כאשר עברו 0.12 מול אלקטרונים התמוססו 0.12 מול נחושת ולכן המסה ירדה ב:

$$0.12 \text{ mol} \times 63.5 \text{ gr/mol} = 7.62 \text{ gr}$$

ביצועו שלושה ניסויים. בכל ניסוי בנו את התא התקני הנ"ל. לפני סגירת המעגל ביצעו את הפעולות הבאות:

1. הוסיפו גביש  $\text{CuCl}_{(\text{s})}$  לחצי תא המבוסס על תגובת אלקטרודה II. מתח התא יהיה שווה ל- $E^0$ , כיוון

ש- $\text{CuCl}$  הוא מוצק קשה תמס.

2. הוסיפו גביש של  $\text{NaCl}_{(\text{s})}$  לחצי תא המבוסס על תגובת אלקטרודה II. הוספת גביש  $\text{NaCl}$  תגדיל את

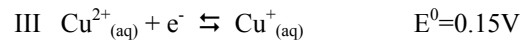
ריכוז יוני ה- $\text{Cl}^-$ , בגלל העלאת ריכוז היונים תועדף התגובה הישירה ופוטנציאל חיזור

של חצי התא האנודי יקטן. לכן מתח התא יגדל.

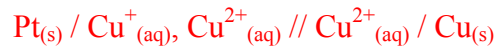
3. הוסיפו גביש של  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$  לחצי תא המבוסס על תגובת אלקטרודה II. **בהוספת גביש**  
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$  תתרחש תגובת חימצון חיזור כוללת בחצי תא האנודי. הדבר יגרום  
 להורדת ריכוז יוני ה-  $\text{Cl}^-$ , להעלאת פוטנציאל חיזור של חצי תא אנודי ולכן מתח התא  
 יהיה קטן מ-  $E^0$ .

בכל ניסוי נמדד מתח התא מיד עם סגירת המעגל.  
 ו. קבע לגבי כל אחד מן הניסויים, אם המתח שנמדד היה גבוה מ-  $E^0$ , של התא התקני, שווה לו או נמוך  
 ממנו. נמק.

נתונה התגובה



ז. הצג רישום סכמטי של תא אלקטרוכימי חדש המבוסס על שתיים משלושת התגובות I, II, III, שבו  
 תגובה III מופיעה כתגובת חימצון.



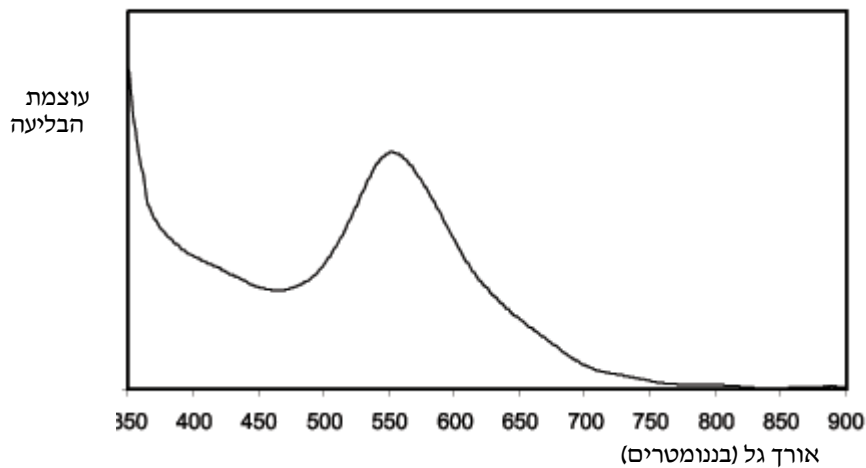
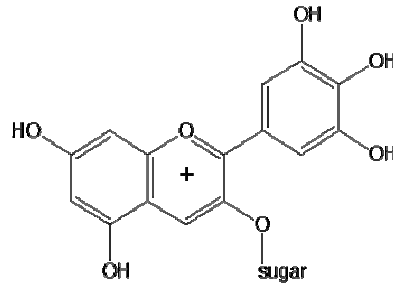
2. פרק שני פרקי בחירה (50 נקודות)

. פרק שני פרקי בחירה (50 נקודות)

## כימיה פיזיקלית – מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

### שאלה מספר 3

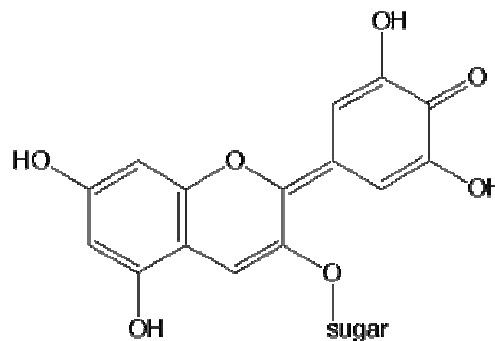
בעולם הצומח יש משפחה שלמה של חומרים צבעוניים הקרויים אנתוציאנינים. פרי הצמח הדס מכיל אחד מן החומרים האלה. לפניכם נוסחת המבנה השלדית שלו וספקטרום הבליעה שלו.



