

סוג הבחינה: מבחן מתכונת
מבחן: מתכונת 2
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. (33% נקודות)

השאלה עוסקת בתגובה (1) שבה אצטון (פרופנון), $\text{CH}_3\text{COCH}_3(g)$, מגיב עם מימן, $\text{H}_2(g)$, ומתקבל 2-פרופנול, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(l)$ – ממס נפוץ וחומר חיטוי.

(1)



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיית ההתהוות התקנית, ΔH_f^0 , עבור החומרים המשתתפים בתגובה (1).

אצטון $\text{CH}_3\text{COCH}_3(g)$	מימן $\text{H}_2(g)$	2-פרופנול $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(l)$	החומר
-217.1	(משבצת מוצללת)	-318.1	** אנתלפיית ההתהוות התקנית, ΔH_f^0 (kJ/mol)

א. (i) חשב את שינוי האנתלפייה בתגובה (1), $\Delta H_{(1)}^0$. פרט את חישוביך.

(ii) הסבר מדוע במהלך תגובה (1) האנטרופיה של המערכת יורדת.

ב. באחד מתהליכי הייצור התעשייתיים של 2-פרופנול מבצעים את התגובה בין אצטון למימן

בטמפרטורה גבוהה, שבה כל החומרים נמצאים במצב גז – תגובה (2):



(i) גם במהלך תגובה (2) אנטרופיית המערכת יורדת.

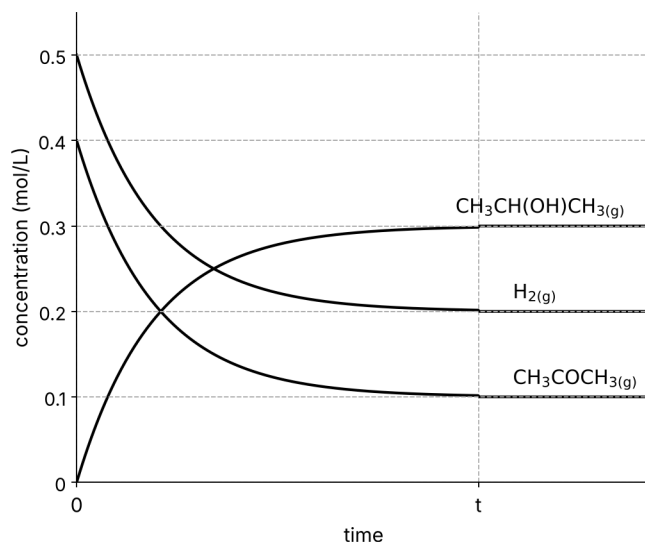
במהלך איזו משתי התגובות, (1) או (2), הירידה באנטרופיה גדולה יותר? נמק.

(ii) קבע אם במהלך תגובה (2), המתבצעת בכלי סגור בנפח קבוע ובטמפרטורה קבועה, הלחץ

בכלי עולה, יורד או אינו משתנה. נמק.

(iii) קבע באיזו משתי התגובות, (1) או (2), משתחררת אנרגייה רבה יותר. נמק.

- ג. במעבדה ערכו ניסוי I : לכלי סגור שנפחו 1 ליטר הכניסו את המגיבים של תגובה (2). הכלי הוחזק בטמפרטורה 500 K ולאחר זמן t המערכת הגיעה למצב שיווי משקל. הגרף שלפניך מתאר את השתנות הריכוזים של מרכיבי המערכת עם הזמן.



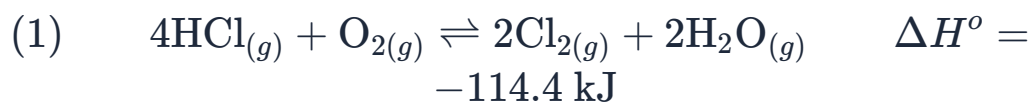
רשום את הביטוי של קבוע שיווי המשקל, K_c , עבור תגובה (2), וחשב את ערכו. פרט את חישוביך.

- ד. בניסוי II ביצעו את תגובה (2) בטמפרטורה 600 K. קבע אם ערך K_c עבור תגובה (2) בטמפרטורה זו גדול מן הערך שחישבת בסעיף ג, קטן ממנו או שווה לו. נמק.

