

חמד"ע - מרכז לחינוך מדעי

**בחינה בכימיה
במתכונת בגרות**

השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד

תשע"א - 2011

הוראות לנבחן

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	50 נקודות
פרק שני	50 נקודות
סה"כ	100 נקודות

כתבו בדפי הבחינה בלבד. כתבו כל מה שברצונכם לכתוב בטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה) על עמודים נפרדים. כתבו "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה.

הקפידו על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של היחידות

בהצלחה

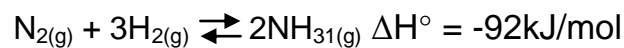
פרק ראשון - פרק חובה (50 נקודות)

אנרגטיקה ודינמיקה

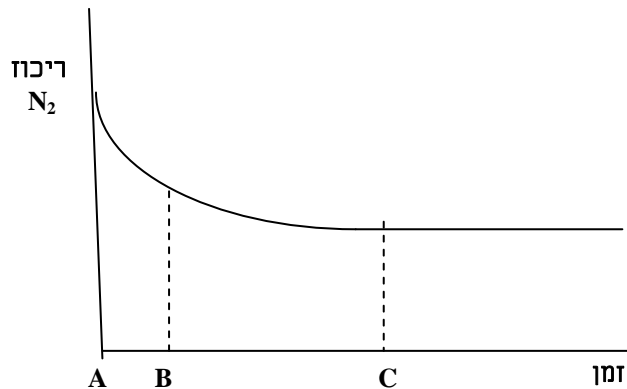
ענו על אחת מן השאלות 1 – 2.

שאלה מספר 1

הגז אמוניה, NH_3 , משמש מקור להפקת דשנים רבים ואפשר אפילו להשתמש בו עצמו כדשן. לפיכך, פיתוח דרך יעילה להפקת אמוניה הביא למהפכה בתחום החקלאות המכונה "המהפכה הירוקה". אין פלא אפוא שכמה פרסי נובל הוענקו על מחקרים הקשורים בכך. התגובה העומדת בלב התהליך היא תגובה בין חנקן למימן:



לכלי תגובה א הכניסו 100 ליטרים חנקן ו-300 ליטרים מימן, עקבו אחרי ריכוז החנקן בכלי לאורך זמן ושרטטו גרף של הריכוז כתלות בזמן. התקבל הגרף הבא:



כלי תגובה א

א. מה היו הגזים הנוכחים בכלי התגובה בנקודות הזמן A (נקודת ההתחלה), B ו-C? הסבירו את קביעתכם.

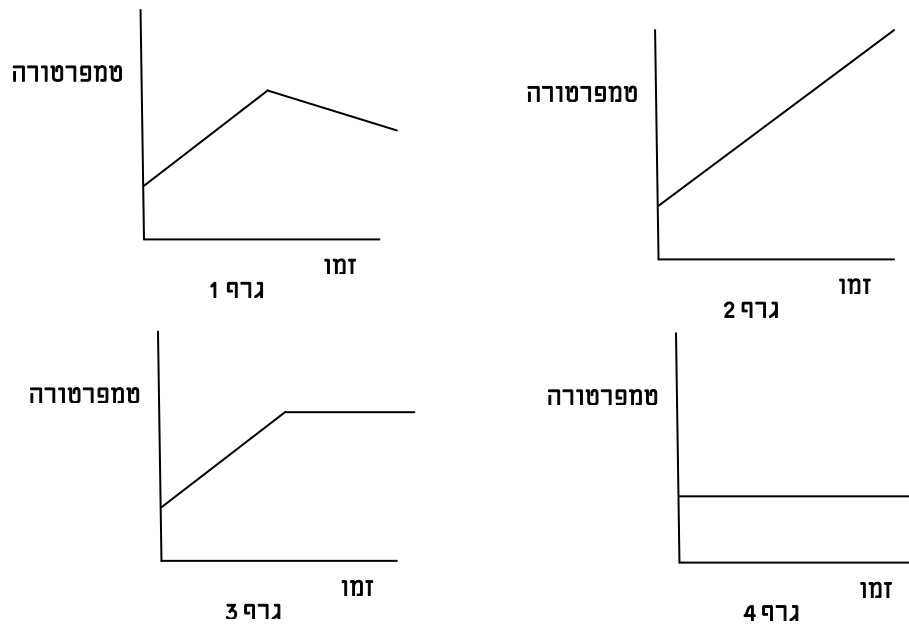
בנקודה A, נקודת ההתחלה, נמצאים בכלי רק חנקן ומימן. בנקודה B, נקודת זמן מאוחרת יותר, יש בכלי גם אמוניה, בנוסף למימן וחנקן. בנקודה C, לאחר שהמערכת הגיעה לשיווי משקל, נוכחים בכלי גם מגיבים וגם תוצרים, כלומר גם אמוניה וגם מימן וחנקן (אם כי בריכוזים יחסיים שונים מאשר בנקודת הזמן B).

