

סוג הבחינה: מבחן מתכונת

מבחן: מתכונת 1

מספר השאלון: 037282

שם התלמיד/ה: _____

כימיה

שיווי משקל, פולימרים וכימיה פיזיקלית

הוראות

מבנה המתכונת: שש שאלות, שתיים מכל פרק (שיווי משקל ואנטרופיה; פולימרים; כימיה פיזיקלית). יש לענות על 3 שאלות כלשהן, $\frac{1}{3}$ נקודות לכל שאלה. משך: שתיים.

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

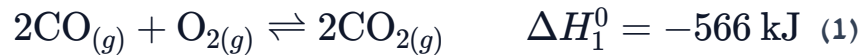
בהצלחה!

השאלות

פרק ראשון – שיווי משקל כימי ואנטרופיה

1. (333 נקודות)

פחמן חד-חמצני, $\text{CO}_{(g)}$, הוא גז רעיל הנוצר בשרפה לא מלאה של דלקים. אחת הדרכים להרחיקו היא לחמצן אותו לפחמן דו-חמצני על פי תגובה (1):



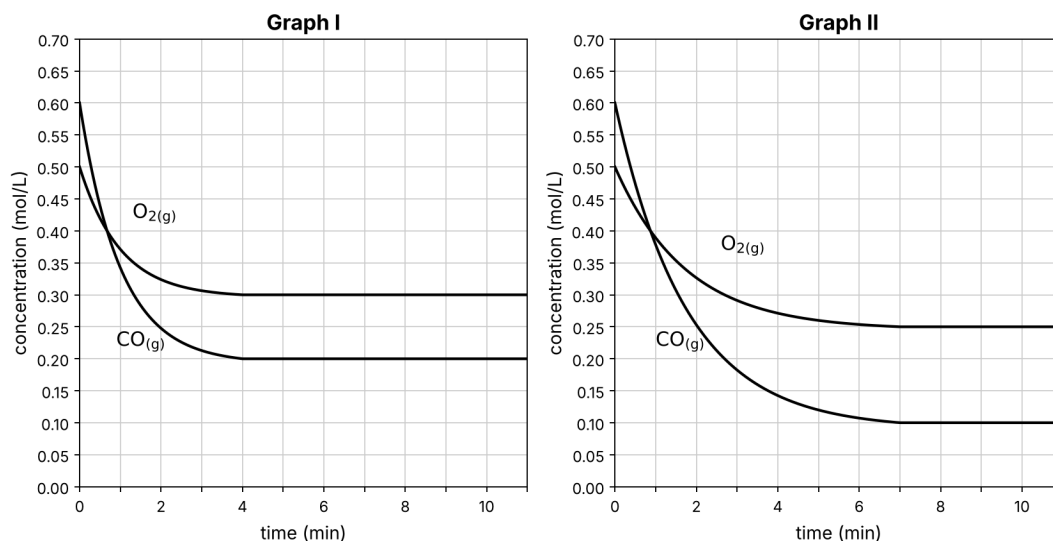
במעבדה ביצעו את תגובה (1) בשני כלים סגורים, A ו-B, בטמפרטורות גבוהות. נפחו של כל כלי היה 2 ליטר.

לכל אחד מן הכלים הריקים הכניסו 1.2 מול של פחמן חד-חמצני, $\text{CO}_{(g)}$, ו-1.0 מול של חמצן, $\text{O}_{2(g)}$.

כל אחד מן הכלים הוחזק בטמפרטורה קבועה.

הטמפרטורה בכלי A הייתה נמוכה מן הטמפרטורה בכלי B.

הגרפים I ו-II שלפניך מתארים את ההשתנות של ריכוזי המגיבים עם הזמן בכלים A ו-B.



א. (i) קבע אם הלחץ בכל אחד מן הכלים עלה, ירד או לא השתנה מתחילת התגובה עד השגת מצב של שיווי-משקל. נמק כל קביעה.

(ii) קבע אם במהלך תגובה (1) האנטרופיה של המערכת עלתה או ירדה. הסבר ברמה מיקרוסקופית.

(iii) קבע אם במהלך תגובה (1) האנטרופיה של הסביבה עלתה או ירדה. נמק.

ב. עבור המערכת המתוארת בגרף I:

(i) חשב את הריכוז של פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_{2(g)}$, במצב שיווי-משקל. פרט את חישוביך.

(ii) רשום את הביטוי של קבוע שיווי המשקל עבור תגובה (1), וחשב את ערכו. פרט את חישוביך.

