

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"ה, 2025
מספר השאלון: 037282
שם התלמיד/ה: _____

כימיה

שיווי משקל, פולימרים וכימיה פיזיקלית

הוראות

משך הבחינה: שתיים.

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים, ובהם שש שאלות. יש לענות על שלוש שאלות לבחירתכם - $33\frac{1}{3} \times 3 = 100$ נקודות.

פרק ראשון - שיווי משקל כימי ואנטרופיה (שאלות 1-2); פרק שני - פולימרים (שאלות 3-4); פרק שלישי - כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה (שאלות 5-6).

בכל שאלה שנבחרה יש לענות לפי הנחיות שבראש השאלה: על כל הסעיפים המחייבים ועל אחד משני סעיפי הבחירה ("סעיף ... הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ..."). לכל שאלה $33\frac{1}{3}$ נקודות. הניקוד של הסעיפים אינו מודפס.

חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון (כולל מחשבון גרפי). (2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

הוראות מיוחדות: אין. (על השער מודגש: "בבחינה זו יש הנחיות מיוחדות. יש לענות על השאלות על פי הנחיות אלה" - הכוונה להנחיות הבחירה שבראש כל שאלה.)

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

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

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.

פחמן חד-חמצני, $\text{CO}_{(g)}$, הוא גז רעיל, חסר ריח וצבע. $\text{CO}_{(g)}$ נוצר, בין היתר, בתהליך השרפה של דלק במכונת. כדי למנוע הרעלה מגז $\text{CO}_{(g)}$ מתקנים ממיר קטליטי במערכת הפליטה של כלי רכב. ממיר קטליטי מתפקד כזרז לפירוק גזים רעילים וביניהם פחמן חד-חמצני. בממיר המכונת מתרחשת תגובה (1):



בטבלה שלפניכם מוצגים ערכים תרמודינמיים של המגיבים ושל התוצר בתגובה (1).

החומר	$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{CO}_{(g)}$	$\text{O}_{2(g)}$
$S^\circ \left(\frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \right)$ **אנטרופיה מולרית תקנית**	213.6	197.9	205.0
$\Delta H_f^\circ \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$ **אנתלפיה היווצרות מולרית תקנית**	-393.5	-110.5	-

א. (i) חשבו את השינוי באנתלפיה, ΔH° , עבור תגובה (1). פרטו את חישוביכם.

(ii) חשבו את שינוי האנטרופיה של המערכת, ΔS° , מערכת, עבור תגובה (1). פרטו את חישוביכם.

חישוביכם.

(iii) הסבירו את סימנו של שינוי האנטרופיה של המערכת עבור תגובה (1).

(iv) קבעו אם האנטרופיה של הסביבה עולה או יורדת בהתרחשות תגובה (1). נמקו.

(v) האם תגובה (1) ספונטנית בטמפרטורת החדר (298 K)? נמקו.

ב. (i) רשמו את הביטוי של קבוע שיווי משקל, K_c , עבור תגובה (1).

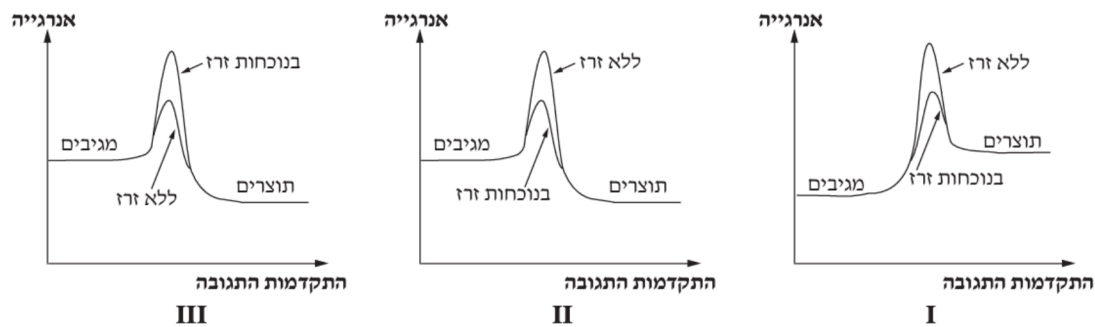
(ii) ערכו של קבוע שיווי משקל עבור תגובה (1) בטמפרטורה K 1200 הוא $3.2 \cdot 10^{17}$.