ב. הסבירו ברמה המיקרוסקופית מדוע הריכוז נשאר קבוע אחרי נקודת הזמן C.

כאשר הכניסו את המימן והחנקן לכלי התגובה התחילה להתרחש התגובה הישירה. כאשר נוצרה אמוניה התחילה להתרחש גם התגובה ההפוכה, אולם בקצב נמוך יותר מזה של התגובה הישירה. ככל שירד ריכוזים של המימן והחנקן ירד קצב התגובה הישירה ועלה קצב התגובה ההפוכה. בנקודת זמן מסוימת השתווה קצב התגובה הישירה לקצב התגובה ההפוכה. מרגע זה ואילך לא

השתנו ריכוזי המגיבים והתוצרים אולם שתי התגובות, הישירה וההפוכה, ממשיכות להתרחש בקצב זהה.

ערכו את התגובה בכלים זהים ובריכוזים זהים בשני כלים נוספים.
 כלי ב היה סגור וכלי ג היה מבודד.
 הכניסו כל אחד משני הכלים למיכל מים נפרד ומדדו את הטמפרטורה של המים במיכל, לאורך זמן.
 שניים מבין הגרפים הבאים מתארים את הטמפרטורה של המים כתלות בזמן.
 ג. איזה גרף מתאר את המתרחש במיכל שהכיל את כלי תגובה ב הסגור ואיזה מתאר את המתרחש במיכל המכיל את כלי התגובה ג המבודד. נמקו את בחירתכם .



גרף 1 מתאר את הטמפרטורה במיכל מים המכיל מערכת סגורה. האנרגיה הנפלטת מן המערכת הסגורה גורמת לעליית טמפרטורה של המים. עם חלוף הזמן המים פולטים אנרגיה לסביבה הרחוקה יותר והטמפרטורה שלהם יורדת
 גרף 4 מתאר את הטמפרטורה במיכל מים המכיל מערכת מבודדת. היות שהמערכת מבודדת אין היא פולטת אנרגיה אל המים.

להלן ערכי האנתרופיה המולרית בטמפרטורת החדר של כל אחד מהגזים במופיעים בתגובה לעיל.

$$S^0(\text{NH}_3) = 192.5 \text{ J/k mol} \quad S^0(\text{H}_2) = 130.6 \text{ J/mol k} \quad S^0(\text{N}_2) = 191.4 \text{ J/mol}$$

ד. i. מדוע ערך האנתרופיה המולרית בטמפרטורת החדר של מימן קטן מזה של חנקן באותה טמפרטורה?

מימן הוא מולקולה קטנה יותר מחנקן ויש בה פחות אלקטרונים, ולכן פחות אפשרויות לסידורים שונים (פחות אי סדר) שלהם במרחב, מה שמקטין את האנתרופיה..

ii. מדוע ערך האנתרופיה המולרית של מימן בטמפרטורת החדר קטן מזה של אמוניה באותה

טמפרטורה?

במימן לא רק פחות אלקטרוניים כי אם גם פחות אטומים מאשר במולקולת האמוניה. מספר האטומים הגדול יותר באמוניה מאפשר תנועה תוך מולקולרית, תנודות מסוגים שונים וסיבובים מסוגים שונים, המעלה את האנתרופיה.

iii. ערכי האנתרופיה המולרית בטמפרטורת החדר של חנקן ושל אמוניה קרובים מאוד זה לזה. הסבירו את הסיבה/סיבות לכך.

לאמוניה מספר אטומים גדול יותר מאשר לחנקן. לעומת זאת לחנקן מספר אלקטרוניים רב יותר משל האמוניה. ייתכן שאחדים מכם כתבו שלאמוניה יש אפשרות לקשרי מימן שמעלים את הסדר, מקטינים את התנועה החופשית ולכן מקטינים את האנתרופיה. אולם במצב הגזי, שהוא מצבה של האמוניה בטמפרטורת החדר, לא מתקיימים קשרי מימן.

