

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"ג, 2023
מספר השאלון: 037282
שם התלמיד/ה: _____

כימיה

שיווי משקל, פולימרים וכימיה פיזיקלית

הוראות

משך הבחינה: שעתיים.

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

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

הוראות מיוחדות: אין.

שימו לב: בבחינה זו יש הנחיות מיוחדות. יש לענות על השאלות על פי הנחיות אלה. הקפידו על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של יחידות.

הנחיות מיוחדות לשנה זו: בראש כל שאלה מופיעה הנחיה - יש לענות על כל הסעיפים המחייבים בשאלה שנבחרה, ועל אחד בלבד משני סעיפי הבחירה שבה (סעיף שנבחר - אין לענות על הסעיף החלופי לו).

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

בהצלחה!

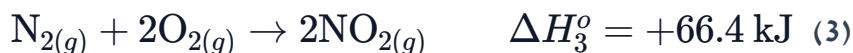
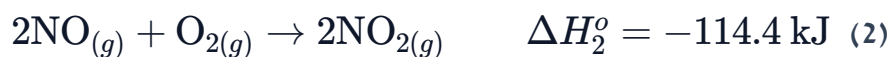
השאלות

פרק ראשון – שיווי משקל כימי ואנטרופיה

1. יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ד, ה, ועל אחד מן הסעיפים ו או ז.
- השאלה עוסקת בתגובות שבהן מגיבות או נוצרות תחמוצות חנקן.
- כשמכניסים חנקן דו-חמצני, $\text{NO}_{2(g)}$, שהוא גז בצבע חום, לכלי ריק, מתרחשת תגובה (1), שבה נוצר דו-חנקן ארבע חמצני, $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$, שהוא גז חסר צבע:
- $$2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)} \quad \Delta H_{(1)}^o < 0 \quad \Delta S_{1 \text{ מערכת}}^o < 0 \quad (1)$$
- א. כיצד אפשר להבחין בהתרחשות תגובה (1) בתוך הכלי?
- ב. (i) קבעו אם האנטרופיה של הסביבה עולה או יורדת במהלך התגובה.
- (ii) תגובה (1) ספונטנית בטמפרטורה 298 K .
- קבעו אם בטמפרטורה 298 K השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול מן השינוי באנטרופיה של המערכת או קטן ממנו. **נמקו.**
- ג. במעבדה ביצעו את תגובה (1) בכלי סגור I. נפחו של הכלי היה 1 ליטר .
- לכלי I ריק הכניסו $\text{NO}_{2(g)}$, וסגרו את הכלי.
- התרחשה תגובה (1), והמערכת הגיעה למצב שיווי משקל.
- כשהמערכת בכלי I הגיעה למצב שיווי משקל, נמצאו בכלי $0.03 \text{ מול } \text{NO}_{2(g)}$.
- הערך של קבוע שיווי משקל, K_c , עבור המערכת שבכלי I הוא 170 .
- (i) רשמו את הביטוי של קבוע שיווי המשקל, K_c .
- (ii) חשבו את הריכוז של $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$ בכלי I במצב שיווי משקל. **פרטו את החישובים.**
- ד. כשהמערכת בכלי I הייתה במצב שיווי משקל, הוסיפו לכלי מעט $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$, ושיווי המשקל הופר.
- לאחר זמן מה הגיעה המערכת למצב שיווי המשקל החדש.
- קבעו אם במצב שיווי המשקל החדש הריכוז של $\text{NO}_{2(g)}$ היה גדול מן הריכוז של $\text{NO}_{2(g)}$ במצב שיווי המשקל הקודם, קטן ממנו או שווה לו. **נמקו.**
- ה. נתונה תגובה (2):
- $$2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(g)} \quad \Delta H_2^o = -114 \text{ kJ} \quad \Delta S_{2 \text{ מערכת}}^o = -147 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$
- קבעו אם תגובה (2) ספונטנית בתנאי תקן, בטמפרטורה 1100 K . **פרטו את החישובים ונמקו.**

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

נתונות שתי תגובות (2)-(3):



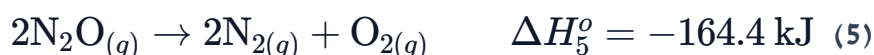
נתונה תגובה (4):



חשבו את ערכו של ΔH_4° . פרטו את החישובים.