קבעו אם ערכו של קבוע שיווי משקל עבור תגובה (1) ב- K 298 הוא גדול מ- $3.2 \cdot 10^{17}$,

קטן מ- $3.2 \cdot 10^{17}$ או שווה ל- $3.2 \cdot 10^{17}$. נמקו.

ג. מתבצעים מחקרים על מנת למצוא זרז מתאים עבור התרחשות תגובה (1).

איזה מן הגרפים III-I שלפניכם מתאר נכון את השתנות האנרגיה, בנוכחות זרז וללא זרז, במהלך תגובה (1)? הסבירו מדוע פסלתם את כל אחד משני הגרפים האחרים.



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

קבעו אם כתוצאה מהתרחשות של תגובה (1) הלחץ הכולל בכלי עולה, יורד או לא משתנה. נמקו.

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

מה יקרה לקצב התגובה הישירה אם יגדילו את ריכוז החמצן, $O_{2(g)}$ בכלי? נמקו.

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

זרחן תלת כלורי, $PCl_{3(g)}$, הוא גז רעיל. משתמשים בו בתהליכים כימיים שונים. הוא מגיב עם הגז כלור, $Cl_{2(g)}$, לקבלת זרחן פנטה כלורי, $PCl_{5(g)}$, על פי תגובה (1):



בטבלה שלפניכם מוצגים ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית של המגיבים ושל התוצר בתגובה (1).

$PCl_{3(g)}$	$Cl_{2(g)}$	$PCl_{5(g)}$	החומר
217.1	223	352.4	$S^\circ \left(\frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \right)$ **אנטרופיה מולרית תקנית**

א. (i) רשמו את הביטוי של קבוע שיווי משקל, K_c , עבור תגובה (1).

(ii) לפניכם שני ערכים של קבוע שיווי משקל עבור תגובה (1), 0.01 ו-28.3, בטמפרטורות

שונות: ב-523 K וב-613 K.

התאימו כל ערך של קבוע שיווי משקל לטמפרטורה המתאימה. הסבירו את בחירתכם.

ב. (i) חשבו את שינוי האנטרופיה של המערכת, ΔS° מערכת, עבור תגובה (1). פרטו את חישוביכם.

(ii) הסבירו את סימנו של שינוי האנטרופיה של המערכת עבור תגובה (1).

ג. במערכת של תגובה (1), הנמצאת בשיווי משקל, בוצעו השינויים i-iii :

i הגדלת ריכוזו של $\text{Cl}_{2(g)}$

ii הגדלת ריכוזו של $\text{PCl}_{5(g)}$

iii הוספת זרז

קבעו אם, כתוצאה מכל אחד מהשינויים i-iii, ריכוזו של $\text{PCl}_{3(g)}$ במצב שיווי המשקל החדש יהיה גדול מריכוזו לפני השינוי, קטן ממנו או שווה לו. נמקו כל אחת מקביעותיכם.

ד. כיצד תושפע מהירות התגובה הישירה במערכת של תגובה (1), הנמצאת בשיווי משקל, כאשר מעלים את הטמפרטורה בכלי התגובה? נמקו.

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

חשבו את שינוי האנטרופיה של הסביבה, ΔS° סביבה, עבור תגובה (1) בטמפרטורה K 298.

פרטו את חישוביכם.

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

הסבירו את סימנו של שינוי האנטרופיה של הסביבה, ΔS° סביבה, עבור תגובה (1).