ה. חשבו את $\Delta S^0_{\text{מערכת}}$ עבור התגובה והסבירו את סימנו.

$$\Delta S^0_{\text{מערכת}} = 2 \times 192.5 - (3 \times 130.6 + 191.4) = -198.2 \text{ J/mol K}$$

ערכו של השינוי באנתרופיה הוא שלילי שכן מארבעה מול גז נוצרים שני מול גז.

ו. חשבו את $\Delta S^0_{\text{יקום}}$ עבור התגובה.

$$\Delta S^0_{\text{יקום}} = \Delta S^0_{\text{מערכת}} - \Delta H^\circ / 298 = -198.2 - (-92000 / 298) = 110.5 \text{ J/mol K}$$

ז. האם התגובה ספונטנית בטמפרטורת החדר?

$\Delta S^0_{\text{יקום}} > 0$ ולכן התגובה ספונטנית בטמפרטורת החדר.

בצעו את התגובה בשלושה כלים נוספים: בכלי ד הכניסו כמות גדולה יותר של חנקן. בכלי ה הכניסו זרז. בכלי ו הייתה טמפרטורה יותר גבוהה

ח. i. לגבי כל אחד מהכלים החליטו אם ריכוז N_2 לאחר ההתייבבות יהיה גדול, קטן או שווה לזה שבכלי א ונמקו.

בכלי ד, בו הכניסו יותר חנקן ריכוז החנקן אחרי ההתייבבות יהיה גדול יותר מאשר בכלי א. ההוספה שלו תגרום, בשל עקרון לה שטליה, לזירוז של התגובה הישירה, אם כי לא עד כדי הורדת הריכוז שלו לזה שהיה בכלי הראשון.

בכלי ה, הכלי עם הזרז, ריכוז החנקן יהיה זהה לזה שבכלי א, שכן הזרז לא משנה את מצב שיווי המשקל

בכלי ו, בו הטמפרטורה גבוהה יותר, קבוע שיווי המשקל של התגובה הישירה האקסותרמית הוא נמוך יותר ולכן ריכוז החנקן לאחר ההתייבבות גבוה מזה שבכלי א.

ii. לגבי כל אחד מהכלים, החליטו אם זמן ההגעה להתייבבות הריכוז יהיה שווה, גדול או קטן

לזה שבכלי א ונמקו.

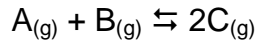
בכלי ד זמן ההגעה להתייבבות יהיה זהה לזה של כל א, למרות שיש יותר חלקיקים, יש גם יותר סיכוי להתנגשויות פוריות בין מולקולות החנקן למולקולות המימן ולכן הקצב ההתחלתי בכלי יהיה גבוה יותר, ולכן זמן ההגעה לשי"מ ישתווה.

בכלי ה זמן ההגעה להתייבבות יהיה קצר יותר, בשל נוכחותו של זרז המקטין את אנרגיית השפעול

בכלי ו זמן ההגעה להתייצבות יהיה קצר יותר שכן למולקולות יש יותר אנרגיה להתגבר על אנרגיית השפעול.

שאלה מספר 2

מעבדה חקרה את תגובת שיווי המשקל הזאת בטמפרטורת החדר:



החוקרים מצאו את שני חוקי הקצב הבאים:

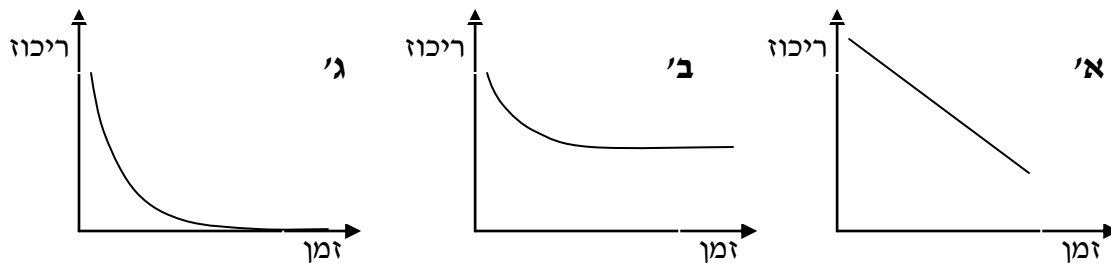
$$k_1=0.01 \quad \text{קצב} = k_1[A_{(g)}][B_{(g)}] \quad \text{לתגובה הישירה:}$$

$$k_2=0.0004 \quad \text{קצב} = k_2[C_{(g)}]^2 \quad \text{לתגובה ההפוכה:}$$

לפניכם טבלה ובה מרוכזים נתונים שנאספו בזמנים שונים:

זמן (שניות)	$[A_{(g)}]$ (מול לליטר)	$[B_{(g)}]$ (מול לליטר)	$[C_{(g)}]$ (מול לליטר)
0	1	1	0
X	0.5	0.5	1
1000		0.286	1.43

א. לפניך שלושה גרפים המתארים את שינוי אפשרי של ריכוז חומר A במהלך התגובה. איזה מן הגרפים הוא הגרף הנכון? נמק.