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

נתונות שתי תגובות הפירוק של דו-חנקן חמצני, (5)-(6):



קבעו אם האנרגייה הנפלטת בתגובה (6) גדולה מהאנרגייה הנפלטת בתגובה (5), קטנה ממנה או שווה לה.

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

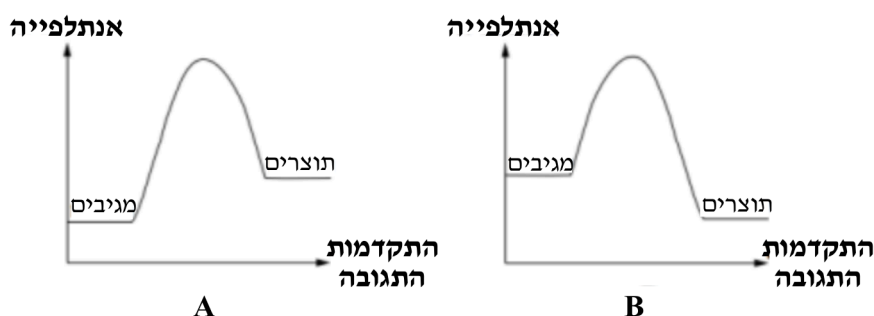
השאלה עוסקת בתגובות שבהן מגיב או נוצר מימן, $\text{H}_{2(g)}$.

תערובת של הגזים: מימן, $\text{H}_{2(g)}$, וחמצן, $\text{O}_{2(g)}$, נשמרת בכלי זכוכית סגור לאורך זמן, ללא שינוי.

כאשר משקיעים אנרגייה על ידי הפעלת ניצוץ חשמלי בתערובת הגזים מתרחשת תגובה (1).



א. איזו מן העקומות, A או B, מציגה באופן סכמתי את השתנות האנתלפייה במהלך תגובה (1)? נמקו.



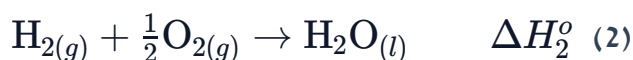
ב. איזה מבין ההיגדים, I או II, הוא ההיגד הנכון?

הסבירו את ההיגד שבחרתם באמצעות תורת ההתנגשויות.

I. בעקבות השקעת אנרגייה על ידי הפעלת ניצוץ חשמלי קטנה אנרגיית השפעול של התגובה (1), והתגובה מתרחשת.

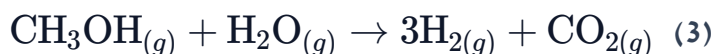
II. בעקבות השקעת אנרגייה על ידי הפעלת ניצוץ חשמלי גדלה האנרגייה הקינטית של מולקולות המגיבים בתגובה (1), והתגובה מתרחשת.

ג. בתגובה (2) מקבלים מתערובת הגזים: מימן וחמצן, ומים במצב נוזל.



נתונים שלושה ערכים של שינוי אנטלפייה: -285.9 kJ , -241.8 kJ , -197.7 kJ . קבעו איזה מבין הערכים האלה מתאים עבור ΔH_2^o . נמקו.

ד. בתנאים מתאימים, מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$, מגיב עם קיטור, $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, ונוצר מימן על פי תגובה (3).



(i) בטבלה הנתונה מוצגים ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית, S^o , של המגיבים והתוצרים בתגובה (3).

$\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	$\text{H}_{2(g)}$	$\text{CO}_{2(g)}$	החומר
239.9	188.7	130.6	213.6	$S^o \left(\frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \right)$ **אנטרופיה מולרית תקנית**

חשבו את שינוי האנטרופיה במערכת, $\Delta S_{\text{מערכת}}^o$, עבור תגובה (3). פרטו את החישובים.