א. מהו צבעו של האנתוציאנין הזה? נמק את תשובתך.

צבעו של האנתוציאנין הוא אדום. מכסימום הבליעה שלו הוא בתחום הירוק (550 ננומטר) ולכן הוא בולע ירוק ומחזיר אדום.

אם מוסיפים לאנתוציאנין הזה תמיסה מימית של NaOH המבנה הכימי שלו משתנה ונוסחתו נראית כך :



- ב. האם ישתנה צבעו של החומר?  
 אם תשובתך שלילית נמק אותה.  
 אם תשובתך חיובית נמק אותה וצייר על גבי הספקטרום של החומר את הספקטרום המשוער של החומר לאחר הוספת התמיסה של NaOH.

צבעו אינו משתנה. גם אחרי וגם לפני שמוסיפים לו תמיסת NaOH הכרומופור הוא בעל אותו אורך מספר הקשרים הכפולים המצומדים הוא 8.

- מדען העובד בחברה מסחרית למוצרי קוסמטיקה רוצה להשתמש באנתוציאנין הזה כחומר מגן בפני שיזוף. מדענית העובדת באותה חברה טוענת שקיימת בעיה בשימוש באנתוציאנין הזה כחומר מגן בפני שיזוף.  
 ג. הסבר את עמדותיהם של שני המדענים.

לאנתוציאנין בליעה חזקה בתחום של ה-u.v., התחום שמתחת 400 ננומטר, ולכן הוא יכול לשמש כחומר מגן בפני שיזוף. יחד עם זאת היות שצבעו של האנתוציאנין אדום (ראה תשובה לסעיף א) כל מי שישתמש בו עורו יאדים עד שלא ירוחץ מגופו את החומר ומכאן עמדתה של המדענית.



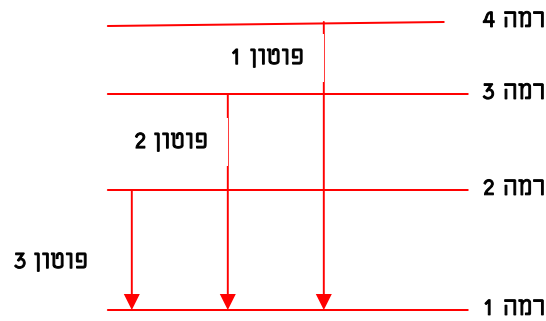
- ד. חשב את האנרגיה של הפוטון הכחול.

הפוטון הכחול הוא הפוטון מספר 1

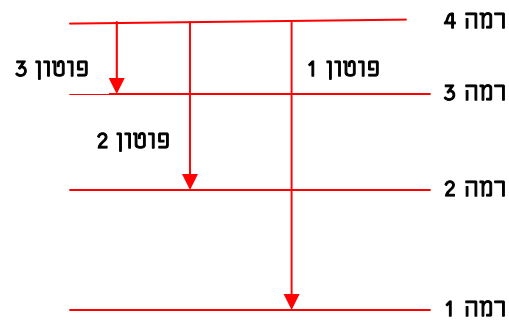
$$E = hc/\lambda = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 / 464 \times 10^{-9} = 0.0429 \times 10^{-17} \text{ J} = 4.29 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ה. צייר תרשים סכמטי של רמות האנרגיה של האטום וציין על גבי התרשים את המעבר האלקטרוני שגורם לכל קו בספקטרום.

להלן אפשרות אחת למעברים בין הרמות:

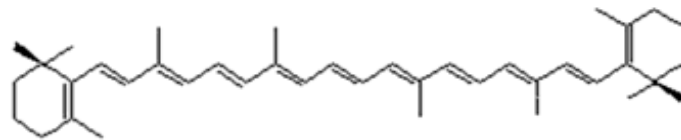


ייתכנו גם המעברים הבאים:



#### שאלה מספר 4

לפניך נוסחה של שלושה חומרים צבעוניים: פלוקסנטין, קרוטן ורודוקסנטין. אחד מהחומרים האלה נמצא בנוצות של תוכים מסוימים, אחד בענבים ואחד בגזר.

