

שימו לב: בבחינה זו יש הנחיות מיוחדות.
יש לענות על השאלות על פי הנחיות אלה.

כימיה

הוראות

א. משך הבחינה: שעהיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים, ובהם שש שאלות.

יש לענות על שלוש שאלות לבחירתכם – $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון (כולל מחשבון גרפי).

(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. הוראות מיוחדות: אין.

יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

בשאלון זה שלושה פרקים. יש לבחור בשלוש שאלות ולענות עליהן.
בכל שאלה שנבחרה, יש לענות לפי ההנחיות. לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות.

פרק ראשון — שיווי משקל כימי ואנטרופיה

שימו לב: הקפידו על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של יחידות.

1. יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ועל אחד מן הסעיפים ד או ה.

לאמוניה יש חשיבות אדירה בחקלאות העולמית בייצור חומרי דישון התורמים לקיום כשליש מאוכלוסיית העולם.
בתחילת המאה ה-20 פותח התהליך הבר-בוש לייצור אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, מחנקן שבאוויר, $\text{N}_2(\text{g})$, ומימן, $\text{H}_2(\text{g})$.
בתהליך זה אמוניה מתקבלת על פי תגובה (1):



החוקרים ערכו ניסוי: לכלי A שנפחו 1 ליטר הם הכניסו 0.55 מול $\text{N}_2(\text{g})$ ו-1.25 מול $\text{H}_2(\text{g})$.
התרחשה תגובה (1). כללי A הוחזק בטמפרטורה קבועה של 500 K.

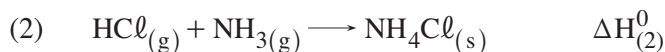
לאחר זמן מה המערכת הגיעה למצב שיווי משקל. במצב זה היו בכלי 0.7 מול $\text{NH}_3(\text{g})$.

א. i רשמו ביטוי לקבוע שיווי משקל של תגובה (1), וחסבו את ערכו בטמפרטורה 500 K. פרטו את החישובים.

ii קבעו אם במהלך תגובה (1), עד להשגת מצב שיווי משקל, הלחץ בכלי עלה, ירד או לא השתנה. נמקנו.

ב. למערכת בכלי A הנמצאת במצב שיווי משקל הוסיפו החוקרים מעט מימן כלורי, $\text{HCl}(\text{g})$.

התרחשה תגובה (2):



התייחסו לתגובה (1) וענו על תת-הסעיפים i-iii.

i קבעו אם הוספת $\text{HCl}(\text{g})$ לכלי גורמת להפרה של מצב שיווי משקל.

ii קבעו אם בעקבות הוספת $\text{HCl}(\text{g})$ לכלי, הריכוז של $\text{H}_2(\text{g})$ עלה, ירד או לא השתנה. נמקנו.

iii קבעו אם בעקבות הוספת $\text{HCl}(\text{g})$ לכלי, הקצב של התגובה ההפוכה לתגובה (1) עלה, ירד או לא השתנה.

נמקנו.

בטבלה שלהלן מוצגים ערכים של אנטרופיה תקנית של החומרים המשתתפים בתגובה (1):

החומר	$H_{2(g)}$	$N_{2(g)}$	$NH_{3(g)}$
האנטרופיה התקנית, S^0 $\left(\frac{J}{K \cdot mol}\right)$	130.6	191.4	192.5

- ג. i היעזרו בנתונים שבטבלה וחשבו את שינוי האנטרופיה התקנית של המערכת, מערכת ΔS^0 , עבור תגובה (1) בטמפרטורה 298 K. פרטו את החישובים.
- ii היעזרו בנתוני השאלה וחשבו את שינוי האנטרופיה התקנית של הסביבה, סביבה ΔS^0 , עבור תגובה (1) בטמפרטורה 298 K. פרטו את החישובים.

סעיף ד הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ה.

ד. קבעו אם תגובה (1) היא ספונטנית בטמפרטורת החדר, 298 K. נמקו.

סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ד.

ה. אמוניה במצב נוזל מתקבלת על פי תגובה (3):

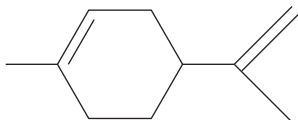


היעזרו בנתוני השאלה וקבעו איזה משני ערכים: -46 kJ או -138 kJ מתאים להיות הערך של $\Delta H_{(3)}^0$. נמקו.