פרק שני - פולימרים

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

בטבלה שלפניכם מוצגים שלושה מונומרים:

מספר המונומר	נוסחת מבנה של המונומר	סימון הפולימר הנוצר מהמונומר הנתון
I	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	A
II	$\text{CH}_2=\text{C}\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{COOCH}_3 \end{matrix}$	B
III	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	C (פולימר דחיסה)
		D (פולימר סיפוח)

מספר המונומר	נוסחת מבנה של המונומר	סימון הפולימר הנוצר מהמונומר הנתון
I	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$	A
II	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOCH}_3$ (על אטום הפחמן השני קשורות הקבוצות CH_3 ו- COOCH_3)	B
III	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	C (פולימר דחיסה); D (פולימר סיפוח)

א. ממונומרים I, II ו-III אפשר לקבל ארבעה פולימרים: A, B, C, D.

רשמו נוסחת מבנה ליחידה החוזרת של כל אחד מארבעת הפולימרים: A, B, C, D.

ב. ביצוע ניסוי: הכניסו לכל אחת משתי מבחנות (1) ו-(2) כמויות שוות של מונומר II.

למבחנה (1) הוסיפו 0.2 גרם יזם רדיקלי, ולמבחנה (2) הוסיפו 0.7 גרם של אותו יזם.

חיממו את שתי המבחנות לאותה טמפרטורה. בכל אחת משתי המבחנות נוצר פולימר B.

(i) קבעו אם מספר שרשרות הפולימר שהתקבלו במבחנה (2) גדול ממספר שרשרות הפולימר

שהתקבלו במבחנה (1), קטן ממנו או שווה לו. נמקו.

(ii) המסה המולרית הממוצעת של הפולימר שנוצר במבחנה (1) היא 60,000 גרם למול.

קבעו אם המסה המולרית הממוצעת של הפולימר שנוצר במבחנה (2) גדולה מ- 60,000

גרם למול, קטנה מ- 60,000 גרם למול או שווה ל- 60,000 גרם למול. נמקו.

(iii) קבעו לאיזה פולימר דרגת הפלמור הממוצעת (המספר הממוצע של יחידות חוזרות

בשרשרת) גדולה יותר: לפולימר שנוצר במבחנה (1) או לפולימר שנוצר במבחנה (2).

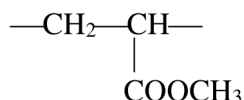
(iv) המרחק הממוצע בין קצות השרשרת של הפולימר, שנוצר במבחנה (1), קטן מאורך

השרשרת הפרושה המכילה אותו מספר של יחידות חוזרות. הסבירו מדוע.

ג. פולימרים A ו-C מתפרקים למונומרים בתהליך ההידרוליזה.

ציינו את החומרים והתנאים הדרושים לביצוע תהליך ההידרוליזה.

- ד. פולימר B עובר הידרוליזה, אך לא מתפרק למונומרים. תוצר ההידרוליזה הוא פולימר E.
- (i) הסבירו מדוע פולימר B לא מתפרק למונומרים בתהליך ההידרוליזה.
- (ii) רשמו את נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של פולימר E.
- ה. סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, **אל תענו** על סעיף ו.
- פולימר B הוא פולימר אמורפי - אחוז הגבישיות שלו נמוך.
- הסבירו מדוע אחוז הגבישיות של פולימר B הוא נמוך.
- ו. סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, **אל תענו** על סעיף ה.
- נתונה נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של פולימר F:



- הטמפרטורה הזגוגית, Tg, של פולימר F נמוכה בהרבה מ-Tg של פולימר B.
- הסבירו עובדה זו.

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

- א. לפניכם שבעה מאפיינים, g-a, של פולימרים.
- a מבנה אמורפי
- b אחוז גבישיות גבוה
- c שרשרות ארוכות ללא קבוצות צדדיות גדולות
- d קבוצות צדדיות גדולות\ne נוכחות קטעים קשיחים בעמוד השדרה
- f כוחות בין מולקולריים חזקים
- g טמפרטורה זגוגית, Tg, נמוכה מטמפרטורת החדר.
- מבין המאפיינים g-a ציינו **ארבעה** מאפיינים המתאימים לפולימרים המשמשים לייצור סיבים.