ג. קבוע שיווי המשקל של המערכת הנמצאת בכלי A גדול מקבוע שיווי המשקל של המערכת הנמצאת בכלי B.

קבע איזה גרף, I או II, מתאים למערכת הנמצאת בכלי A. נמק.

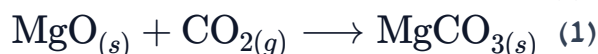
ד. בדקה ה-12 הורידו את הטמפרטורה בכלי B. לאחר זמן מה הגיעה המערכת למצב שיווי-משקל חדש.

קבע אם במצב שיווי המשקל החדש הריכוז של $\text{CO}_2(g)$ בכלי B היה גבוה מן הריכוז של $\text{CO}_2(g)$ בשיווי המשקל הקודם, נמוך ממנו או שווה לו. נמק.

2. (1/33 נקודות)

ענה על הסעיפים א, ג, ה, ו, ועל אחד מן הסעיפים ב או ד.

אחת הדרכים שנחקרות להקטנת הריכוז של פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(g)$, באטמוספירה היא לקבע אותו במינרלים בצורת פחמות (קרבונטים) יציבות. למשל, מגנזיום חמצני, $\text{MgO}(s)$, מגיב עם $\text{CO}_2(g)$ על פי תגובה (1):



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית, S° , של המגיבים ושל התוצר בתגובה (1).

החומר	$\text{MgCO}_3(s)$	$\text{MgO}(s)$	$\text{CO}_2(g)$
$S^\circ \left(\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right)$ **	65.7	26.9	213.8

א. (i) חשב את השינוי באנטרופיה של המערכת, $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}}$, עבור תגובה (1). פרט את חישוביך.

(ii) תגובה (1) היא תגובה ספונטנית בתנאי תקן, בטמפרטורה 298 K.

קבע אם תגובה (1) היא אנדותרמית או אקסותרמית. נמק.

ב. סעיף ב הוא סעיף בחירה. אם תבחר לענות עליו, אל תענה על סעיף ד.

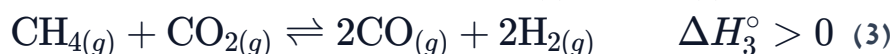
בתעשיית המלט מחממים אבן גיר, $\text{CaCO}_3(s)$, ומתקבל סיד חי, $\text{CaO}(s)$. בתהליך משתחררות כמויות גדולות של $\text{CO}_2(g)$:

(2)



קבע אם תגובה (2) היא תגובה ספונטנית בתנאי תקן, ב- 298 K. פרט את חישוביך, ונמק.

ג. דרך נוספת לנצל $\text{CO}_{2(g)}$ היא "רפורמינג יבש": תגובה עם מתאן, $\text{CH}_{4(g)}$, שבה מתקבלת תערובת של $\text{CO}_{(g)}$ ו- $\text{H}_{2(g)}$, חומר גלם לתעשייה הכימית. התגובה מתוארת בניסוח (3):



(i) רשום את הביטוי של קבוע שיווי המשקל, K_c , עבור תגובה (3).

(ii) בטמפרטורה מסוימת, הערך של קבוע שיווי המשקל עבור תגובה (3) הוא

$$K_c = 1.0 \cdot 10^{-3} \text{ M}^2$$

לכלי סגור, שנפחו 2 ליטר, הכניסו באותה טמפרטורה 0.40 מול $\text{CH}_{4(g)}$, 0.40 מול

$\text{CO}_{2(g)}$, 0.20 מול $\text{CO}_{(g)}$ ו- 0.20 מול $\text{H}_{2(g)}$.

קבע אם קצב התגובה הישירה, עד ההגעה למצב שיווי משקל, גדול מקצב התגובה

ההפוכה או קטן ממנו. נמק.

ד. סעיף ד הוא סעיף בחירה. אם תבחר לענות עליו, אל תענה על סעיף ב.

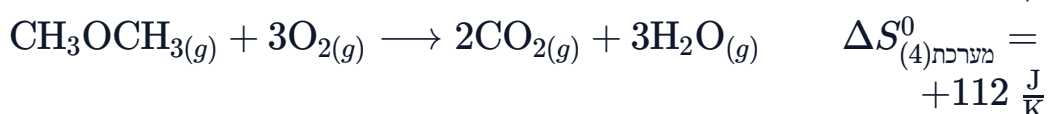
לפניך היגד הנוגע לתגובה (3), המתרחשת בכלי סגור בטמפרטורה קבועה. קבע עבור היגד זה

אם הוא נכון או לא נכון. נמק את קביעתך.