2. (33% נקודות)

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

מימן כלורי, $\text{HCl}_{(g)}$, מתקבל כתוצר לוואי בתהליכים תעשייתיים רבים. אפשר להשתמש בו להפקת כלור, $\text{Cl}_{2(g)}$, בתגובה עם חמצן מהאוויר, בטמפרטורה גבוהה ובנוכחות זרז. התגובה מתוארת בניסוח (1):



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

$\text{HCl}_{(g)}$	$\text{O}_{2(g)}$	$\text{Cl}_{2(g)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	החומר
186.9	205.2	223.1	188.8	$S^\circ \left(\frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \right)$ **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), $3.5 \cdot 10^2$ ו- $8.2 \cdot 10^4$, בטמפרטורות שונות: ב- K_{600} וב- K_{800} .
 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 $O_{2(g)}$
 ii הגדלת ריכוזו של $H_2O_{(g)}$
 iii הוספת זרז
 קבעו אם, כתוצאה מכל אחד מהשינויים i-iii, ריכוזו של $Cl_{2(g)}$ במצב שיווי המשקל החדש יהיה גדול מריכוזו לפני השינוי, קטן ממנו או שווה לו. **נמקו כל אחת מקביעותיכם.**
- ד. למערכת של תגובה (1), הנמצאת בשיווי משקל, מוסיפים אדי מים, $H_2O_{(g)}$, בלי לשנות את הטמפרטורה ואת נפח הכלי.
 כיצד תושפע מהירות התגובה **ההפוכה** מיד לאחר הוספת אדי המים? **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. (33%) (נקודות)

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

השאלה עוסקת בפולימרים המשמשים לייצור זיפים של מברשות שיניים ובפוליאסטרס המתפרקים בגוף.

נתונות נוסחאות המבנה של המונומרים שמהם מקבלים את הפולימרים (1)-(4).

פולימר (1) - פוליבוטילן טרפאלט (PBT), משמש, בין השאר, לייצור זיפים של מברשות שיניים ולייצור חלקים של מכשירי חשמל.

הוא מתקבל מן המונומרים:

$\text{HO} - (\text{CH}_2)_4 - \text{OH}$ ו- $\text{HOOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH}$ (חומצה טרפאלית - שתי הקבוצות הקרבווקסיליות במצבים מנוגדים על טבעת הבנזן)

פולימר (2) - ניילון 6,12, משמש, בין השאר, לייצור זיפים של מברשות שיניים.

הוא מתקבל מן המונומרים:

$\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$ ו- $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$

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

חומצה 4-הידרוקסיבוטנואית: $\text{HO} - (\text{CH}_2)_3 - \text{COOH}$; חומצה 6-הידרוקסיבסאנואית: $\text{HO} - (\text{CH}_2)_5 - \text{COOH}$

פולימר (3) - פולי- (4-הידרוקסיבוטנואט) (P4HB), מתקבל מחומצה 4-הידרוקסיבוטנואית. הוא מתפרק בגוף ומשמש, בין השאר, לייצור חוטי תפירה נספגים.

קופולימר (4) - קופולימר אקראי המתקבל מחומצה 4-הידרוקסיבוטנואית ומחומצה 6-הידרוקסיבסאנואית, בכמויות דומות.

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

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

ב. (i) בתהליך ייצור הזיפים מותחים את הסיבים של פולימר (2) לאחר יציאתם מן הנחיר, ואחוז הגבישיות שלהם עולה.

הסבירו מדוע.

(ii) הפולימרים (1) ו- (2) מתאימים לייצור זיפים (סיבים) של מברשות שיניים.

ציינו **שתי** סיבות לכך עבור **כל אחד** מן הפולימרים האלה.

ג. בטבלה הנתונה מוצגים ערכי T_m של שני פוליאסטרס, המתקבלים מאותו דיאול.

טמפרטורת היתוך T_m ($^{\circ}\text{C}$)	נוסחת היחידה החוזרת	הפולימר
225	$-\text{O} - (\text{CH}_2)_4 - \text{O} - \text{CO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CO}-$	פוליבוטילן טרפאלט (PBT) - פולימר (1)
115	$-\text{O} - (\text{CH}_2)_4 - \text{O} - \text{CO} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CO}-$	פוליבוטילן סוקסינאט (PBS)

הסבירו את ההבדל בין ערכי T_m של שני הפולימרים.

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

ה. בטבלה הנתונה מוצגים ערכי T_m של שני פוליאמידים המתקבלים מאותו דיאמין, $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$.