ב. בטבלה שלפניכם מוצגים נתונים של ארבעה פולימרים, המתאימים לייצור סיבים, שלהן דרגות פלמור ממוצעות דומות.

שם הפולימר	נוסחת מבנה של היחידה החוזרת	T _g (°C)	T _m (°C)
(1) פוליאטילן אדיפאט	$\text{—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—O—C(=O)—(CH}_2\text{)}_4\text{—C(=O)—}$	-45	50
(2) ניילון 6,6	$\text{—N(CH}_2\text{)}_6\text{—NH—C(=O)—(CH}_2\text{)}_4\text{—C(=O)—}$	80	265
(3) דקרון	$\text{—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—O—C(=O)—C}_6\text{H}_4\text{—C(=O)—}$	70	265

T _g (°C)	T _m (°C)	נוסחת מבנה של היחידה החוזרת	שם הפולימר
-45	50	$\text{—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—O—CO—(CH}_2\text{)}_4\text{—CO—}$	(1) פוליאטילן אדיפאט
80	265	$\text{—NH—(CH}_2\text{)}_6\text{—NH—CO—(CH}_2\text{)}_4\text{—CO—}$	(2) ניילון 6,6
70	265	$\text{—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—O—CO—C}_6\text{H}_4\text{—CO—}$ (טבעת בנזן מותמרת בעמדות 1,4)	(3) דקרון

(בנוסחאות, —CO— מייצג קבוצת קרבוניל C=O בשדרה.)

- (i) הסבירו מדוע ערך ה-T_g של פולימר (2) גבוה מערך ה-T_g של פולימר (1).
(ii) הסבירו מדוע ערך ה-T_g של פולימר (3) גבוה מערך ה-T_g של פולימר (1).
(iii) הסבירו מדוע ערך ה-T_m של פולימר (2) שווה לערך ה-T_m של פולימר (3).
(iv) באיזה מהפולימרים, I או III, המרחק הממוצע בין קצות השרשרות גדול יותר? נמקו.

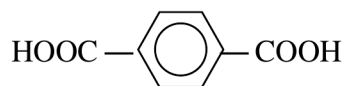
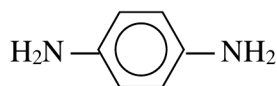
ג. קבעו עבור כל אחד מן ההיגדים I, II, ו-III אם הוא נכון או לא נכון.

I בטמפרטורה T_m חלים שינויים באזורים הגבישיים של הפולימר.

II בטמפרטורה T_m אורך שרשרות הפולימר גדל.

III בטמפרטורה T_m כוחות המשיכה בין השרשרות נחלשים ותנועת השרשרות מתגברת.

- ד. סיבי קוולר הם סיבים חזקים המשמשים, בין היתר, לייצור אפודי מגן. לפניהם נוסחאות מבנה של שני המונומרים שמהם מתקבל קוולר.



(המונומרים: $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$ ו- $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$, שתי הקבוצות בכל טבעת בעמדות 1,4.)

(i) רשמו את נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של קוולר.

(ii) ציינו שני מאפייני מבנה, התורמים לחוזק של סיבי קוולר.

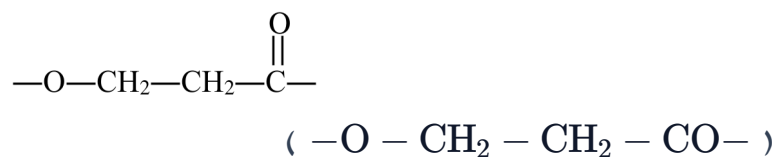
ה. סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו. ערך ה- T_m של קוולר הוא 500°C .

הסבירו מדוע ערך ה- T_m של קוולר גבוה מערך ה- T_m של פולימר (3).

