

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

כימיה

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעתיים.

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

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

ד. הוראות מיוחדות: אין

כתוב במחברת הבחינה בלבד. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

השאלות

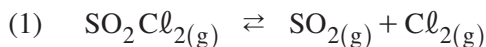
בשאלון זה שלושה פרקים. ענה על שלוש שאלות לבחירתך.
בכל שאלה שתבחר, ענה לפי ההנחיות. לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות.

פרק ראשון — שיווי משקל כימי ואנטרופיה

שים לב: הקפד על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של היחידות.

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

סולפוריל כלוריד, $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\ell)$, משמש, בין השאר, לעיבוד צמר כדי למנוע את התכווצותו.
סולפוריל כלוריד במצב גז, $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$, יכול להתפרק לכלור, $\text{Cl}_2(\text{g})$, ולגופרית דו־חמצנית, $\text{SO}_2(\text{g})$,
על פי תגובה (1).



- לכלי A, שנפחו 1 ליטר, הכניסו 1 מול $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$. הכלי הוחזק בטמפרטורה קבועה של 648 K.
לאחר זמן־מה הגיעה המערכת למצב של שיווי משקל, שהריכוז של $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$ בו היה 0.809 M.
- רשום את הביטוי של קבוע שיווי המשקל, K_c , של תגובה (1).
 - חשב את הערך של קבוע שיווי המשקל של תגובה (1) בטמפרטורה של 648 K. פרט את חישוביך.
 - קבע אם במהלך התגובה, עד שהושג מצב של שיווי משקל, הלחץ בכלי עלה, ירד או לא השתנה. נמק.

ב. למערכת בכלי A הנמצאת במצב של שיווי משקל הוסיפו 0.5 מול $\text{Cl}_2(\text{g})$.

- קבע אם מייד לאחר הוספת $\text{Cl}_2(\text{g})$, המערכת נמצאת במצב של שיווי משקל. נמק.
- קבע אם בעקבות הוספת $\text{Cl}_2(\text{g})$, קצב התגובה ההפוכה עלה, ירד או לא השתנה. נמק.
- קבע אם בעקבות הוספת $\text{Cl}_2(\text{g})$, הריכוז של $\text{SO}_2(\text{g})$ עלה, ירד או לא השתנה. נמק.

ג. לכלי B, שנפחו 2 ליטר, הכניסו 0.09 מול $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$, 0.09 מול $\text{Cl}_2(\text{g})$, 0.09 מול $\text{SO}_2(\text{g})$.

- הכלי הוחזק בטמפרטורה קבועה של 648 K.
קבע אם הלחץ בכלי עלה, ירד או לא השתנה ב־10 הדקות הראשונות לאחר הוספת החומרים. נמק.

לפניך שני נתונים הנוגעים לתגובה (1):

$$\Delta H_{(1)}^0 > 0 \quad \Delta S_{(1)}^0 \text{ מערכת} > 0$$

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

ד. עבור תגובה (1):

- i. קבע אם במהלך התגובה, האנטרופיה של הסביבה עולה או יורדת.
- ii. קבע אם אפשר לחשב את אנטרופיית הסביבה של תגובה (1) על פי הנתונים בשאלה. נמק.

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

ה. תגובה (1) אינה ספונטנית בטמפרטורה של 648 K.

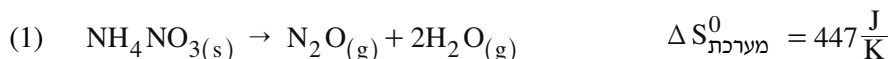
- i. קבע עבור תגובה (1) אם בטמפרטורה של 648 K השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול בערכו המוחלט מן השינוי באנטרופיה של המערכת או קטן ממנו. נמק.

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

ב-4 באוגוסט 2020 התרחש פיצוץ אדיר בנמל ביירות בלבנון. לפי פרסומים בתקשורת, החומר שהתפוצץ היה אמוניום חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$. בטבלה שלפניך מוצגים ערכים תרמודינמיים של ארבעה מן החומרים המשתתפים בתגובות (1) ו-(2) שיכולות להתרחש במהלך הפיצוץ.