(ii) בטמפרטורה 298 K השינוי באנטרופיה של היקום הוא: $\Delta S_{\text{יקום}}^o = +10.4 \frac{\text{J}}{\text{K}}$.

חשבו את שינוי האנטלפייה, ΔH_3^o , עבור תגובה (3). פרטו את החישובים.

ה. תגובה נוספת המשמשת להפקת $\text{H}_{2(g)}$ היא תגובה (4), שבה פחמן חד-חמצני, $\text{CO}_{(g)}$, מגיב עם קיטור, $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$.



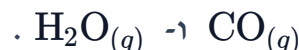
ביצעו תגובה (4) בכלי סגור. בטבלה הנתונה מוצג מספר המולים של כל אחד מן הגזים שהוכנסו לכלי.

מספר המולים של גז שהוכנסו לכלי:

$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{H}_{2(g)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	$\text{CO}_{(g)}$	נפח הכלי (ליטר)
0.2	0.2	0	0	1.0

(i) נתון היגד הנוגע למערכת בכלי. הסבירו מדוע ההיגד אינו נכון:

המערכת שבכלי אינה מגיעה למצב שיווי משקל, כי לתוך הכלי לא הוכנסו המגיבים:



(ii) הציעו שיטה הבודקת באופן ניסויי במעבדה אם המערכת של תגובה (4) נמצאת במצב שיווי משקל. הסבירו את השיטה שהצעתם.

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

נתונים ניסוחים של שני תהליכים, (6) ו- (7). רק אחד משני התהליכים הוא אקסותרמי.



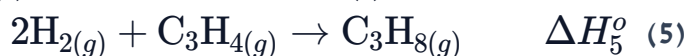
איזה מבין שני תהליכים, (6) או (7), הוא התהליך האקסותרמי? נמקו.

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

נתונות שתי תגובות a ו- b :



מימן מגיב עם פרופין, $\text{C}_3\text{H}_{4(g)}$, ליצור פרופאן, $\text{C}_3\text{H}_{8(g)}$, על פי תגובה (5).



היעזרו בתגובה (1) ובתגובות a ו- b וחשבו את הערך של ΔH_5° . פרטו את החישובים.

פרק שני - פולימרים

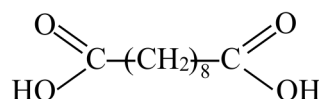
3. יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ד, ועל אחד מן הסעיפים ה או ו.

השאלה עוסקת בפולימרים אחדים המשמשים לייצור סיבים.

נתונות נוסחאות מבנה של המונומרים שמהם מקבלים את הפולימרים (1)-(4):

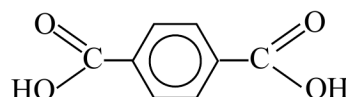
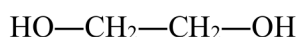
פולימר (1) - ניילון 5,10, משמש, בין השאר, לייצור סיבים לגרבוני נשים.

הוא מתקבל מן המונומרים:



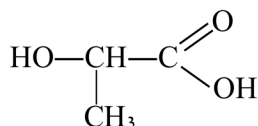
פולימר (2) - פוליאטילן טרפאלט (PET) משמש, בין השאר, לייצור בקבוקים לשתייה קלה.

הוא מתקבל מן המונומרים:

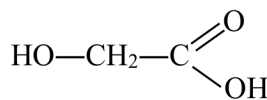


הקבוצות הקרבוקסיליות במצבים מנוגדים על טבעת הבנזן)

נתונות נוסחאות מבנה של המונומרים שמהם אפשר לקבל את הפולימרים (3) ו-(4):



חומצה לקטית



חומצה גליקולית

(חומצה גליקולית: $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$; חומצה לקטית:



פולימר (3) - פולי-חומצה גליקולית (PGA) משמש, בין השאר, לייצור אריגים.

קופולימר (4) - PLGA, קופולימר אקראי המתקבל מחומצה לקטית ומחומצה גליקולית.

קופולימר זה משמש, בין השאר, לייצור חוטי תפירה לניתוחים.