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

במעבדה חקרו קופולימרים של קוולר עם פולימרים מסוג פוליאסטרס, במטרה לקבל סיבים גמישים יותר מסיבי קוולר.

רשמו קטע מייצג לקופולימר אקראי של קוולר ופולימר שנוסחת היחידה החוזרת שלו היא:



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.

השאלה עוסקת בליתיום וביסודות נוספים מהשורה השנייה בטבלה המחזורית.

א. (i) הסבירו את המושג "אטום מעורר".

(ii) הסבירו מדוע אטום מעורר פולט קרינה אלקטרומגנטית.

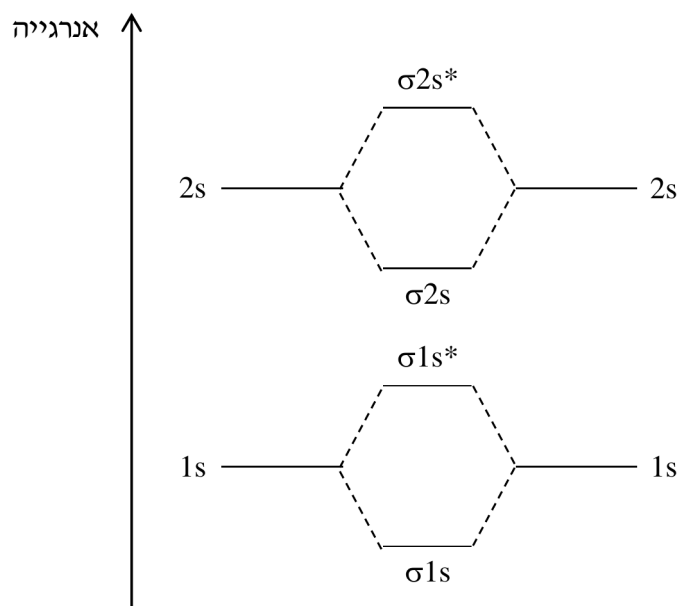
ב. בטבלה שלפניהם מוצגים ערכים של שלושה אורכי גל המופיעים בספקטרום הפליטה של אטומי ליתיום, Li.

אורך גל (nm)		
671	548	413

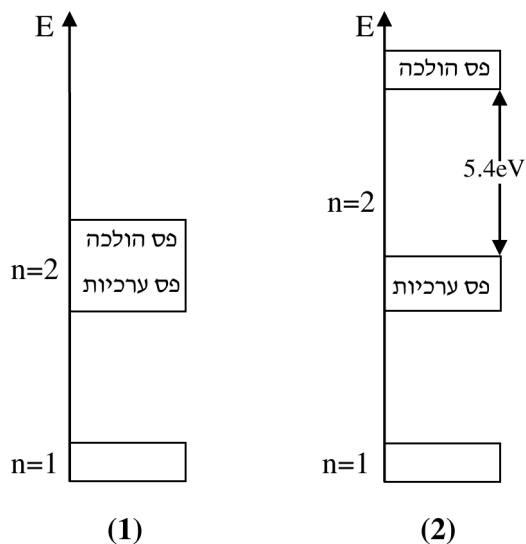
(i) עבור כל אחד מאורכי הגל שבטבלה, ציינו את צבע האור הנפלט.

(ii) קבעו לאיזה מאורכי הגל שבטבלה מתאימה תדירות הקרינה הגבוהה ביותר. נמקו.

- ג. רשמו את היערכות האלקטרונים באטום Li.
- ד. בתנאים מתאימים יכולות להיווצר מולקולות Li_2 .
- נתונה דיאגרמה חלקית של רמות אנרגייה עבור מולקולת ליתיום, Li_2 .

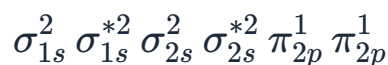


- העתיקו את הדיאגרמה הנתונה למחברת שלכם והשלימו בה את אכלוס האלקטרונים:
- עבור שני אטומי ליתיום
 - עבור מולקולת ליתיום
- ה. לפניכם שני איורים, (1)-(2), המציגים את מבנה פסי האנרגייה של שני חומרים מוצקים שונים, המכילים N אטומים.