החומר	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{N}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{N}_2\text{O}(\text{g})$
האנטרופיה התקנית, S^0 $\left(\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}\right)$	205	191	189	220
אנתלפיית ההתהוות התקנית, ΔH_f^0 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$	0	0	-242	82

תגובה (1):

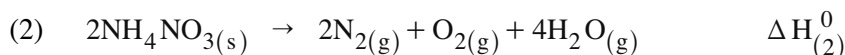


א. קבע עבור כל אחד מן ההגדים i ו-ii אם הוא נכון או לא נכון.

- i. שינוי באנתלפייה, ΔH^0 , הוא מדד לשינוי במצבים המיקרוסקופיים האפשריים של החומר.
- ii. שינוי באנטרופיה, ΔS^0 , הוא מדד לשינוי בפיזור חלקיקים.

ב. היעזר בנתונים שבטבלה ובתגובה (1) וחשב את האנטרופיה התקנית, S^0 , של $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$. פרט את חישוביך.

תגובה (2):



בטמפרטורת החדר השינוי באנטרופיה של הסביבה הוא $\Delta S_{\text{סביבה}}^0 = 792 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

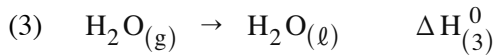
- ג. i. קבע אם תגובה (2) היא אנדותרמית או אקסותרמית. נמק ללא חישובים.
- ii. חשב את שינוי האנתלפייה, $\Delta H_{(2)}^0$, עבור תגובה (2). פרט את חישוביך.
- iii. היעזר בנתונים שבטבלה ובתשובתך בסעיף ב, וחשב את שינוי האנטרופיה של המערכת, $\Delta S_{\text{מערכת}}^0$, עבור תגובה (2). פרט את חישוביך.
- iv. תגובה (2) ספונטנית בטמפרטורת החדר. הסבר עובדה זו.

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

ד. היעזר בנתונים שבטבלה ובתשובתך בתת-סעיף ג ii, וחשב את אנתלפיית ההתהוות התקנית, ΔH_f^0 , של $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$. פרט את חישוביך.

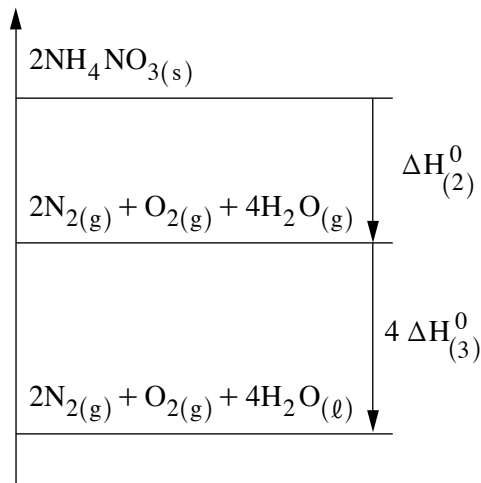
סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחר לענות עליו, אל תענה על סעיף ד.

ה. תגובה (3) מציגה עיבוי של אדי מים:



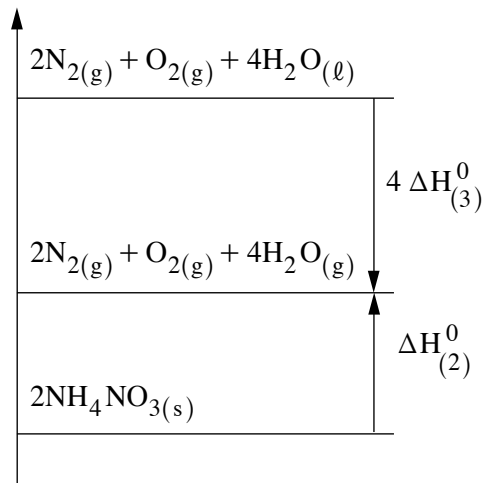
קבע איזו משתי דיאגרמות האנרגייה שלפניך, I או II, מציגה נכון שתי התגובות: תגובה (2) ותגובה (3). נמק את קביעתך.