- במצב שיווי משקל, הלחץ הכולל בכלי קבוע.

ה. מ- $\text{CO}_{(g)}$ ו- $\text{H}_{2(g)}$ אפשר לייצר דימתיל אתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_{3(g)}$ - דלק שנחקר כתחליף לסולר. לפניך ניסוח תגובת השרפה של דימתיל אתר:

(4)



בטבלה שלפניך מוצגים נתונים תרמודינמיים עבור המגיבים והתוצרים בתגובה (4).

$\text{CH}_3\text{OCH}_{3(g)}$	$\text{O}_{2(g)}$	$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	נוסחת החומר
-184	-	-394	-242	$\Delta H_f^0 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$ **אנתלפיית התהוות תקנית, **

חשב את שינוי האנתלפייה בתגובה (4), $\Delta H_{(4)}^0$. פרט את חישוביך.

ו. (i) במהלך תגובה (4) יש עלייה באנטרופיה של הסביבה. הסבר מדוע.

(ii) קבע אם תגובה (4) היא ספונטנית בטמפרטורת החדר. נמק.

פרק שני - פולימרים

3. (333/3 נקודות)

פסולת פלסטיק המצטברת בקרקע ובשדות חקלאיים פוגעת בסביבה ובעלי החיים. לכן בחקלאות ובאריזות משתמשים יותר ויותר בפולימרים ביו-מתכלים, המתפרקים למונומרים שלהם בתגובת הידרוליזה (למשל במתקני קומפוסט). בטבלה שלפניך מוצג מידע על ארבעה פולימרים.

מספר הפולימר	שם הפולימר	נוסחת המבנה ליחידה חוזרת של הפולימר	טמפרטורה זגוגית T_g ($^{\circ}\text{C}$)	שימושים אחדים בפולימר
(1)	פוליסטירן (PS)	$-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5) -$	100	סכו"ם חד-פעמי; קופסאות לתקליטורים
(2)	פוליוויניל מתיל אתר (PVME)	$-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{OCH}_3) -$	-31	דבקים למדבקות
(3)	פולי-לקטיק אסיד (PLA)	$-\text{O} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{C}(=\text{O}) -$	60	כוסות חד-פעמיות; אריזות מזון
(4)	פוליאטילן סוקצינאט (PES)	$-\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C}(=\text{O}) -$	-11	יריעות חיפוי לשדות; שקיות

- א. (i) קבע אם הפולימרים הביו-מתכלים מתקבלים בשיטת דחיסה או בשיטת סיפוח.
(ii) אילו מבין פולימרים (1)-(4) הם פולימרים ביו-מתכלים? נמק.
(iii) רשום נוסחאות מבנה למונומרים של כל אחד מן הפולימרים שצינת בתת-סעיף א. ii.
- ב. כוסות העשויות מפולימר (3) מועברות לאחר השימוש למתקן קומפוסט. נמצא כי ההידרוליזה של הפולימר מתרחשת תחילה באזורים האמורפיים של הפולימר ורק לאחר מכן באזורים הגבישיים.
הסבר מדוע ההידרוליזה מתרחשת תחילה באזורים האמורפיים.
- ג. במעבדה לקחו דגימות של שני הפולימרים (1) ו-(2) בדרגות פלמור ממוצעות שוות.
קבע באיזו דגימה – של פולימר (1) או של פולימר (2) – המרחק הממוצע בין קצות השרשרות גדול יותר. נמק.
- ד. אחד השימושים בפולימר (1) הוא לייצור סכו"ם חד-פעמי.
האם תמליץ להשתמש בפולימר (2) במקום בפולימר (1) לייצור סכו"ם חד-פעמי? נמק.
- ה. נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של הפולימר פוליפרופילן (PP) היא
 $-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) -$
והטמפרטורה הזגוגית שלו היא $T_g = -10^{\circ}\text{C}$.
הסבר את ההבדל בטמפרטורה הזגוגית של הפולימר פוליפרופילן ושל פולימר (1).

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

השאלה עוסקת במספר פולימרים שהתקבלו בשיטת סיפוח.