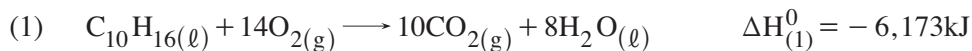
יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ד, ועל אחד מן הסעיפים הא ו.

2.

מאפיין ייחודי למחלת קוביד 19 הוא אובדן חוש הריח. חולים רבים אינם מריחים אפילו ריח חזק, כמו ריח של תפוז. לימון (Limonene) היא תרכובת האחראית, בין השאר, לריח של תפוז. פרס נובל בכימיה לשנת 2021 הוענק למדענים שפיתחו תהליך ייצור של חומר שאפשר להשתמש בו כדי ליצור אחד מן האיזומרים של לימון. נתון ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת לימון:



א. לימון, $C_{10}H_{16}(\ell)$, נשרף בטמפרטורת החדר על פי תגובה (1):



חומר	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O(\ell)$
אנתלפיית התהוות תקנית, ΔH_f^0 ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$)		-394	-286

היעזרו בנתונים המוצגים בטבלה וחסבו את אנתלפיית ההתהוות התקנית, ΔH_f^0 , של $C_{10}H_{16}(\ell)$. פרטו את החישובים.

ב. במהלך האידיוי של לימון מתרחשת תגובה (2):



נתונים שני ערכים של שינוי האנתלפייה:

I. 49 kJ II. -49 kJ

- i איזה מן הערכים הנתונים מתאים לשינוי האנתלפייה $\Delta H_{(2)}^0$? הסבירו. התייחסו לכוחות בין-מולקולריים.
 ii חשבו את שינוי האנטרופיה של הסביבה עבור תגובה (2) בטמפרטורת החדר (298K). פרטו את החישובים.

ג. חשבו את אנתלפיית ההתהוות התקנית, ΔH_f^0 , של $C_{10}H_{16(g)}$. פרטו את החישובים.

ד. לימון במצב גז, $C_{10}H_{16}(g)$, נשרף על פי תגובה (3):



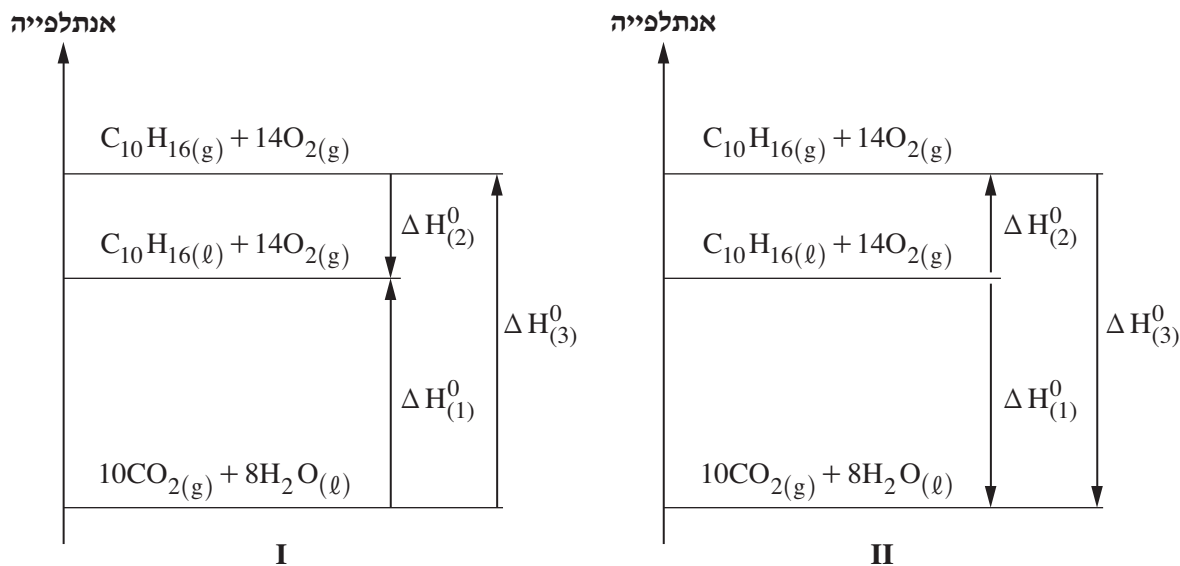
i חשבו את שינוי האנטלפייה בתגובה (3), $\Delta H_{(3)}^0$. נמקו.

ii קבעו באיזו תגובה, (1) או (3), יש שינוי גדול יותר באנטרופיה של הסביבה. נמקו ללא חישובים.

סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.

ה. איזה מן הגרפים, I או II, מתאר נכון את שינויי האנטלפייה בשלוש התגובות – (1), (2) ו- (3)?

נמקו את הבחירה.



סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ה.

ו. תגובה (3) היא ספונטנית בטמפרטורת החדר.

קבעו אם העלייה באנטרופיה של הסביבה גדולה מן הירידה באנטרופיית המערכת או קטנה ממנה. נמקו.

פרק שני – פולימרים

יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ד, ה, ועל אחד מן הסעיפים ו או ז.

3.

השאלה עוסקת בפולימרים אחדים המשמשים לייצור סיבים.

א. מבין המאפיינים (1)–(7), בחרו בארבעה מאפיינים של פולימרים המשמשים לייצור סיבים.

(1) כוחות בין-מולקולריים חזקים.

(2) טמפרטורה זגוגית, T_g , נמוכה מטמפרטורת החדר.

(3) שרשרות ישרות ללא קבוצות צדדיות גדולות.

(4) מבנה אמורפי.

(5) נוכחות קטעים קשיחים בעמוד השדרה בשרשרות הפולימר.

(6) אחוז גבישיות נמוך.

(7) קבוצות צדדיות קטנות קוטביות.

בטבלה מוצג מידע על ארבעה פולימרים המשמשים לייצור סיבים.

הפולימר	ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של היחידה החוזרת	טמפרטורת ההיתוך, T_m ($^{\circ}\text{C}$)	שימושים אחדים של סיבים שהוכנו מן הפולימר
ניילון 6,10	$\begin{array}{c} \text{O} & & \text{O} \\ & & \\ -\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{N}-\text{C}- & (\text{CH}_2)_8 & -\text{C}- \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	219	ייצור סיבי מברשות
ניילון 6	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{C}- \\ \\ \text{H} \end{array}$	235	ייצור מיתרים לכלי נגינה
אקרילן	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-$	320	ייצור בדים דמויי צמר
קיאנה	$\begin{array}{c} \text{O} & & \text{O} \\ & & \\ -\text{N}-\text{C}- & (\text{CH}_2)_6 & -\text{C}- \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	275	ייצור בדים דמויי משי

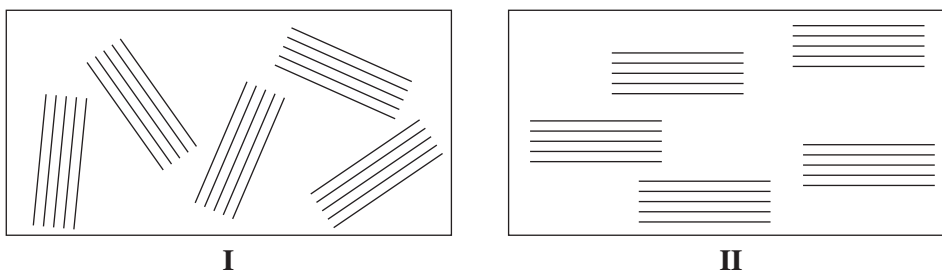
ב. ציינו שני מאפיינים עבור כל אחד מן הפולימרים – ניילון 6 וקיאנה – מתוך ארבעת המאפיינים שבחרתם בסעיף א.

- ג. i קבעו באיזו שיטה – דחיסה אן סיפוח – הוכן כל אחד מן הפולימרים המוצגים בטבלה.
ii רשמו נוסחאות מבנה של המונומרים עבור כל אחד מן הפולימרים: ניילון 10,6 ואקרילן.

- ד. טמפרטורת היתוך, T_m , היא טמפרטורה שבה פולימר הופך ממוצק לנוזל.
קבעו עבור כל אחד מן ההיגדים a, b ו- c, אם הוא נכון או לא נכון.
a. בטמפרטורה T_m חלים שינויים באזורים הגבישיים של הפולימר.
b. בטמפרטורה T_m אורך שרשרות הפולימר גדל.
c. בטמפרטורה T_m כוחות המשיכה בין השרשרות נחלשים ותנועת השרשרות מתגברת.
ה. i הסבירו מדוע ערך ה- T_m של ניילון 6 גבוה מערך ה- T_m של ניילון 10,6.
ii הסבירו מדוע ערך ה- T_m של קיאנה גבוה מערך ה- T_m של ניילון 10,6.