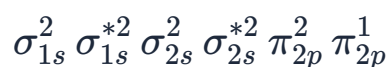


- (i) קבעו איזה מהאיורים, (1) או (2), מתאים לליתיום, $\text{Li}_{(s)}$. נמקו את קביעתכם.
- (ii) קבעו לאיזה חומר מוצק מתאים האיור שלא בחרתם בתת-סעיף i: לבריליום, $\text{Be}_{(s)}$, או ליהלום, $\text{C}_{(s)}$. נמקו את קביעתכם.

- ו. סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ז.
היערכות האלקטרונים של מולקולת הבור, B_2 :



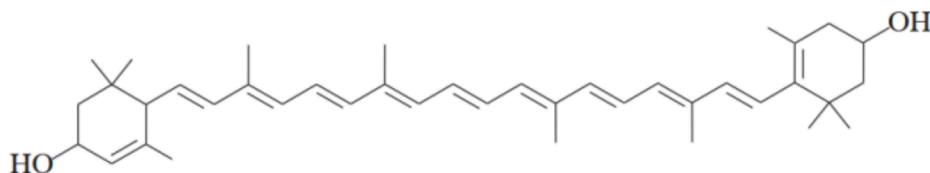
היערכות האלקטרונים של היון B_2^- :



חשבו את סדר הקשר של המולקולה B_2 ואת סדר הקשר של היון B_2^- ,
וקבעו באיזה משני חלקיקים אלה נדרשת אנרגייה גדולה יותר כדי לפרק את הקשר בין שני
אטומי הבור. **נמקו את קביעתכם.**

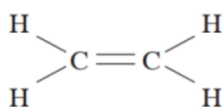
- ז. סעיף ז הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.
אטום פחמן, C, פולט, בין היתר, קרינה בתדירות $6.2 \cdot 10^{13}$ Hz.
קבעו באיזה תחום נפלטת הקרינה בתדירות הנתונה: בתחום האור הנראה, בתחום אולטרה-
סגול (UV) או בתחום אינפרא-אדום (IR). **נמקו את קביעתכם.**

6. יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ד ועל אחד מן הסעיפים ה או ו.
השאלה עוסקת בתהליכים המתרחשים בירקות ובפירות.
א. בעת הבשלת מלון נוצר בו הצבען לוטאין, המקנה לפרי את צבעו הצהוב.
לפניכם ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת לוטאין.



מולקולות הלוטאין בולעות קרינה בתחום האור הנראה.
קבעו באיזו תדירות, $5.17 \cdot 10^{14}$ Hz או $6.67 \cdot 10^{14}$ Hz, בולעות קרינה מולקולות
הלוטאין. **נמקו.**

ב. הגז אתילן נוצר בצמחים וגורם להבשלה של פירות וירקות. לפניכם ייצוג מלא לנוסחת המבנה של מולקולת אתילן.



(i) כמה קשרי σ וכמה קשרי π יש במולקולה אחת של אתילן?

(ii) אתילן בולע קרינה באורך גל של 171 nm.

חשבו את הפרש האנרגיה בין אורביטל ה-HOMO לאורביטל ה-LUMO במולקולה של אתילן. פרטו את חישוביכם.

(iii) הסבירו מדוע אתילן בולע קרינה באורך גל קצר יותר מאורך הגל שבו בולע הלואטאין.

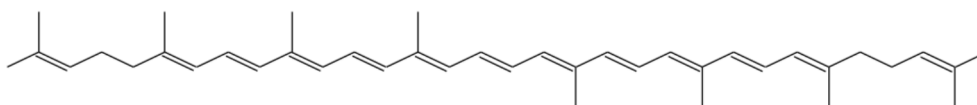
ג. כדי להאיץ את ההבשלה של פירות וירקות שנקטפו, מפזרים תערובת גזים במקום האחסון של הפירות והירקות. התערובת מכילה בעיקר גז חנקן וכ-5% גז אתילן.