א. (i) קבעו באיזו שיטת פלמור - דחיסה או סיפוח, הוכן כל אחד מארבעת הפולימרים (1)-(4).

(ii) רשמו את נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של כל אחד משלושת הפולימרים (1)-(3).

ב. (i) אחוז הגבישיות של פולימר (2) גבוה מאחוז הגבישיות של פולימר (1). הסבירו מדוע.

(ii) הפולימרים (1) ו-(2) מתאימים לייצור סיבים.

ציינו שתי סיבות לכך עבור כל אחד מן הפולימרים האלה.

ג. בטבלה הנתונה מוצגים ערכי T_m של שני פולימרים.

הפולימר	טמפרטורת היתוך T_m ($^{\circ}\text{C}$)
פולי-חומצה לקטית (PLA)	160
פולי-חומצה גליקולית (PGA)	220

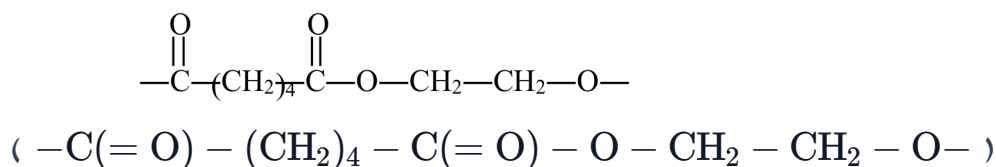
הסבירו את ההבדל בין ערכי T_m של שני הפולימרים.

- ד. (i) רשמו נוסחת מבנה לקטע מייצג של הקופולימר האקראי (4).
 (ii) טמפרטורת ההיתוך, T_m , של קופולימר (4) נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של פולימר (3).
 הסבירו מדוע.

ה. בטבלה הנתונה מוצגים ערכי T_g וערכי T_m של שני הפולימרים.

הפולימר	טמפרטורה זגוגית T_g ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת היתוך T_m ($^{\circ}\text{C}$)
פוליאטילן טרפֶּתֶאלט (PET) - פולימר (2)	70	265
פולימר פוליאטילן אדיפט (PEA)	-45	50

נוסחת המבנה של היחידה החוזרת של PEA:

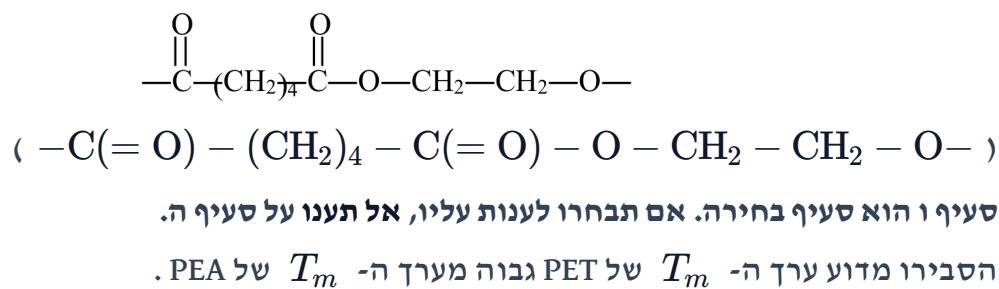


סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.
 באיזה מהפולימרים, PET או PEA, המרחק הממוצע בין קצות השרשרות גדול יותר?
 הניחו שאורך השרשרות בשני הפולימרים דומה. נמקו את הקביעה.

ו. בטבלה הנתונה מוצגים ערכי T_g וערכי T_m של שני הפולימרים.

הפולימר	טמפרטורה זגוגית T_g ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת היתוך T_m ($^{\circ}\text{C}$)
פוליאטילן טרפֶּתֶאלט (PET) - פולימר (2)	70	265
פולימר פוליאטילן אדיפט (PEA)	-45	50

נוסחת המבנה של היחידה החוזרת של PEA:



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

בטבלה מוצגים נתונים של ארבעה פולימרים, (1)-(4), שאורך השרשרות הממוצע שלהם דומה.