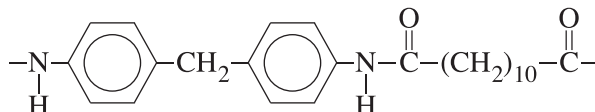
סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ז.

- ו. בתהליך ייצור הסיבים אקרילן עובר מתיחה.
איזה מן האיורים הסכמטיים II-I מציג נכון את ההקנה של האזורים הגבישיים בפולימר לאחר המתיחה? נמקו.



סעיף ז הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.

- ז. נתון ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של סוג נוסף של פולימר קיאנה:



- טמפרטורת ההיתוך של קיאנה מן הסוג הנוסף נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של קיאנה מן הסוג הראשון.
הסבירו את ההבדל בין טמפרטורות ההיתוך של שני הסוגים של קיאנה.

4. יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ד, ועל אחד מן הסעיפים ה או ו.

בטבלה מוצג מידע על ארבעה פולימרים וכן מובאות נוסחאות מבנה של המונומרים שלהם.

שם הפולימר המתקבל מן המונומר / המונומרים הנתונים	נוסחה / נוסחאות מבנה של המונומר / המונומרים של הפולימר	טמפרטורה זגוגית, T_g של הפולימר ($^{\circ}\text{C}$)	שימושים אחדים של הפולימר
פוליפרופילן (PP)	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{CH}_3 \end{array}$	-18	בגדי הגנה ומסכות ברפואה, כולל הגנה מפני נגיף הקורונה
פוליוויניל פלואוריד (PVF)	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{F} \end{array}$	40	– מעילי גשם – לוחות סולריים
טפלון	$\begin{array}{c} \text{F} & & \text{F} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{F} & & \text{F} \end{array}$	125	מכלים לשמירת חיסונים נגד נגיף הקורונה בטמפרטורה נמוכה
ניילון 6,4	$\begin{array}{c} \text{O} & & \text{O} \\ & & \\ \text{HO}-\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}-\text{OH} \\ + \\ \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{N} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	80	רכיבים חשמליים עמידים בחום

א. i קבעו באיזו שיטת פלמור – דחיסה או סיפוח – הוכן כל אחד מארבעת הפולימרים.

ii רשמו את נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של כל אחד מארבעת הפולימרים.

ב. בטמפרטורה הזגוגית, T_g , פולימר זגוגי נעשה רך וגמיש.

תארו ברמת החלקיקים מהו ההבדל בין שרשרות הפולימר בטמפרטורה מתחת ל- T_g ובין השרשרות בטמפרטורה מעל T_g (עד T_m).

ג. i הסבירו מדוע ערך ה- T_g של PVF גבוה מערך ה- T_g של PP.

ii הסבירו מדוע ערך ה- T_g של טפלון גבוה מערך ה- T_g של PVF.

iii הסבירו מדוע ערך ה- T_g של ניילון 6,4 הוא גבוה יחסית.

ד. אחד השימושים בפוליפרופילן (PP) ברפואה הוא ייצור בגדי הגנה ומסכות, כולל הגנה מפני נגיף הקורונה. מקופולימר של פוליפרופילן (PP) ופוליאתילן (PE) מייצרים גם סרבליים לרופאים. רשמו קטע מייצג של קופולימר אקראי של PP ו-PE.

חוקרים ביצעו פלמור בשני כלים, A ו- B, כדי לקבל ניילון 6,4. לכל אחד משני הכלים הכניסו החוקרים אותה כמות של מונומרים. לכלי B הם הכניסו גם מעט חומר נוסף, CH_3-NH_2 , שהגיב בכלי.

סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.

ה. שרשרות הפולימר שהתקבל בכלי B קצרות משרשרות הפולימר שהתקבל בכלי A. הסבירו עובדה זו.

סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ה.

ו. קבעו אם היחידה החוזרת של הפולימר שהתקבל בכלי B זהה ליחידה החוזרת של הפולימר שהתקבל בכלי A או שונה ממנה. נמקו.