בטבלה שלפניכם מוצגים נתונים על ארבעה פולימרים (הסימן "-" מציין שלפולימר אין טמפרטורת היתוך מוגדרת):

מספר הפולימר	שם הפולימר	יחידה חוזרת של הפולימר	T_g ($^{\circ}\text{C}$)	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	שימושים אחדים של הפולימר
I	פוליוויניל כלוריד (PVC)	$-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{Cl}) -$	81	212	צינורות למים קרים; מסגרות חלונות
II	פוליפרופילן (PP)	$-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) -$	-10	165	קופסאות; חבלים
III	פוליבוטיל אקרילט (PBA)	$-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{COO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3) -$	-54	-	דבקים למדבקות; צבעים
IV	פוליוויניל אלכוהול (PVA)	$-\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{OH}) -$	85	230	יריעות אריזה; מסיסות במים; דבקים

- א. (i) הסבירו מדוע ערך ה- T_g של פולימר I גבוה מערך ה- T_g של פולימר II.
(ii) הסבירו מדוע ערך ה- T_g של פולימר I דומה לערך ה- T_g של פולימר IV.
- ב. מה עשוי להיות ערך טמפרטורת ההיתוך, T_m , של פולימר III: גבוה מערך ה- T_m של פולימר IV או נמוך ממנו? הסבירו.
- בהסבר ציינו שני גורמים שיכולים להשפיע על טמפרטורת ההיתוך של פולימרים אלה.
- ג. מפולימר I מייצרים צינורות להובלת מים קרים. הסבירו מדוע אין משתמשים בצינורות העשויים מפולימר I להובלת מים חמים.
- ד. ציינו עבור כל אחד מן ההיגדים i ו- ii אם הוא נכון או לא נכון.
- (i) בחימום פולימר מעבר ל- T_g שלו, הפולימר עובר ממצב קשיח (זגוגי) למצב גמיש, בגלל תחילת התנועה של קטעי שרשרות באזורים האמורפיים.
- (ii) בתחום הטמפרטורות שבין T_g ל- T_m , האזורים הגבישיים של הפולימר כבר נהרסו.
- ה. אפשר לקבל פולימר V מפולימר IV. נתונים שלושה חומרים:
- חומצה פרופאנואית, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}_{(l)}$, 1-פרופנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$, פרופאן, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3_{(g)}$.
- (i) איזה מן החומרים הנתונים יש להגיב עם פולימר IV כדי לקבל פולימר V? נמקו את קביעתכם.
- (ii) רשמו נוסחת מבנה ליחידה חוזרת של פולימר V.

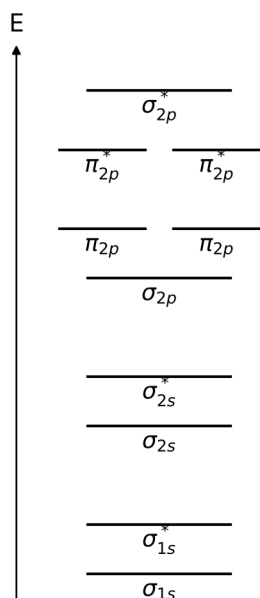
- ו. סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ז.
- באריזות רב-שכבתיות משתמשים בשכבה דקה של קופולימר של פולימר IV עם פוליאטילן, שחדירותה לחמצן נמוכה.
- נתונה יחידה חוזרת של פוליאטילן: $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2-$
- רשמו קטע מייצג לקופולימר אקראי של פולימר IV ופוליאטילן.
- ז. סעיף ז הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.
- נתונות נוסחאות מבנה של שני חומרים:
- אתן: $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$
- סטירן: $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C}_6\text{H}_5$ (טבעת בנזן קשורה לפחמן השני)
- למכל תגובה שבו מייצרים פולימר I הוסיפו לפני הפלמור אחד מן החומרים - אתן או סטירן.
- התקבל פולימר שהטמפרטורה הזגוגית, T_g , שלו נמוכה יותר מה- T_g של פולימר I.
- איזה מהחומרים הוסיפו למכל התגובה: אתן או סטירן? **נמקו.**

פרק שלישי - כימיה פיזיקלית

5. (1/33 נקודות)
- השאלה עוסקת במבנה האלקטרוני של חלקיקים ושל מוצקים ובקרינה שהם בולעים או פולטים.
- א. היום H_2^+ הוא החלקיק המולקולרי הפשוט ביותר. הוא נוצר, למשל, כאשר קרינה בעלת אנרגייה גבוהה פוגעת במולקולות מימן ומוציאה מהן אלקטרון.
- (i) רשום ייצוג אלקטרוני של היום H_2^+ .
- (ii) קבע אם היום H_2^+ יציב יותר או יציב פחות מן המולקולה H_2 . **נמק.**

ב. (i) לפניך דיאגרמה של רמות האנרגיה עבור מולקולה דו-אטומית של יסוד בשורה השנייה של המערכה המחזורית (O, F, Ne).