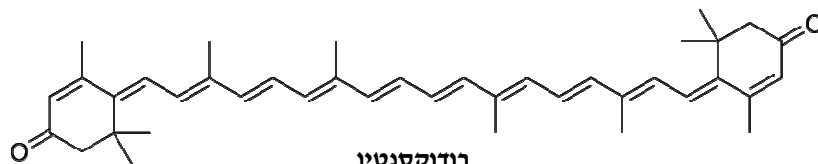


קרוטן

04

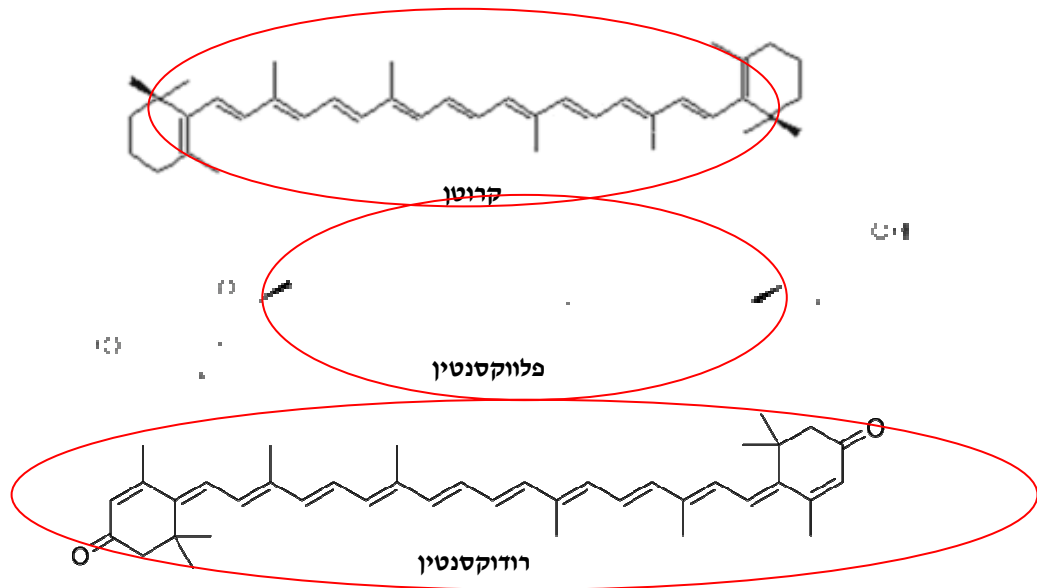


פלוקסנטין



רודוקסנטין

א. העתק את אחת הנוסחות למחברת הבחינה שלך וסמן עליה את הכרומופור.



צבעו של הקרוטין כתום. מבין שני החומרים האחרים צבעו של אחד מהם אדום וצבעו של השני צהוב.

ב. קבע מיהו החומר האדום ומיהו החומר הצהוב? נמק את תשובתך בפירוט.

החומר האדום הוא הרודוקסנטין והחומר הצהוב הוא הפלווקסנטין. נימוק: לקרוטין, שבולע בתחום הכחול ולכן נראה כתום יש 11 קשרים כפולים מצומדים. לרודוקסנטין יש 14 קשרים כפולים מצומדים. לכן הוא בולע באורך גל ארוך יותר מאשר הקרוטין. הוא בולע ירוק ונראה אדום. לפלווקסנטין יש רק 8 קשרים כפולים מצומדים ולכן הוא בולע סגול ונראה צהוב.

ג. אצל מי מבין שלושת החומרים הנזכרים הרווח ביו ה-HOMO וה-LUMO הוא הגדול ביותר? נמק את תשובתך.

כאשר החומר הצבעוני בולע אור באורך גל מסוים, אחד האלקטרונים באורביטל ה-HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) קופץ לאורביטל ה-LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital). ככל שהפרש האנרגיה בין שני אורביטלים אלה גדול יותר כך תדירות הפוטון הנבלע גבוהה יותר ואורך הגל הנבלע קטן יותר. לכן בעל הרווח הגדול ביותר בין אורביטל ה-HOMO לאורביטל ה-LUMO הוא בפלווקסנטין הבולע בסגול ונראה צהוב.



אנרגיית היינון היא האנרגיה הדרושה להרחקת אלקטרון מן האטום.

אנרגיית היינון של אשלגן, K, היא 418.8 קילוג'אול למול.

ד. i. כמה אנרגיה דרושה כדי ליינן אטום אחד של אשלגן?

במול אשלגן יש מספר אבוגדרו  $6.02 \times 10^{23}$  אטמים. לכן האנרגיה הדרושה ליינן אטום אחד של אשלגן

$$\text{היא } 6.96 \times 10^{-19} \text{ J} = 418.8 \times 1000 / 6.02 \times 10^{23}$$

ii. מהו אורך הגל המכסימלי של פוטון שיכול ליינן אטום אשלגן?

$$E = hv = hc/\lambda$$

$$\lambda = hc/E = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 / 6.96 \times 10^{-19} = 2.86 \times 10^{-7} \text{ m} = 286 \text{ nm}$$

אטום אשלגן יכול לבלוע גם אורכי גל ארוכים יותר מאלה שציינת בסעיף ג ii.

ה. הסבר מדוע ולוה את ההסבר באיור מתאים.

אטום האשלגן יכול לבלוע פוטונים בעלי אנרגייה נמוכה יותר ואורך גל ארוך יותר,

המתאימים להפרש שבין רמות אנרגיה שונות של האשלגן.