פרק שלישי — כימיה פיזיקלית: מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

שימו לב: הקפידו על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של יחידות.

5. יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ד, ה, ועל אחד מן הסעיפים ו או ז.

יוני מגנזיום, Mg^{2+} , חיוניים לפעילות התקינה של מערכות שונות בגוף. חוסר במגנזיום גורם לבעיות בריאות שונות, ולכן מומלץ להשלים את החוסר בתוסף תזונה המכיל מגנזיום.

א. מרבית תוספי התזונה המכילים מגנזיום משווקים כמגנזיום ציטרט, $Mg_3(C_6H_5O_7)_2(s)$. בהמסה של מגנזיום ציטרט במים מתקבלת תמיסה חסרת צבע. מקרינים את התמיסה באור סגול. קבעו אם התמיסה בולעת את האור הסגול. נמקו.

ב. אטום מגנזיום בולע קרינה אלקטרומגנטית בתדירויות רבות. לפניכם שלושה ערכים, I–III, מן התדירויות:

$$\text{I. } 3.11 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \text{II. } 5.25 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \text{III. } 1.08 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

אחת מן התדירויות הנתונות היא בתחום האור הנראה, אחת בתחום האינפרא-אדום, IR, ואחת בתחום האולטרה-סגול, UV.

- איזו משלוש התדירויות היא בתחום IR? נמקו.
- מהו צבע האור הנבלע בתחום האור הנראה? פרטו את החישובים.
- חשבו את אנרגיית הפוטון של הקרינה הנבלעת בתחום UV. פרטו את החישובים.

ג. היערכות האלקטרונים באטום מימן, H, היא $1s^1$. קשמו את היערכות האלקטרונים באטום מגנזיום, Mg.

ד. דיאגרמת אכלוס האלקטרונים עבור אטום מימן במצב אלקטרוני יסודי:



ציירו את דיאגרמת אכלוס האלקטרונים עבור יון מגנזיום שמטענו $1+$, Mg^+ , במצב אלקטרוני יסודי. הציגו את אכלוס האלקטרונים באורביטלים המתאימים.

סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.

- ה. i מגנזיום ובריליום, Be, נמצאים באותו טור בטבלה המחזורית. ציינו נקודת דמיון אחת והבדל אחד בין אכלוס האלקטרונים באטום מגנזיום ובין אכלוס האלקטרונים באטום בריליום.
- ii ציירו את דיאגרמת רמות האנרגיה עבור מולקולת Be_2 . הציגו את אכלוס האלקטרונים באורביטלים המתאימים. ציינו את רמת HOMO ורמת LUMO על הדיאגרמה.

סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ה.

- ו. i ציירו את דיאגרמת רמות האנרגיה עבור יון Be_2^{2+} .
- ii קבעו איזה חלקיק יציב יותר, יון Be_2^+ או יון Be_2^{2+} . נמקו.

יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ועל אחד מן הסעיפים ד או ה.

6.

שאלה זו עוסקת בצבעים.

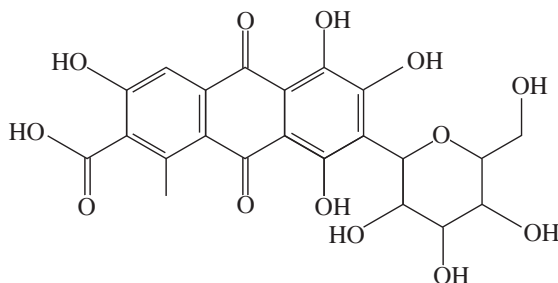
א. חומצה כרמינית מופקת מחרקים. מוסיפים אותה לבדים כדי לקבל בדים צבועים בצבע אדום.

כורכומין הוא חומר הנמצא בתבלין המופק משורש הכורכום. מוסיפים אותו למאכלים כדי להקנות להם צבע צהוב.

i קבעו אם מולקולות חומצה כרמינית בולעות פוטונים של קרינה אלקטרומגנטית שאנרגיית הפוטון שלה היא