העתק למחברתך את הדיאגרמה וסמן בה את החיצים, שמייצגים את אכלוס האלקטרונים באורביטלים במולקולה מעוררת של חמצן, O_2^* , שבה אלקטרון אחד עבר מאורביטל π_{2p} לאורביטל π_{2p}^* .



(ii) סמן בדיאגרמה שרשמת בתת-סעיף ב i את רמת HOMO ואת רמת LUMO.

ג. לייזר הליום-ניאון פולט קרינה באורך גל 632.8 nm. מצביע לייזר אחר פולט קרינה בעלת אנרגיית פוטון שונה.

(i) חשב את האנרגייה של פוטון של הקרינה שפולט לייזר הליום-ניאון, ביחידות ג'אול (J). **פרט את חישוביך.**

(ii) אנרגיית הפוטון של הקרינה שפולט מצביע הלייזר האחר היא 2.33 eV. קבע אם צבען כחול בולע קרינה זו. **פרט את חישוביך, ונמק.**

ד. יהלום וצורן הם מוצקים אטומריים בעלי מבנה גבישי דומה: כל אטום קשור בקשרים קוולנטיים לארבעה אטומים שכנים.

(i) כאשר מחממים גביש צורן טהור מטמפרטורת החדר ל- 200°C , המוליכות החשמלית שלו עולה במידה ניכרת, ואילו יהלום נשאר מבודד חשמלי גם בטמפרטורה זו. הסבר את ההבדל.

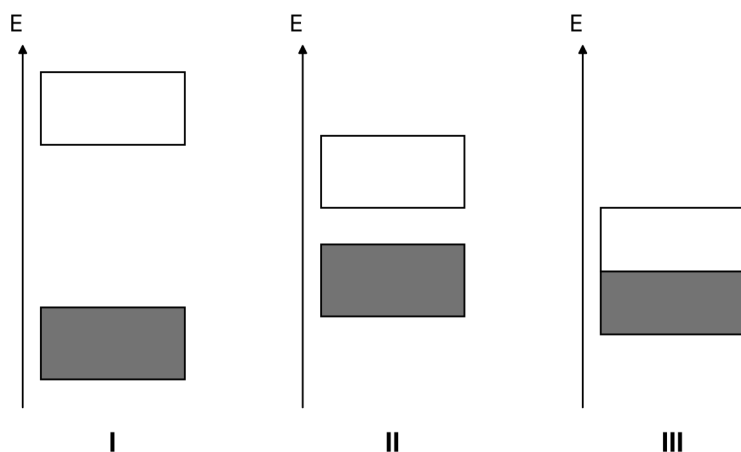
(ii) לפניך שלוש דיאגרמות של פסי אנרגייה I, II, III. התאם לכל אחת מן הדיאגרמות את אחד מן התיאורים האלה, ונמק:

– גביש של נתרן (מתכת)

– גביש של צורן טהור

– גביש של קוורץ, $\text{SiO}_2(s)$ (מבודד)

(בדיאגרמות: מלבן אפור – פס אנרגייה מאוכלס באלקטרונים; מלבן לבן – פס אנרגייה ריק; מלבן מקווקו – פס ריק החופף לפס המאוכלס; החלק האפור של מלבן מייצג את הרמות המאוכלסות בפס.)



6. (1/33 נקודות)

יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ועל אחד מן הסעיפים ד או ה. שאלה זו עוסקת בצבענים בעלים של צמחים.