שם הפולימר	נוסחת מבנה של היחידה החוזרת	T_g ($^{\circ}\text{C}$)	T_m ($^{\circ}\text{C}$)
(1) קוולר		-	500
(2) ניילון 6,6		80	265
(3) דקרין		70	265
(4) פרספקס		105	160

שם הפולימר	נוסחת מבנה של היחידה החוזרת	T_g ($^{\circ}\text{C}$)	T_m ($^{\circ}\text{C}$)
(1) קוולר	$-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$	-	500
(2) ניילון 6,6	$-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-$	80	265
(3) דקרין	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$	70	265
(4) פרספקס	$-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-$	105	160

(בקוולר ובדקרין טבעות הבנזן קשורות לשרשרת במצבים מנוגדים, $-\text{C}_6\text{H}_4-$; בפרספקס הקבוצה $-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_3$ קשורה לאותו פחמן שקשורה אליו קבוצת CH_3).

א. (i) אילו מן הפולימרים שבטבלה נוצרים בפלמור על ידי דחיסה?

(ii) רשמו נוסחאות מבנה למונומרים של כל אחד מן הפולימרים שצינו בתת-סעיף א i.

ב. (i) הסבירו מדוע ערך ה- T_m של פולימר (1) גבוה מערך ה- T_m של פולימר (2).

(ii) הסבירו מדוע ערך ה- T_m של פולימר (2) שווה לערך ה- T_m של פולימר (3).

ג. (i) הסבירו מדוע ערך ה- T_g של פולימר (4) הוא גבוה.

(ii) פולימר (4) הוא פולימר אמורפי. הסבירו עובדה זו.

(iii) עבור פולימר (1) לא נמדד ערך ה- T_g . הסבירו מדוע.

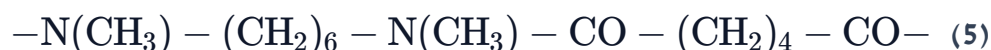
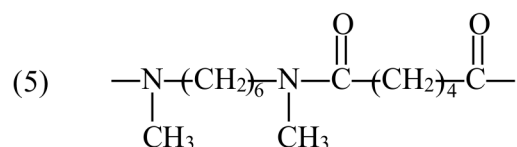
ד. סעיף ד הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ה.

פרספקס - פולימר (4), משמש תחליף לעצם בשל קשיחותו.

ציינו גורם אחד התורם לקשיחותו הגבוהה של פולימר זה. הסבירו.

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

כאשר אטומי המימן האמידיים בפולימר (2) מוחלפים בקבוצות מתילות, $-\text{CH}_3$, מתקבל פולימר (5) שנקרא ניילון (N-מתיל) 6,6:



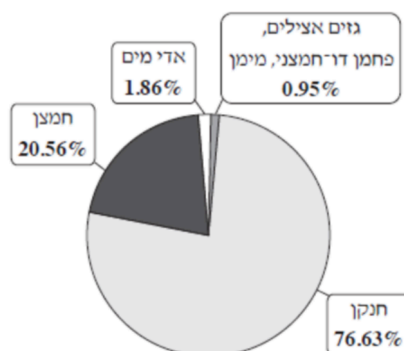
ערך ה- T_g של פולימר (5) נמוך מערך ה- T_g של פולימר (2). הסבירו מדוע.

פרק שלישי - כימיה פיזיקלית

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

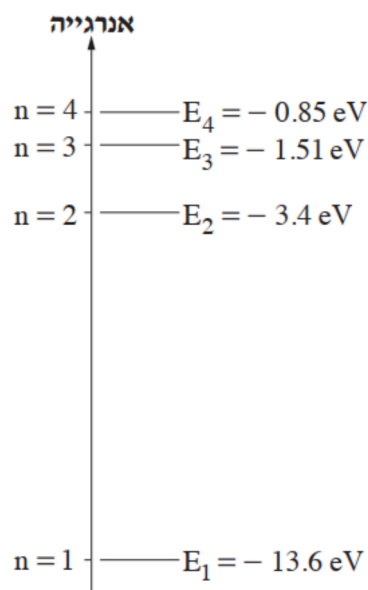
השאלה עוסקת בגזים אחדים שהם מרכיבי האוויר.