על פי חוק התגובה, סדר הקשר עבור מגיב A, הוא סדר ראשון, כלומר יש תלות של קצב התגובה בריכוז A. ולכן גרף א' נפסל, מפני שבגרף זה קצב היעלמות A, או שיפוע הגרף, קבוע. כמו כן, נתון שהתגובה היא תגובת שיווי משקל, ולכן ריכוז A לא יגיע לאפס אלא ירד ויישאר בערך מסוים, כפי שמצויר בגרף ב'. ולכן גרף ב' הוא הגרף הנכון.

ב. חשב את קצב התגובה הישירה בזמן X.

נציב בחוק התגובה:

$$\text{קצב} = k_1[A_{(g)}][B_{(g)}] = 0.01 \times 0.5 \times 0.5 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ M}^2/\text{s}$$

ג. רשום את הביטוי לקצב העלמות A בתגובה הישירה.

$$\text{קצב היעלמות} = -\Delta[A_{(g)}]/\Delta t$$

ד. חשב את זמן התגובה X.

$$\text{קצב התגובה} = (\text{קצב היעלמות A}) = -\Delta[A_{(g)}]/\Delta t$$

$$\Delta[A_{(g)}] = 0.5 - 1 \text{ M} = -0.5 \text{ M}$$

$$\Delta t = X - 0 = X$$

נציב בביטוי לקצב תגובה:

$$2.5 \times 10^{-3} = 0.5/X$$

$$X = 200 \text{ seconds}$$

זמן X הוא 200 שניות מתחילת התגובה

ה. מהו ריכוז חומר A לאחר 1,000 שניות מתחילת התגובה.

יחס המולים בתגובה הוא 1:1, ומכיוון שהריכוז ההתחלתי של A ו-B שווים, אז גם בזמן 1000 שניות הריכוזים יהיו שווים, כלומר 0.286M

ו. i. חשב את קצב התגובה הישירה לאחר 1,000 שניות מתחילת התגובה.

$$\text{קצב} = 0.01 \times 0.286 \times 0.286 = 8.18 \times 10^{-4} \text{ M}^2/\text{sec}$$

ii. הסבר ברמה המיקרוסקופית את ההבדל בין הערך שמצאת בסעיף ב' לבין הערך שמצאת

בסעיף ו-i.

סעיף ב' מתייחס לריכוזים ההתחלתיים וסעיף ו-i מתייחס לריכוזים לאחר 1000 שניות שהם נמוכים יותר. כשהריכוזים נמוכים יותר קטן הסיכוי להתנגשות בין החלקיקים, ולכן מתרחשות פחות התנגשויות פוריות והתגובה אטית יותר.

iii. חשב את קצב התגובה ההפוכה לאחר 1,000 שניות מתחילת התגובה.

$$\text{הנתונים לתגובה ההפוכה הם: } k_2 = 0.0004 \text{ קצב} = k_2 [C_{(g)}]^2$$

$$[C]_{1000} = 1.43 \text{ M}$$

$$\text{קצב} = 0.0004 \times 1.43^2 = 8.18 \times 10^{-4}$$

ז. האם בזמן 1000 שניות המערכת מצויה בשיווי משקל? נמק.

בזמן של 1000 שניות מהירות התגובה הישירה שווה למהירות התגובה ההפוכה ומכאן שהמערכת בשיווי משקל. (כזכור, שיווי משקל כימי הוא שיווי משקל דינמי, כלומר התגובות ממשיכות להתרחש אבל בקצב זהה.)

בסדרת ניסויים נוספת שבה בוצעה התגובה בטמפרטורה גבוהה יותר נמצא שקצב התגובה הישירה עלה פי 2 וקצב התגובה ההפוכה עלה פי 3.