(i) רשמו את היערכות האלקטרונים של מולקולת חנקן, N_2 .

(ii) ציינו את אורביטלי ה-HOMO ואורביטלי ה-LUMO בהיערכות האלקטרונים במולקולת חנקן במצב אלקטרוני יסודי. היעזרו בתרשים ב' של הנספח "נוסחאות ונתונים בכימיה".

ד. ליקופן הוא צבען בצבע אדום מבריק, המצוי בעגבניות ובפירות אדומים אחרים.

לפניכם ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של ליקופן.



אחד מאורכי הגל המופיעים בספקטרום הבליעה של מולקולות הליקופן הוא 548 nm.

חשבו את תדירות הקרינה הנבלעת באורך הגל 548 nm. פרטו את חישוביכם.

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

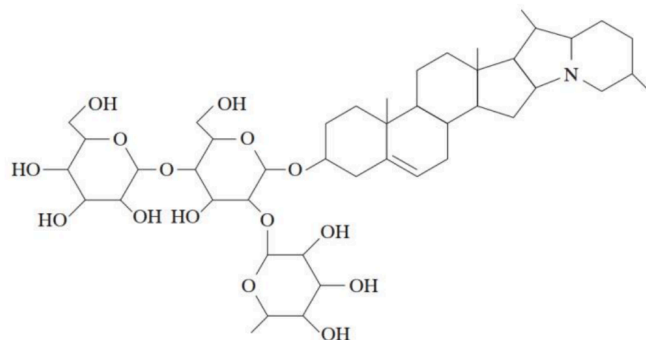
כאשר מאחסנים תפוחי אדמה באור, על קליפות תפוחי אדמה נוצרים כתמים ירוקים וטעמים נעשה מר.

(i) החומר שבכתמים ירוקים על קליפת תפוחי אדמה הוא כלורופיל.

קבעו באיזה תחום של האור הנראה כלורופיל בולע קרינה: בתחום הירוק או בתחום האדום. **נמקו.**

(ii) החומר המר הוא סולנין - חומר רעיל האסור לאכילה.

לפניכם ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת סולנין.

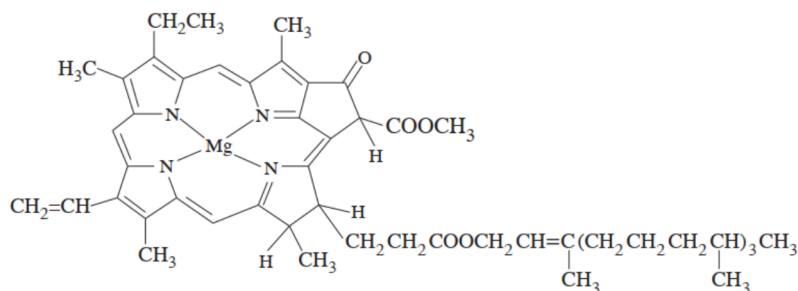


סולנין הוא חומר חסר צבע. הוא בולע קרינה בתחום האולטרה-סגול (UV).

קבעו אם במולקולת סולנין הפרש האנרגייה בין אורביטל HOMO לאורביטל LUMO הוא גדול או קטן. **נמקו.**

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

לפניכם ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של כלורופיל.



(i) כלורופיל פולט קרינה בתחום האור הירוק - בטווח אורכי גל מ-492 nm עד 577 nm.

חשבו את הטווח של אנרגיית הפוטונים, ביחידות eV, של הקרינה בתחום האור הירוק. **פרטו את חישוביכם.**

(ii) בחימום ממושך כלורופיל משנה בהדרגה את צבעו, ונעשה חסר צבע.

מהו השינוי המתרחש בחימום במבנה המולקולה של כלורופיל, שגורם להיעלמות הצבע? **הסבירו** בהסתמך על המבנה האלקטרוני של המולקולה.

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