טמפרטורת היתוך T_m ($^{\circ}\text{C}$)	נוסחת היחידה החוזרת	הפולימר
218	$-\text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH} - \text{CO} - (\text{CH}_2)_{10} - \text{CO}-$	ניילון 6,12 - פולימר (2)
370	$-\text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH} - \text{CO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CO}-$	ניילון T,6

- (בניילון T,6 טבעת הבנזן קשורה לשרשרת במצבים מנוגדים).
 סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ו.
 באיזה מהפולימרים, ניילון 6,12 או ניילון T,6, המרחק הממוצע בין קצות השרשרות גדול יותר?
 הניחו שאורך השרשרות בשני הפולימרים דומה. נמקו את הקביעה.

- ו. בטבלה הנתונה מוצגים ערכי T_m של שני פוליאמידים המתקבלים מאותו דיאמין, $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$.

הפולימר	נוסחת היחידה החוזרת	טמפרטורת היתוך T_m ($^{\circ}\text{C}$)
ניילון 6,12 - פולימר (2)	$-\text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH} - \text{CO} - (\text{CH}_2)_{10} - \text{CO}-$	218
ניילון T,6	$-\text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH} - \text{CO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CO}-$	370

- (בניילון T,6 טבעת הבנזן קשורה לשרשרת במצבים מנוגדים).
 סעיף ו הוא סעיף בחירה. אם תבחרו לענות עליו, אל תענו על סעיף ה.
 הסבירו מדוע ערך ה- T_m של ניילון T,6 גבוה מערך ה- T_m של ניילון 6,12.

4. (1/33 נקודות)

- 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
פולי(1-בוטן) (1-PB)	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	-24	צינורות למים חמים
פוליאקרילוניטריל (PAN)	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$	97	סיבים אקריליים; חומר מוצא לייצור סיבי פחמן
פולימתאקרילוניטריל (PMAN)	$\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CN}$	120	קופולימרים שלו משמשים באריזות החוסמות מעבר גזים
MXD6	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$ + $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$	85	בקבוקים רב-שכבתיים החוסמים מעבר חמצן

- 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. מתחת לטמפרטורה הזגוגית, T_g , פולימר אמורפי קשיח ושביר כמו זכוכית; מעליה הוא נעשה רך וגמיש.

תארו ברמת החלקיקים מה קורה לשרשרות הפולימר כאשר מחממים אותו מטמפרטורה הנמוכה מ- T_g לטמפרטורה הגבוהה מ- T_g (אך נמוכה מ- T_m).

ג. (i) הסבירו מדוע ערך ה- T_g של PAN גבוה מערך ה- T_g של 1-PB.

(ii) הסבירו מדוע ערך ה- T_g של PMAN גבוה מערך ה- T_g של PAN.

(iii) הסבירו מדוע ערך ה- T_g של MXD6 הוא גבוה יחסית.

ד. פוליאקרילוניטריל טהור קשה לעיבוד לסיבים. לכן מייצרים סיבים אקריליים מקופולימר של

אקרילוניטריל, $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$, עם כמות קטנה של מתיל אקרילט,

$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COO} - \text{CH}_3$.

רשמו קטע מייצג של קופולימר אקראי של אקרילוניטריל ומתיל אקרילט.

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

חוקרים ביצעו פלמור בשני כלים, A ו- B, כדי לקבל MXD6.

לכל אחד משני הכלים הכניסו החוקרים אותה כמות של מונומרים.

לכלי B הם הכניסו גם מעט חומצה אצטית, $\text{CH}_3 - \text{COOH}$, שהגיבה בכלי.

שרשרות הפולימר שהתקבל בכלי B קצרות משרשרות הפולימר שהתקבל בכלי A. הסבירו

עובדה זו.

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

חוקרים ביצעו פלמור בשני כלים, A ו- B, כדי לקבל MXD6.

לכל אחד משני הכלים הכניסו החוקרים אותה כמות של מונומרים.

לכלי B הם הכניסו גם מעט חומצה אצטית, $\text{CH}_3 - \text{COOH}$, שהגיבה בכלי.

קבעו אם היחידה החוזרת של הפולימר שהתקבל בכלי B זהה ליחידה החוזרת של הפולימר

שהתקבל בכלי A או שונה ממנה. נמקו.