ח. רשום ביטוי לקבוע שיווי משקל.

$$K_C = [C]^2/[A][B] \text{ : הריכוזים בשיווי משקל}$$

בסדרת ניסויים נוספת שבה בוצעה התגובה בטמפרטורה גבוהה יותר נמצא שקצב התגובה הישירה עלה פי 2 וקצב התגובה ההפוכה עלה פי 3.

ט. i. האם זמן ההגעה לשיווי משקל עלה, ירד או לא השתנה? הסבר.

העלאת הטמפרטורה מזרזת את התגובות ולכן זמן ההגעה לשיווי משקל ירד.

ii. האם התגובה הישירה אקזותרמית או אנדותרמית? נמק.

העלאת הטמפרטורה השפיעה יותר על התגובה ההפוכה, ולכן התגובה ההפוכה אנדותרמית והישירה אקזותרמית. לתגובה האנדותרמית אנרגיית שפעול גבוהה יותר, וככל שאנרגיית השפעול גבוהה יותר, התגובה רגישה יותר להשפעת הטמפרטורה.

iii. האם בתגובה הישירה האנתרופיה של הסביבה עלתה, ירדה או לא השתנתה? הסבר.

התגובה הישירה אקזותרמית, כלומר אנרגיה פנימית מן הערכת נפלטת לסביבה כחום, ולכן האי-סדר בסביבה עולה, כלומר האנתרופיה של הסביבה עולה. מתמטית אפשר לראות זאת מן הנוסחה:

$$\Delta S^\circ_{\text{סביבה}} = -\Delta H^\circ_{\text{מערכת}}/T$$

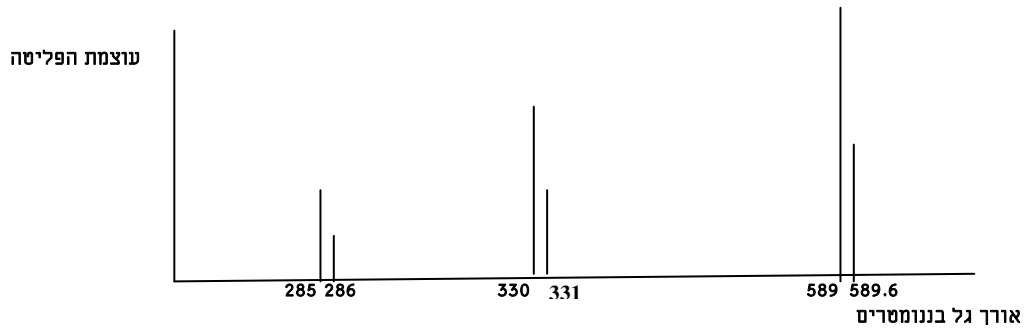
בתגובה אקזותרמית הסימן של $\Delta H^\circ_{\text{מערכת}}$ הוא שלילי, הסימן של $\Delta S^\circ_{\text{סביבה}}$ חיובי.

כימיה פיזיקלית – מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

ענה על אחת מן השאלות 3 או 4

שאלה מספר 3

כאשר נשפך מרק על אש הכיריים הלהבה מאירה באור צהוב חזק, הנובע מנוכחותם של יוני נתרן במרק. להלן חלק מהקווים בספקטרום הפליטה של נתרן.



א. אלו מקווי הפליטה מעניק ללהבה את צבעה הצהוב?

על פי גלגל הצבעים, שני קווי הפליטה באורכי הגל של 589 ו-589.6 ננומטר הם בתחומי האור הצהוב.

ב. מהי האנרגיה של הפוטון הנפלט של קו הפליטה שבחרתם? (אם בחרתם ביותר מקו פליטה אחד, חשבו את האנרגיה של הקו בעל העוצמה הגדולה ביותר.)

$$E=hc/\lambda=6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 / 589 \times 10^{-9} = 3.377 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ב. רשמו את ההיערכות האלקטרונית של יון הנתרן. מהו האורביטל האחרון המאוכלס של יון זה ומהו האורביטל הראשון שאיננו מאוכלס של יון זה?

ההיערכות האלקטרונית של נתרן: ${}_{11}\text{Na}^+: 1S^2 2S^2 2P^6$

האורביטל האחרון המאוכלס הוא 2P האורביטל הראשון הלא מאוכלס הוא 3S.

ד. האם בספקטרום הבליעה של יוני נתרן יהיו יותר קווים, פחות קווים או אותו מספר של קווים כמו בספקטרום הפליטה של יונים אלה? נמקו

בספקטרום הבליעה יש פחות קווים מאשר בספקטרום הפליטה. בספקטרום הפליטה ייתכנו קווים של מעברים בין רמות ביניים ואילו בספקטרום הבליעה יש קווים של מעבר ממצב היסוד לרמות גבוהות יותר בלבד.