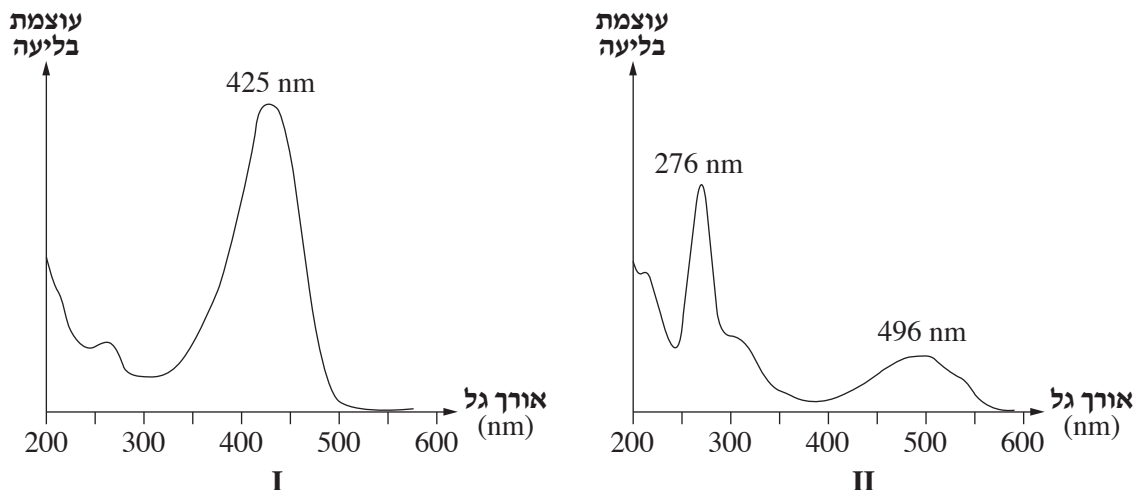
$$2.75 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

ii נתון ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של חומצה כרמינית:



אילו המבנה של מולקולת כורכומין היה דומה למבנה של מולקולת חומצה כרמינית – האם היה צפוי שהכרומופור במולקולת כורכומין יהיה גדול יותר מן הכרומופור במולקולת חומצה כרמינית או קטן ממנו? נמקו.

ב. נתונים שני ספקטרומי בליעה, I ו- II, המתארים בליעה של שני חומרים: חומצה כרמינית וכורכומין.



i איזה משני ספקטרומי הבליעה, I או II, הוא הספקטרום של כורכומין? נמקו.

ii חשבו את אנרגיית הפוטון של הקרינה הנבלעת בבליעה המרבית, בתחום האור הנראה, בספקטרום I.

פרטו את החישובים.

iii חשבו את תדירות הקרינה הנבלעת בבליעה המרבית, בתחום אולטרה-סגול (UV), בספקטרום II.

פרטו את החישובים.

ג. i נתונות שתי קביעות a ו-b. איזו מהן היא הקביעה הנכונה?

ככל שיש יותר קשרים כפולים מצומדים במולקולה –

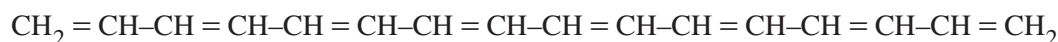
a כך אנרגיית הפוטון של הקרינה הנבלעת בבליעה המרבית גדולה יותר.

b כך תדירות הקרינה הנבלעת בבליעה המרבית נמוכה יותר.

ii הבליעה המרבית בספקטרום הבליעה של המולקולה $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$

היא באורך גל 268 nm.

נתון ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של מולקולה נוספת:



נתון: כל קשר כפול נוסף בכרומופור שבמולקולה מגדיל את אורך הגל של הבליעה ב- 30 nm בממוצע.

קבעו מהו צבע האור ש**בולעת** המולקולה הנוספת בבליעה המרבית. נמקו.

סעיף ד הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ה.

ד. באטום מימן, H, יש שתי רמות אנרגייה, שהפער ביניהן הוא 2.55 eV.

קבעו איזה משני ההיגדים, I או II, הוא ההיגד הנכון. פרטו את החישובים.

I אטום מימן בולע את פוטון האור הכחול.

II אטום מימן מפזר את פוטון האור הכחול.

סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ד.

ה. הפער בין אורביטל HOMO לאורביטל LUMO במולקולת החומר שמוסיפים לצבעי שיער,

הוא 2.57 eV.

קבעו איזה משני ההיגדים, I או II, הוא ההיגד הנכון. פרטו את החישובים.

I מולקולות החומר, הנמצא בצבעי שיער, בולעות אור כחול.

II מולקולות החומר, הנמצא בצבעי שיער, מפזרות אור כחול.

בהצלחה!