אנתלפייה



I

אנתלפייה



II

פרק שני — פולימרים

3. ענה על הסעיפים א, ב, ה, ועל אחד מן הסעיפים ג וד.

בטבלה שלפניך מוצג מידע על שלושה פולימרים.

שם הפולימר	נוסחת מבנה של יחידה חוזרת	טמפרטורה זגוגית T_g ($^{\circ}\text{C}$)	שימושים אחדים של הפולימר
פולימתיל מתאקרילט (PMMA)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2-\text{C}- \\ \\ \text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$	105	מחיצות הפרדה שקופות להגנה מפני נגיף הקורונה בבתי ספר, משרדים ועוד.
פוליאיתיל מתאקרילט (PEMA)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2-\text{C}- \\ \\ \text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$	$T_g < 105$	— ציפוי לחלקי מכונות — בניית ציפורניים
פוליוויניל כלוריד (PVC)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{CH}_2-\text{C}- \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	80	מחיצות הפרדה שקופות להגנה מפני נגיף הקורונה בבתי ספר, משרדים ועוד.

א. i. רשום את נוסחת המבנה של המונומר שממנו מתקבל כל אחד משלושת הפולימרים הנתונים.

ii. באיזו שיטה התקבל כל אחד משלושת הפולימרים — דחיסה או סיפוח? נמק.

ב. i. במעבדה לקחו דגימות משני פולימרים: PMMA ו-PVC. בכל אחת מן הדגימות יש מספר זהה של יחידות חוזרות.

קבע באיזו דגימה — מ-PMMA או מ-PVC — המרחק הממוצע בין קצות השרשרות גדול יותר. נמק.

ii. הסבר מדוע PMMA הוא פולימר אמורפי, שאחוז הגבישיות שלו נמוך.

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

ג. PMMA ו- PEMA משתייכים לפולימרים מסוג אקרילט. ערך ה- T_g של PEMA נמוך מערך ה- T_g של PMMA. הסבר עובדה זו.

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

ד. קופולימר אקראי של PEMA ו- PVC משמש לייצור סוללות. רשום קטע מייצג של פולימר זה.

ה. הטמפרטורה הזוגית של PVC שממנו עשויות מחיצות היא $T_g = 80^\circ\text{C}$. PVC גמיש הוא סוג אחר של PVC שממנו מייצרים יריעות. בייצור PVC גמיש מתיכים PVC רגיל ומערבבים אותו עם חומר מרכז. מולקולות המרכז חודרות אל בין שרשרות הפולימר ומרחיקות את השרשרות זו מזו. הטמפרטורה הזוגית של PVC גמיש נמוכה מ- 80°C . פולימר זה הוא גמיש ואפשר לעבד אותו בטמפרטורת החדר, 25°C .

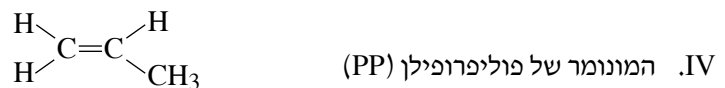
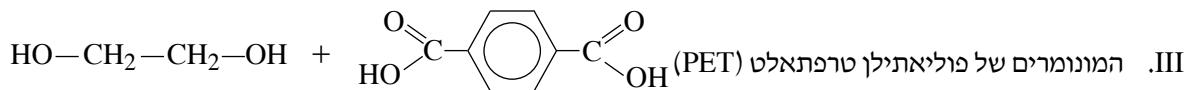
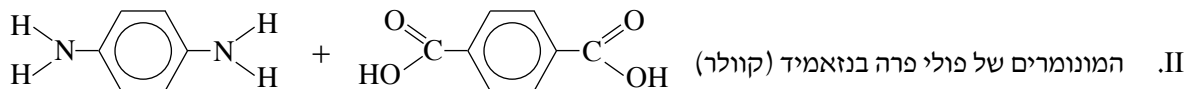
i. הסבר מדוע ערך ה- T_g של PVC גמיש נמוך מ- 80°C . בהסבר התייחס לכוחות בין-מולקולריים.

ii. קבע אם ערך ה- T_g של PVC גמיש גבוה מ- 25°C או נמוך מ- 25°C . נמק.