יוני אשלגן המחוממים לטמפרטורה גבוהה פולטים אור באורך גל של 689 ננומטר בקירוב.

ה. האם המרווח האנרגטי בין האורביטל האחרון המאוכלס של יון האשלגן לבין האורביטל הראשון שאיננו מאוכלס ביון האשלגן קטן, גדול או שווה למרווח הזה ביון הנתרן? נמקו ללא חישוב.

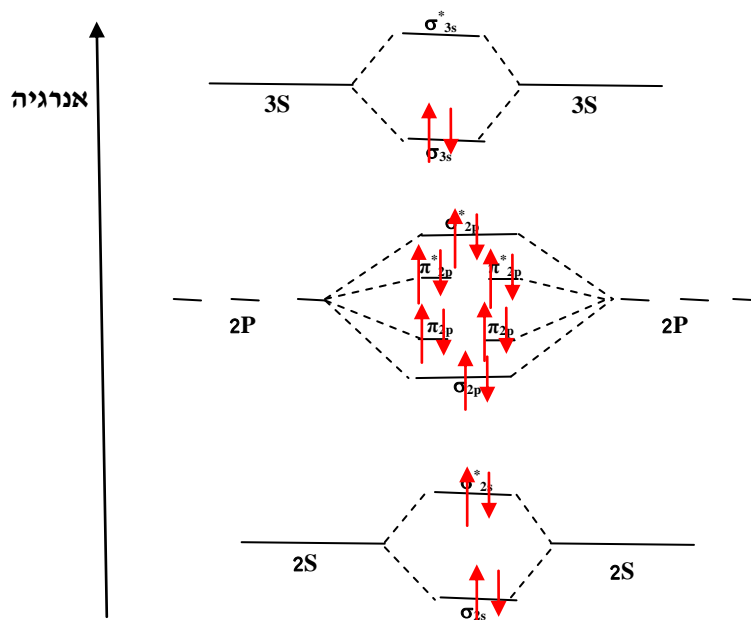
כל הקווים בספקטרום הפליטה של יוני נתרן הם בעלי אורך גל נמוך יותר, כלומר בעלי אנרגיה גבוהה יותר, מזה של יוני אשלגן. מכאן שגם המרווח בין האורביטל האחרון המאוכלס של הנתרן לבין האורביטל הראשון שאינו מאוכלס של הנתרן גדול יותר ממרווח זה אצל יוני האשלגן.

בהמשך מצויירת דיאגרמת רמות האנרגיה עבור Na_2 .

ו. מהו סדר הקשר עבור מולקולה זו. פרטו תשובתכם.

ראשית נאכלס את רמות האנרגיה של המולקולה Na_2 . למולקולה זו 22 אלקטרונים. ארבעה מהם

מאכלסים את הרמות σ_{1s} ו- σ_{1s}^* . נותרו 18 אלקטרונים לאכלוס.



דיאגרמת רמות אנרגיה עבור Na_2

סדר הקשר הוא מתצית ההפרש בין מספר האורביטלים באורביטלים קושרים לבין מספר

האלקטרונים באורביטלים לא קושרים. ובמקרה הזה הוא 1.

ז. האם המולקולה Na_2 היא מולקולה יציבה? נמקו.

כאשר סדר הקשר גדול מאפס המולקולה יציבה. לפי תוצאות הסעיף הקודם Na_2 הוא מולקולה

יציבה. ואכן כאשר מנדפים נתרן מוצק אפשר למצוא מולקולה כזו בפאה הגזית.

ח. התייחס לגביש נתרן, $\text{Na}(s)$, בעל N אטומים.

i. הסבר כיצד נוצר פס אנרגיה.