הגרף הנתון מתאר את הרכב האוויר בטמפרטורה של 25°C ובלחות 60% בלחץ 1 אטמוספירה.



(חנקן 76.63%; חמצן 20.56%; אדי מים 1.86%; גזים אצילים, פחמן דו-חמצני, מימן 0.95%)

א. הדיאגרמה הנתונה מציגה ארבע רמות האנרגיה הראשונות ($E_4 - E_1$) של אטום מימן.



($E_4 = -0.85 \text{ eV}$; $E_3 = -1.51 \text{ eV}$; $E_2 = -3.4 \text{ eV}$; $E_1 = -13.6 \text{ eV}$)

(i) חשבו את אנרגיית המעבר מרמת האנרגיה E_1 לרמת האנרגיה E_2 ביחידות ג'אול (J). פרטו את החישובים.

(ii) קבעו אם פלפל אדום בולע קרינה הנפלטת במעבר אנרגיה $E_3 \rightarrow E_2$. פרטו את החישובים, ונמקו.

ב. בבדיקת ספקטרום הפליטה של אטום מימן, $H_{(g)}$, נצפה קו סגול המתאים לאורך גל של 434 nm.

מהי התדירות המתאימה לאורך גל זה? פרטו את החישובים.

ג. כדי להאיץ את ההבשלה של מגוון פירות וירקות שנקטפו, מפזרים תערובת גזים במקום האחסון שלה הפירות והירקות. התערובת מכילה בעיקר גז חנקן, $N_{2(g)}$, וכ-5% גז אתילן.

(i) העתיקו מדפי הנוסחאות למחברת הבחינה את דיאגרמת האורביטלים המולקולריים המתאימה למולקולת חנקן, $N_{2(g)}$, והשלימו בה את אכלוס האלקטרונים:

• עבור שני אטומי חנקן

• עבור מולקולת חנקן.

(ii) ציינו את אורביטלי ה-HOMO וה-LUMO בהיערכות האלקטרונים במולקולת חנקן במצב אלקטרוני יסודי.

(iii) חשבו את סדר הקשר של מולקולת חנקן. פרטו את החישובים.

ד. יש שלטי פרסומת מאירים שהם נורות שבהן אטומי ניאון מעוררים.

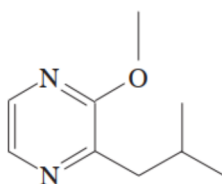
שתיים מהתדירויות העיקריות של הקרינה הנפלטת משלט ניאון מאיר הן:

$$4.27 \cdot 10^{14} \text{ Hz} , 4.83 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

באיזה צבע נראה לעין ניאון מאיר: אדום או כחול? פרטו את החישובים, ונמקו.

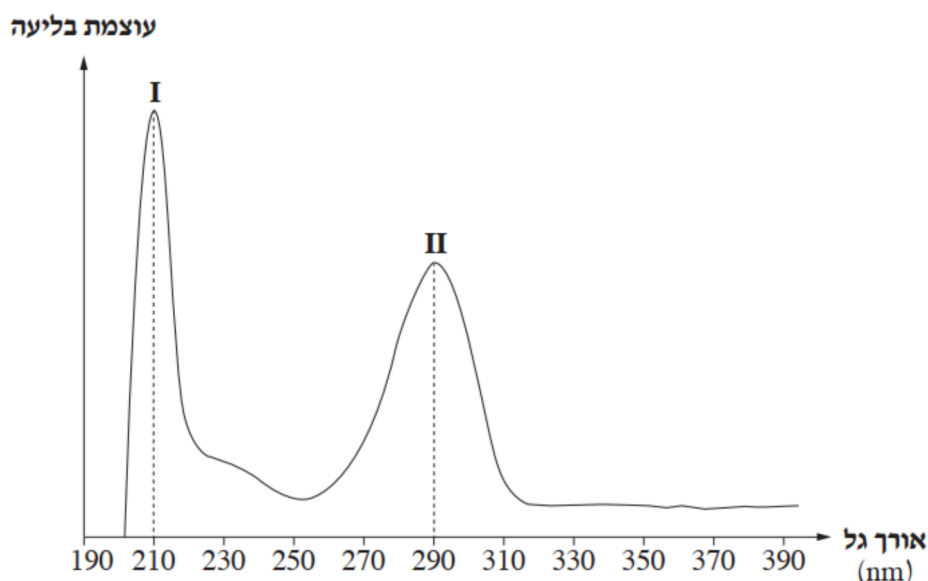
- ה. סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.
 רשמו אפשרות אחת להיערכות האלקטרונים באטום ניאון במצב אלקטרוני מעורר.
 ו. סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ה.
 האנרגייה הדרושה לעירור מולקולה אחת של חמצן היא $1.566 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
 חשבו את אורך הגל של הקרינה המתאימה לעירור של מולקולת חמצן. פרטו את החישובים.