4. ענה על הסעיפים א, ב, ה, ועל אחד מן הסעיפים ג וד.

השאלה עוסקת בארבעה פולימרים נפוצים.

לפניך נוסחאות המבנה של המונומרים שמהם מייצרים ארבעה פולימרים.



- א. i. רשום קטע מייצג של ניילון 6 המכיל שתי יחידות חוזרות.
 ii. רשום קטע מייצג של קוולר המכיל שתי יחידות חוזרות.
 iii. קבע את שיטת הפלמור של כל אחד מן הפולימרים PET ו-PP.

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים עבור ארבעת הפולימרים בסדר אקראי.

סימון הפולימר	טמפרטורה זגוגית T_g ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת היתוך T_m ($^{\circ}\text{C}$)
A	60	235
B	 	500
C	-18	165
D	70	265

ב. פולימר A הוא ניילון 6.

- i. על פי הנתונים בטבלה, זהה את הפולימרים B, C ו- D מפולימרים II-IV.
 ii. הסבר מדוע טמפרטורת ההיתוך, T_m , של פולימר C נמוכה מזו של פולימר A.

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

ג. ניילון 6 משמש לייצור סיבים לבגדי ספורט. במהלך ייצור הסיבים מותחים את שרשרות הפולימר. הסבר מדוע צריך למתוח את שרשרות הפולימר כדי ליצור סיב.

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

ד. אחוז הגבישיות של קוולר גבוה מאוד. ציין שתי סיבות לכך והסבר אותן. בתשובתך התייחס למבנה השרשרות.

ה. פולימר PET משמש לייצור בקבוקי שתייה קרה וגם לייצור מסכות פלסטיק שקופות. מבנה השרשרות של

פולימר PET מאפשר אריזה צפופה שלהן, ועם זאת מאפשר גמישות של החומר.

i. ציין שני גורמים לכך שבפולימר PET יש אריזה צפופה של שרשרות.

ii. הסבר כיצד מבנה השרשרות של פולימר PET מאפשר גמישות של החומר.

פרק שלישי — כימיה פיזיקלית: מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

שים לב: הקפד על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של היחידות.

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

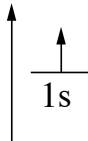
בפנסי רחוב מסוג מסוים יש נורות המכילות אדי נתרן, $\text{Na}_{(g)}$. פנסים אלה מאירים כאשר מחברים אותם לזרם חשמלי שגורם לעירור האלקטרונים של אטומי נתרן.

א. i. בתחום האור הנראה של ספקטרום הפליטה של נתרן, הקו העיקרי הוא באורך גל 589 nm.

מהו צבע האור הנפלט מנורות נתרן?

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

אנרגיה

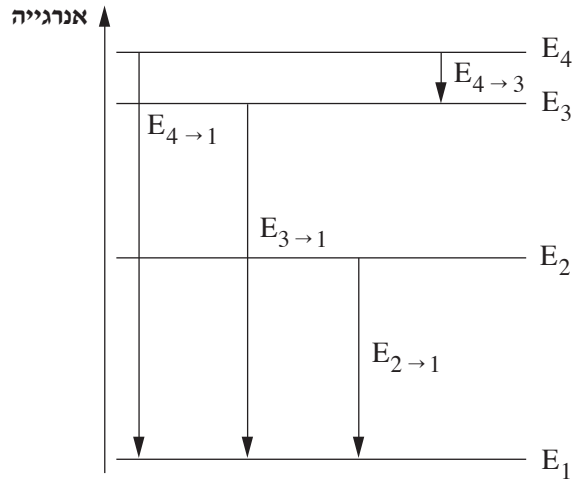


צייר את דיאגרמת אכלוס האלקטרונים עבור אטום נתרן במצב אלקטרוני יסודי.