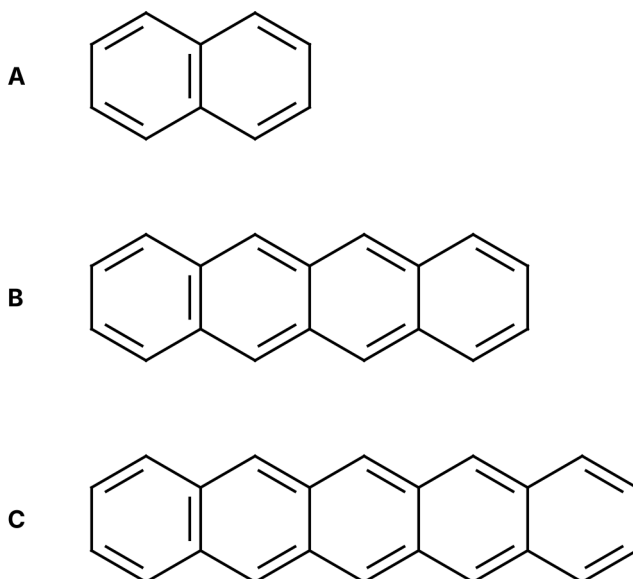
פרק שלישי - כימיה פיזיקלית

5. (333/1 נקודות)

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

במעבדה חקרו שלושה פחמימנים ארומטיים, הבנויים מטבעות בנזן מאוחדות בשורה:

- נפתלן (שתי טבעות) – שימש בעבר בכדורים נגד עש.
 - טטרצן (ארבע טבעות).
 - פנטצן (חמש טבעות) – משמש מוליך למחצה אורגני בטרנזיסטורים גמישים.
- לפניך נוסחאות המבנה של שלושת החומרים (A – נפתלן, B – טטרצן, C – פנטצן; אטומי הפחמן והמימן אינם מסומנים):



- א. הצבעים של החומרים שונים: אחד לבן, אחד כתום ואחד סגול כהה. איזה חומר הוא כתום, ואיזה סגול? **נמק.**
- ב. המסו כמות קטנה מכל אחד מן החומרים בממס אורגני חסר צבע. התקבלו שלוש תמיסות: תמיסה (1) סגולה, תמיסה (2) כתומה, תמיסה (3) חסרת צבע. (i) תמיסה (3) התקבלה על ידי המסת החומר הלבן. הסבר מדוע תמיסה (3) היא חסרת צבע. (ii) לכל אחת משלוש התמיסות מדדו את אורך הגל שבו הבליעה מקסימלית. אורכי הגל הם: 580 nm , 286 nm , 474 nm . התאם כל אחד מאורכי הגל שנמדדו לכל אחת מן התמיסות (1) , (2) , (3) . **נמק.** (iii) חשב את הפרש האנרגיה בין אורביטל ה־ HOMO לאורביטל ה־ LUMO עבור פנטצן. **פרט את חישוביך.**
- ג. זאקסנתין הוא צבען צהוב, הנמצא, בין השאר, בגרעיני תירס. במולקולת זאקסנתין יש מערכת של 11 קשרים כפולים $C = C$ מצומדים (9 בשרשרת מרכזית ארוכה ו־ 2 בטבעות שבקצותיה). קבע באיזה אורך גל, 450 nm או 570 nm , מולקולות הזאקסנתין בולעות קרינה. **נמק.**

- ד. סעיף ד הוא סעיף בחירה. אם תבחר לענות עליו, אל תענה על סעיף ה.
- סטירן, $C_6H_5 - CH = CH_2$, הוא נוזל חסר צבע המשמש מונומר לייצור פוליסטירן. הסבר מדוע סטירן בולע קרינה באורך גל קצר יותר מאורך הגל שבו זאקסנתין בולע.
- ה. סעיף ה הוא סעיף בחירה. אם תבחר לענות עליו, אל תענה על סעיף ד.
- מתיל אורנג' הוא צבען המשמש אינדיקטור לחומציות. בתמיסה בסיסית הוא צהוב, ונוסחת המבנה של החלקיק בתמיסה זו היא:

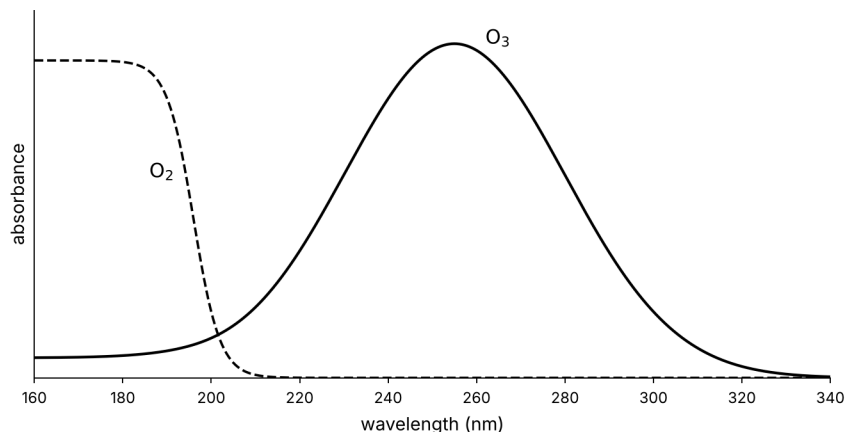


- (שתי טבעות הבנזן קשורות לקבוצות שבצדיהן בעמדות מנוגדות.)
- קבע אם החלקיק בולע אור בתחום הנראה. הסבר את קביעתך ברמה מיקרוסקופית.
- ו. בספקטרום פליטה של מנורת אבץ מופיעים, בין השאר, קווים באורכי הגל האלה:
- 213.9 nm , 307.6 nm , 481.1 nm , 636.2 nm .
- (i) קבע עבור כל אחד מאורכי גל אלה באיזה תחום הוא נמצא – אינפרה אדום (תת־אדום), אור נראה או אולטרה סגול (על־סגול). נמק.
- (ii) קבע לאיזה מאורכי גל אלה מתאימים פוטונים בעלי האנרגייה הנמוכה ביותר. נמק ללא חישוב.

6. (33% נקודות)

- שכבת האוזון בסטרטוספירה מגנה על היצורים החיים בכדור הארץ מפני קרינה אולטרה־סגולה (UV) המגיעה מן השמש. קרינה זו עלולה לפגוע בתאים חיים, בין השאר בחומר התורשתי שלהם. בין סוגי הקרינה האולטרה־סגולה: UVC בתחום אורכי הגל 100 nm – 280 nm , ו־UVB בתחום אורכי הגל 280 nm – 315 nm .
- א. קבע איזו קרינה, UVC או UVB , גורמת נזק גדול יותר לתאים חיים. נמק.

ב. בגרף שלפניך מוצגים באופן סכמטי ספקטרה בליעה של אוזון, O_3 , ושל חמצן, O_2 .



באטמוספירה יש הרבה יותר מולקולות O_2 ממולקולות O_3 . למרות זאת, ההגנה מפני קרינת UV בתחום $220 \text{ nm} - 300 \text{ nm}$ ניתנת בעיקר על ידי האוזון. הסבר עובדה זו.

ג. קיימים חרוזים המכילים צבען פוטוכרומי. בתוך הבית החרוזים חסרי צבע, אך כאשר הם נחשפים לקרינת UV מן השמש, מולקולות הצבען משנות את מבנן, ומתחילות לבלוע אור באורך גל 610 nm . מה צבעם של החרוזים בשמש? נמק.

ד. כדי למדוד בליעה של קרינת UV במעבדה, משתמשים בין השאר במנורת אבץ. מנורה זו פולטת קרינה אולטרה-סגולה בעיקר באורך גל 213.9 nm .

(i) חשב את תדירות הקרינה הנפלטת באורך גל 213.9 nm . פרט את חישוביך.

(ii) הסבר מדוע ספקטרום הפליטה של מנורת אבץ הוא קווי ולא רציף.

ה. גלאים לקרינת UV אפשר להכין מיהלום. יהלום בנוי מאטומי פחמן בלבד, והפרש האנרגיה בין פס ההולכה לפס הערכיות שלו הוא 5.5 eV .

(i) יהלום הוא מבודד חשמלי. הסבר עובדה זו על פי מבנה פסי האנרגיה.

(ii) קבע אם הקרינה של מנורת האבץ (213.9 nm) יכולה להעביר אלקטרונים ביהלום

מפס הערכיות לפס ההולכה, וקבע אם אור כחול באורך גל 450 nm יכול לעשות זאת. נמק בעזרת חישוב.

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