כל צמד אטומים משתף את שני האורביטלים האטומיים שלו ליצירת שני אורביטלים

"מולקולריים" כל צמד משתף את שני האורביטלים המולקולריים שלו ליצירת ארבע אורביטלים

"מולקולריים" וכן הלאה, עד כי בסופו של דבר כל האטומים משתפים את האורביטלים האטומיים

שלהם בהדרגה ליצירת פס אנרגיה המכיל אורביטלים צפופים כמספר האטומים בגביש

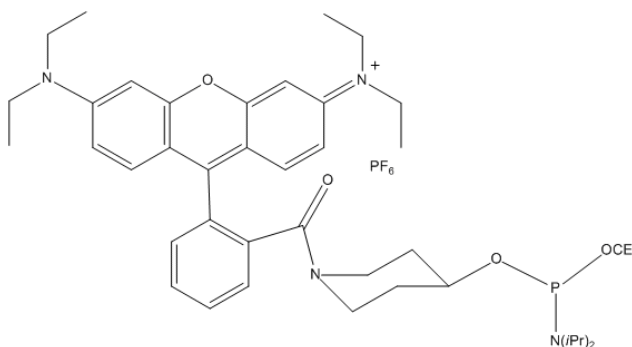
ii. כמה אורביטלים מולקולריים מכיל פס האנרגיה? הסבר

על פי ההסבר בסעיף הקודם, פס האנרגיה מכיל N אורביטלים.

שאלה מספר 4

חומרים פלואורסצנטיים מורכבים ממולקולות הבולעות אור באנרגיה גבוהה ופולטות אור באנרגיה נמוכה יותר. כשמאירים חומר פלואורסצנטי באור באנרגיית הבליעה שלו הוא זוהר באור באנרגיית הפליטה. חומרים כאלה תופסים מקום חשוב מאוד בתחום הביולוגיה המולקולרית מפני שהם מאפשרים לסמן תרכובות בתוך התא ולעקוב באמצעותם אחרי תהליכים כימיים בתאים ובגוף החי.

לפניך נוסחת חומר פלואורסצנטי המשמש לחקר הדנ"א (DNA) בשם Cal FluorA :



1. הסבר ברמה המיקרוסקופית מדוע לדעתך החומר בולע אור בתחום הנראה?

לחומר מערכת של 11 קשרים כפולים מצומדים. צימוד זה גורם לחיבור 11 אורביטלי π של הקשרים הכפולים וליצירת 11 אורביטלים קושרים חדשים מאוכלסים, ולחיבור 11 אורביטלי π^* וליצירת 11 אורביטלים אנטי-קושרים בלתי מאוכלסים. ההפרש האנרגטי בין הרמה המאוכלסת הגבוהה ביותר, HOMO, לבין הרמה הבלתי מאוכלסת הנמוכה ביותר, LUMO, הולך וקטן ככל שיש יותר קשרים כפולים מצומדים. חומר בולע פוטון שהאנרגיה שלו שווה להפרש האנרגיה בין ה-HOMO ל-LUMO של המולקולה. ככל שהפרש זה קטן יותר, אנרגיית הפוטון קטנה יותר. קשר כפול יחיד בולע אור בתחום ה-UV. מערכת מצומדת בולעת באורכי גל ארוכים יותר, כולל באור הנראה, כמו בחומר שלפנינו. לפניך גרף המתאר שני קווי ספקטרום, A ו-B, אחד מהם מתאר את ספקטרום הבליעה של החומר Cal FluorA, ואחד מהם מתאר את ספקטרום הפליטה הפלואורסצנטית שלו.

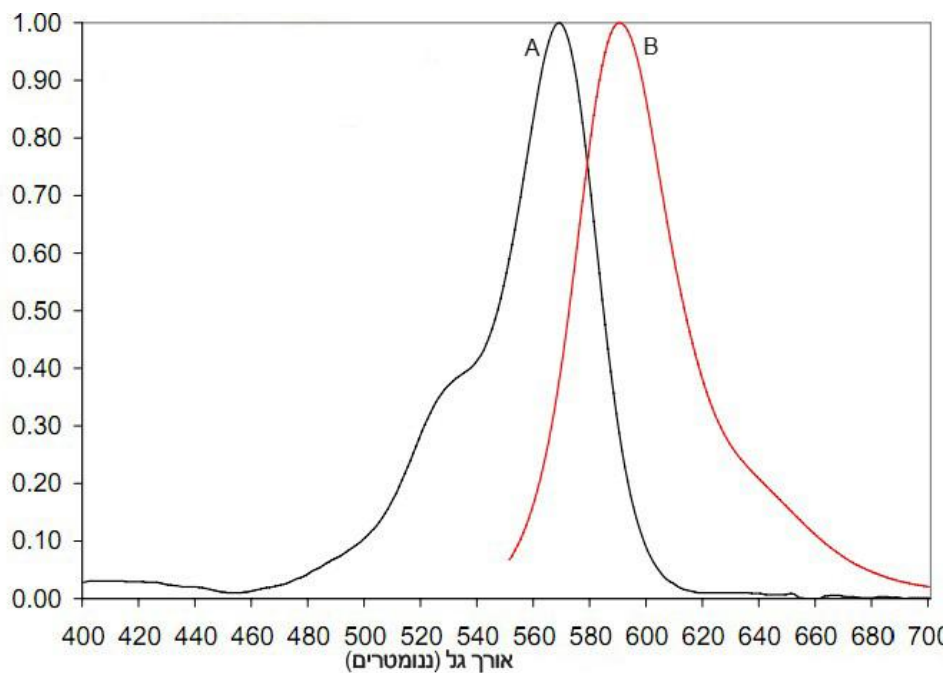
2. i. קבע על סמך המידע שקיבלת בשאלה, וללא חישוב, איזה קו, A או B, מתאר את הבליעה ואיזה קו מתאר את הפליטה? נמק.