הצג את אכלוס האלקטרונים באורביטלים המתאימים.

iii. רשום אפשרות אחת להיערכות האלקטרונים באטום נתרן במצב אלקטרוני מעורר.

הדיאגרמה שלפניך מתארת חלק מרמות האנרגייה של אטום נתון.



ב. בספקטרום הפליטה של אטומי נתון מופיעים, בין השאר, ארבעה קווים באורכי הגל האלה:

947 nm , 589 nm , 410 nm , 286 nm .

בכל אחד ממעברי האלקטרונים שבדיאגרמה, נפלטת קרינה באחד מאורכי הגל הנתונים.

i. קבע לאיזה מאורכי הגל הנתונים מתאימה תדירות הקרינה הגבוהה ביותר. נמק ללא חישובים.

ii. העתק למחברתך את הטבלה שלפניך והשלם אותה על פי הדיאגרמה: התאם אורך גל לכל אחד ממעברי

האלקטרונים בין רמות האנרגייה. נמק.

אנרגיית הפוטון הנפלטת	אורך הגל של הקרינה הנפלטת λ (nm)
$E_{4 \rightarrow 1}$	
$E_{3 \rightarrow 1}$	
$E_{2 \rightarrow 1}$	
$E_{4 \rightarrow 3}$	

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

i. חשב את אנרגיית הפוטון $E_{3 \rightarrow 1}$. פרט את חישוביך.

ii. חשב את תדירות הקרינה הנפלטת במעבר האלקטרון $E_{2 \rightarrow 1}$.

פרט את חישוביך.

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

i. האנרגייה המינימלית הדרושה לפירוק מולקולה אחת של חמצן, O_2 , היא $8.26 \cdot 10^{-19} J$.

קבע אם פוטון הנפלט במעבר האלקטרון $E_{4 \rightarrow 1}$ בזמן הפעולה של נורת נתון, יכול לפרק את

מולקולת החמצן שבאוויר. פרט את חישוביך ונמק.

ii. חשב את התדירות המינימלית של הקרינה שיכולה לפרק את מולקולת החמצן.

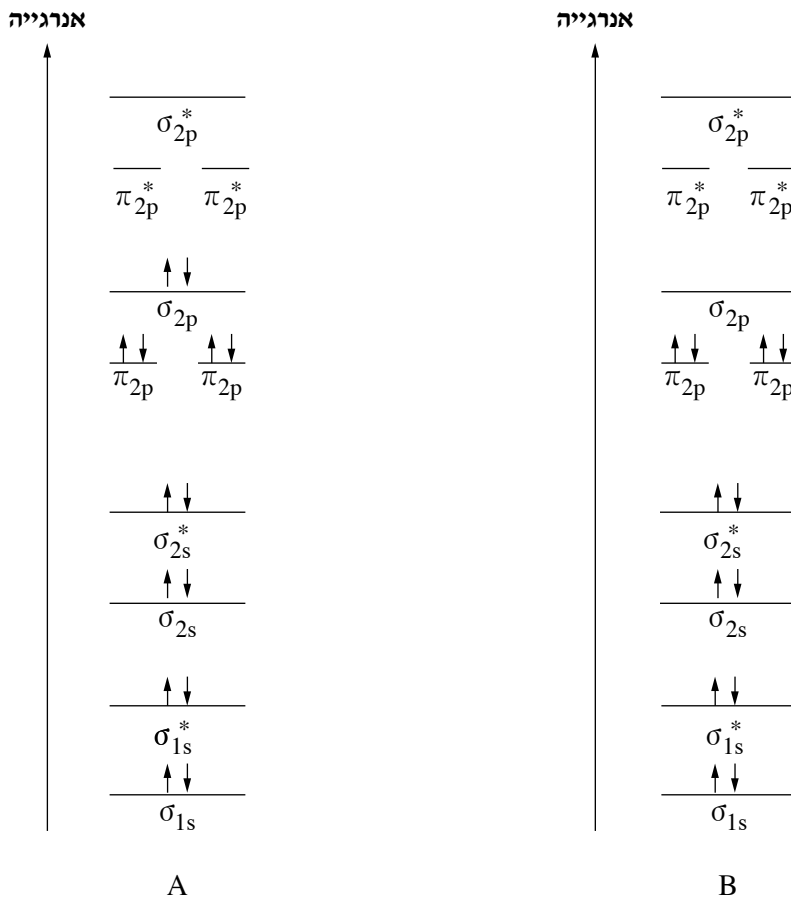
פרט את חישוביך.