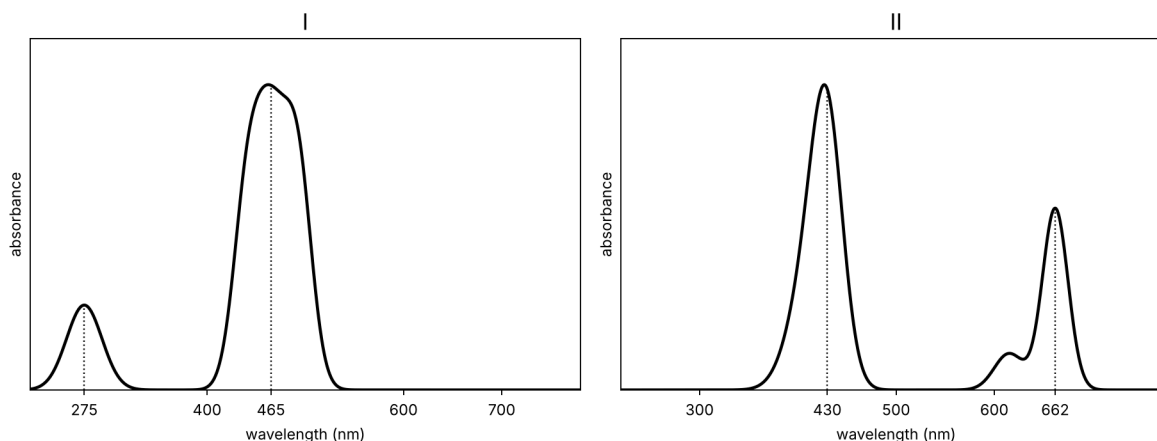
א. בטא-קרופן (β -carotene) הוא צבען כתום הנמצא בעלים לצד הכלורופיל. בסתיו, כשהכלורופיל בעלים מתפרק, צבעו של הבטא-קרופן נחשף.

ליקופן (Lycopene) הוא צבען אדום ממשפחה דומה; שתי המולקולות בנויות משרשרת ארוכה של קשרים כפולים מצומדים.

(i) קבעו אם מולקולות בטא-קרופן בולעות פוטונים של קרינה אלקטרומגנטית שאנרגיית הפוטון שלה היא $3.30 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. פרטו את החישובים ונמקו.

(ii) אילו המבנה של מולקולת בטא-קרופן היה דומה למבנה של מולקולת ליקופן – האם היה צפוי שהכרומופור במולקולת ליקופן יהיה גדול יותר מן הכרומופור במולקולת בטא-קרופן או קטן ממנו? נמקו.

ב. נתונים שני ספקטרומי בליעה, I ו-II, המתארים בליעה של שני צבענים מן העלים: בטא-קרופן וכלורופיל. כלורופיל הוא הצבען הירוק של העלים.



(ספקטרום I: שיאי בליעה ב- 275 nm וב- 465 nm . ספקטרום II: שיאי בליעה ב- 430 nm וב- 662 nm .)

- (i) איזה משני ספקטרומי הבליעה, I או II, הוא הספקטרום של כלורופיל? נמקו.
- (ii) חשבו את אנרגיית הפוטון של הקרינה הנבלעת בשיא הבליעה שבתחום האור האדום בספקטרום II .
פרטו את החישובים.
- (iii) חשבו את תדירות הקרינה הנבלעת בבליעה המרבית, בתחום אולטרה-סגול (UV), בספקטרום I .
פרטו את החישובים.

- ג. (i) נתונות שתי קביעות a ו-b . איזו מהן היא הקביעה הנכונה?
- ככל שהפרש האנרגיה בין אורביטל HOMO לאורביטל LUMO במולקולה קטן יותר -
- a. כך אורך הגל של הקרינה הנבלעת בבליעה המרבית ארוך יותר.
 - b. כך אנרגיית הפוטון של הקרינה הנבלעת בבליעה המרבית גדולה יותר.
- (ii) **הבליעה** המרבית בספקטרום הבליעה של מולקולה שבשרשרת שלה 5 קשרים כפולים מצומדים היא באורך גל 328 nm .
- למולקולה נוספת, ממשפחה דומה, יש בשרשרת 8 קשרים כפולים מצומדים.
- נתון: כל קשר כפול נוסף בכרומופור שבמולקולה מגדיל את אורך הגל של הבליעה ב- 25 nm בממוצע.

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

- ד. סעיף ד הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, **אל תענו** על סעיף ה.
- תמיסה של צבען מסוים בולעת בעיקר פוטונים שאנרגייתם $3.00 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
- קבעו איזה משני ההיגדים, I או II, הוא ההיגד הנכון. **פרטו את החישובים.**

I התמיסה נראית בצבע אדום.

II התמיסה נראית בצבע ירוק.

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

הפער בין אורביטל HOMO לאורביטל LUMO במולקולת חומר צבע המשמש בדיו כחולה, הוא 2.05 eV .

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

I מולקולות חומר הצבע בולעות אור כתום.

II מולקולות חומר הצבע מפזרות אור כתום.

כל הבגרויות בכימיה עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/bagrut/chemistry