6. יש לענות על כל הסעיפים א, ב, ג, ועל אחד מן הסעיפים ד או ה.
 השאלה עוסקת במשקאות המיוצרים מפולי קפה.
 א. בגרעיני קפה ירוק נמצא, בין השאר, חומר המכונה IBMP.
 נתון ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של מולקולת חומר זה.



- (i) העתיקו את הנוסחה למחברת הבחינה, והקיפו את הכרומופור.
 (ii) הצבע הירוק של פולי קפה אינו נגרם מן החומר IBMP. הסבירו מדוע.

- ב. יש סוגי קפה שכדי לשפר את איכותם, מוסיפים להם ויטמינים, למשל ויטמינים מסוג B. נתון קטע מספקטרום הבליעה של ויטמין B6.



(בגרף: שיא בליעה I באורך גל 210 nm, ושיא בליעה II באורך גל 290 nm; הציר האופקי - אורך גל בין 190 ל-390 nm.)

בספקטרום הבליעה הנתון יש שתי בליעות שעוצמתן מרבית.

בטווח אורכי הגל 390 nm – 780 nm, שאינו מופיע בספקטרום הנתון, אין בליעות שהעוצמה שלהן משמעותית.

(i) קבעו באיזו משתי הבליעות, I או II, אנרגיית הפוטון של הקרינה גדולה יותר.

נמקו ללא חישובים.

(ii) על פי קביעתכם בתת-סעיף ב i, חשבו את אנרגיית הפוטון הגדולה יותר. **פרטו את**

החישובים.

(iii) חשבו את תדירות הקרינה, המתאימה לפוטון שאת האנרגייה שלו חישבתם בתת-סעיף ב ii.

פרטו את החישובים.

(iv) קבעו אם תדירות הקרינה, שחישבתם בתת-סעיף ב iii, גבוהה מתדירות הקרינה של אור ירוק או נמוכה ממנה. **נמקו ללא חישובים.**

ג. היעזרו בקטע מספקטרום הבליעה של ויטמין B6, וקבעו אם ויטמין B6 הוא חומר צבעוני או חסר צבע. **נמקו את הקביעה.**

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

רופאים ממליצים שלא להרבות בשתיית קפה.

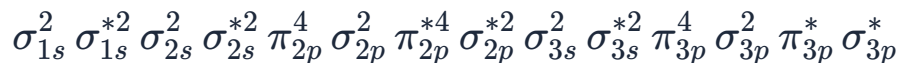
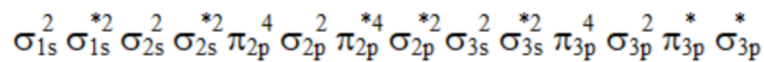
אחת הסיבות לכך היא שקפה מעכב ספיחה של יוני סידן, Ca^{2+} , בגוף. יוני סידן דרושים, בין השאר, לגוף לבניית עצמות.

רשמו אכלוס אלקטרונים של יון סידן.

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

פולי קפה מכילים, בין השאר, זרחן.

נתון אכלוס אלקטרונים במולקולת זרחן, P_2 .



איזה חלקיק יציב יותר: מולקולה P_2 או יון P_2^+ ? נמקו.

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