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

"קיבוע חנקן" בצמחים הוא תהליך שבו חנקן מולקולרי, $N_2(g)$, משתתף בתגובות ונהפך למרכיב בתרכובות חנקן.

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

א. לפניך שתי דיאגרמות רמות אנרגיה, A ו- B, עבור מולקולות דו-אטומיות של יסודות.



אחת משתי הדיאגרמות היא דיאגרמת רמות אנרגיה של N_2 והאחרת היא דיאגרמת רמות אנרגיה של מולקולת היסוד האחר.

i. קבע איזו משתי הדיאגרמות, A או B, היא דיאגרמת רמות אנרגיה של מולקולת היסוד האחר.

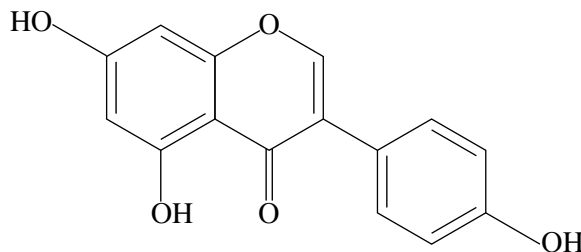
זהה את היסוד האחר.

ii. קבע איזו משתי המולקולות יציבה יותר. נמק.

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

- ב. במולקולה של חנקן יש קשר סיגמא ושני קשרי פאי.
- i. ציין הבדל אחד בין קשר סיגמא ובין קשר פאי.
 - ii. פוטון שהאנרגייה שלו היא $1.57 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ יכול לנתק קשר בין אטומי חנקן במולקולה. קבע אם קרינה המכילה פוטונים אלה היא בתחום האור הנראה, בתחום אולטרה-סגול (UV) או בתחום אינפרא-אדום (IR). פרט את חישוביך ונמק.
- ג. תורמוס הוא צמח שבו מתרחש קיבוע חנקן. פרח התורמוס המוכר יותר הוא בצבע כחול, אך יש סוגי תורמוס אחרים שלהם פרחים בצבע צהוב או בצבע סגול.
- מקרינים תורמוס צהוב בקרינה בתדירות של $5.13 \cdot 10^{14}$ הרץ.
- i. קבע אם התורמוס הצהוב בולע קרינה זו. פרט את חישוביך ונמק.
 - ii. נניח שלמולקולות המכילות כרומופור, הן של התורמוס הצהוב הן של התורמוס הסגול, יש מבנה דומה. קבע לאיזו מולקולה כרומופור גדול יותר: למולקולה האחראית לצבע הסגול או למולקולה האחראית לצבע הצהוב. נמק.

- ד. אחד מן החומרים המעניקים לפרחי התורמוס את צבעם נקרא גניסטיין (Genistein). לפניך נוסחת המבנה של מולקולת גניסטיין (Genistein).



- i. העתק את הנוסחה למחברת הבחינה, והקף בעיגול את הכרומופור.
- ii. גניסטיין בולע, בין השאר, קרינה באורך גל של 400 nm . איזה צבע יכול להיות לחומר גניסטיין?
- iii. אנרגיית הפוטון של קרינה מסוימת היא 3.1 eV . קבע אם אורך הגל של קרינה זו גדול מ- 400 nm , קטן מ- 400 nm או שווה ל- 400 nm . פרט את חישוביך ונמק.

בהצלחה!