בשאלה נתון שהחומר בולע אור באנרגיה גבוהה מזאת שהוא פולט, כלומר באורך גל קצר יותר. כלומר ספקטרום הבליעה הוא A והפליטה B.

ii. על פי הספקטרום מהו צבע האור שהחומר מחזיר ומהו צבע האור שהחומר פולט?

שיא הבליעה A ב-560nm בתחום הירוק, ולכן החומר יחזיר אור בתחום האדום.

שיא הפליטה ב-600nm שהוא כתום.



3. חשב את אנרגיית הפוטון הנפלט. פרט את חישוביך.

שיא הפליטה ב-600 ננומטר בערך, שהם 6×10^{-7} מטר ולכן:

$$\nu = c/\lambda = 3 \times 10^8 / 6 \times 10^{-7} = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h\nu = 6.63 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{14} = 3.315 \times 10^{-19} \text{ J}$$

4. i. החברה המייצרת את Cal FluorA מייצר חומר אחר, הקרוי Cal FluorB, הבולע אור באורך

גל של 630 ננומטר. מה עשוי להיות ההבדל במבנה שני החומרים? נמק.

Cal FluorB בולע באורך גל ארוך יותר, כלומר באנרגיה נמוכה יותר מ-Cal FluorA כלומר, סביר להניח שיש בו מערכת קשרים כפולים מצומדים ארוכה יותר.

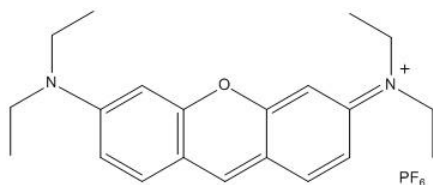
ii. מעבדות לפיתוח סרטי צילום מוארות באור אדום. בקבוק המכיל תמיסה של Cal FluorB

עומד במעבדה כזאת.

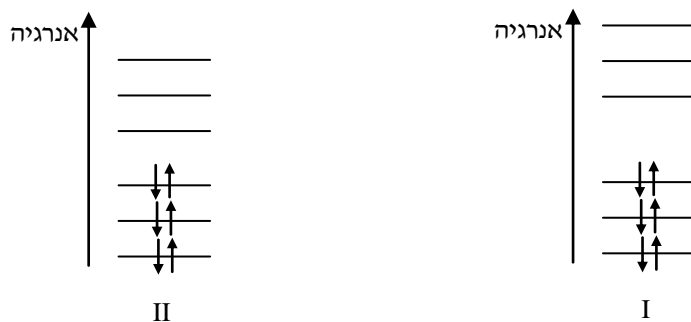
האם הצלם העובד במעבדה יראה את התמיסה כשהיא מוארת באור אדום? נמק.

630 ננומטר הוא אור אדום, כלומר החומר בולע באור אדום ולכן ייראה שחור במעבדה – כלומר לא יראו אותו.

במהלך ייצור Cal FluorA חלה תקלה ונוצר החומר הזה:



לפניך שתי דיאגרמות אנרגיה של אורביטלים מולקולריים, אחת מתאימה ל-Cal FluorA, ואחת מתאימה לחומר שהתקבל בטעות:



5. התאם כל אחת מן הדיאגרמות לחומר המתאים. הסבר את החלטתך.

החומר שנוצר מכיל מערכת קשרים כפולים מצומדים קצרה יותר, רק 7 קשרים לעומת 11 בחומר Cal FluorA – ולכן ההפרש בין ה-HOMO ל-LUMO יהיה גדול יותר, כלומר גרף I לחומר שנוצר בטעות, וגרף II ל-Cal FluorA.