



המרכז הארצי למורי הכימיה



המחלקה להוראת המדעים

מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה

ניתוח תוצאות של בחינת הבגרות בכימיה השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד תשע"ה שאלונים 037201 , 037202 , 037203 חלק I

הוכן על-ידי: **בוגרי הקורסים למורים מובילים**
במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה

בראשות: זיוה בר-דב

צוות הכתיבה: חני אלישע

רחל אשר

אסתר ברקוביץ

מוחמד גרה

רים סאבא

אלה פרוטקין-זילברמן

מיכאל קויפמן

רחל קלנר

עדינה שינפלד

נאוה תמם

יעוץ מדעי ופדגוגי: מכון ויצמן למדע: ד"ר רחל ממלוק-נעמן

ד"ר דבורה קצביץ

פרופ' ליאור קרוניק

משרד החינוך: ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה

מרץ 2016

חלק I

תוכן עניינים

עמ'	
4	• מבוא
7	• נושא חובה : אנרגיה ודינמיקה 1
30	• ברום ותרכובותיו
52	• פולימרים
73	• כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

אנו מודים למעריכי בחינות הבגרות בכימיה, אשר השתתפו ביום העיון שהתקיים בתיכון חדרה, בתאריך 27.10.2015. יום העיון עסק בסיכום וניתוח של תוצאות בחינת הבגרות תשע"ה, ובמסגרתו התקיימה סדנה בה השתתפו 65 מעריכים, אשר עבדו בקבוצות בהנחיית המעריכים הבכירים וחברי הצוות של כתיבת ניתוח בגרות. בקבוצות התקיים דיון בכל נושאי הבחינה. המעריכים דנו בטעויות אופייניות של תלמידים ובדרכים להתגבר על קשיי למידה הגורמים לטעויות אלה. סיכומי העבודה בסדנה עזרו לנו בכתיבת חוברת זו.

**ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה
השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד תשע"ה
שאלונים 037201 , 037202 , 037203**

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות נעשה על ידי מספר מורים מנוסים, בעלי ניסיון רב בהכנה ובהגשה לבגרות, בוגרי הקורסים למורים מובילים. הקורסים התקיימו במרכז הארצי למורי הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, במכון ויצמן למדע ובטכניון.

החומר מופיע באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter>

ובאתר המפמ"ר:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/chimya

בנוסף, באתר המרכז הארצי למורי הכימיה נמצאים ניתוחי הבגרות מהשנים תשנ"ח-תשע"ה. השנה ניגשו לבחינת השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד **7788** תלמידים.

הניתוח הנוכחי מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני תת-סעיפים) ועל טעויות אופייניות שאותרו על ידי מעריכי בחינת הבגרות.

איתור ואיסוף טעויות אל ה כרוך במאמצים רבים מצד המעריכים ועל כך תודתנו הרבה.

התשובות לשאלות שמופיעות בחוברת זו מבוססות על המחווון למעריכי בחינת הבגרות ומיועדות למורים.

תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר!

בטבלה הבאה מופיעים ממוצעים משוקללים של הציונים בשלושת השאלונים: 37201, 37202, 37203, על פי ממצאים סטטיסטיים שדווחו על ידי מכון סאלד. ממצאים אלה מתבססים על 7788 נבחנים.

כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה		פולימרים		ברום ותרכובותיו		נושא חובה: אנרגיה ודינמיקה 1		הנושא
8	7	6	5	4	3	2	1	
77	73	71	69	58	53	78	73	מס' שאלה
5.5%	19%	14%	37%	3.6%	4%	48%	52%	ציון ממוצע
								% תלמידים שבחרו בשאלה

תרמודינמיקה שלב שני		כימיה של הסביבה		כימיה של חלבונים וחומצות גרעין		כימיה אורגנית מתקדמת		הנושא
16	15	14	13	12	11	10	9	
82	74	80	77	74	78	64	72	מס' שאלה
2%	2%	4.6%	5%	12%	7.7%	3.6%	6%	ציון ממוצע
								% תלמידים שבחרו בשאלה

ראשית נגדיר את המטלות בכל שאלה כתוצרי למידה - מה יהיו התלמידים מסוגלים לעשות כתוצאה מפעילות הלמידה.
 תוצרי למידה מבטאים את מה שמצופה מהתלמיד לבצע בתום תקופת הלמידה.
 גישה המבוססת על תוצרי למידה היא גישה ממוקדת תלמיד.

הטקסונומיה של בלום בתחום הקוגניטיבי:

- החשיבה מתחלקת לשש רמות מורכבות.
- תהליכי החשיבה השונים מאורגנים בסדר היררכי.
- כל רמה תלויה ביכולת לפעול ברמות שתחתיה.
- ההוראה והלמידה הן תהליכים מתמשכים.
- המורה צריך לגרות את התלמידים להניע את תהליכי החשיבה שלהם כלפי מעלה עד לשלבים הגבוהים של סינתזה והערכה.



בניתוח השאלות אנו מציגים **רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**, העשויה לעזור בתכנון לימודים ובהערכת הישגים. הטקסונומיה כוללת שש רמות חשיבה :

ידע : יכולת להיזכר או לזכור עובדות, יכולת של שלילת מידע מהזיכרון - פרטים, דרכים, אמצעים ועוד.

דוגמה לשאלה : מהי טמפרטורת הרתיחה של המים ?

הבנה : יכולת להבין ולפרש מידע שנלמד, יכולת להשתמש בחומר הנלמד, הצגתו בדרך שונה מזו שנלמדה.

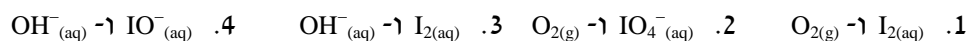
דוגמה לשאלה : קבע אם ההיגד הוא נכון : לאטומים של היסודות הנמצאים בטור השני, יש מספר זהה של אלקטרוני ערכיות.

יישום : יכולת להשתמש בחומר הנלמד במצבים חדשים, כלומר, להשתמש ברעיונות ומושגים לפתרון בעיות, יכולת ליישם את הידע הנרכש בהקשרים שונים ובמצבים חדשים.

דוגמה לשאלה : הסבר מדוע פרכלורואתן, C_2Cl_4 , הוא נוזל ואילו אתן, C_2Cl_4 , הוא גז בתנאי החדר.

אנליזה (ניתוח) : יכולת לפרק מידע למרכיביו, כלומר לחפש אחר קשרים פנימיים ורעיונות, יכולת לנתח את הנתונים, להבחין בין עובדות להנחות, בין עיקר לטפל.

דוגמה לשאלה : ערבבו תמיסה המכילה יוני יודאט, IO_3^- (aq), עם תמיסת מימן על חמצני, H_2O_2 (aq). התרחשה תגובה. אילו תוצרים יכולים להתקבל בתגובה זו?



סינתזה : יכולת לחבר חלקים יחדיו ולהבין באמצעותם את התמונה השלמה, יכולת להרכיב תוצר ממרכיביו - יכולת לשער, להמציא.

שאלה לדוגמה : לבקש מהתלמיד לתכנן ניסוי העשוי לאשר את השערתו.

הערכה : יכולת לשפוט ולהעריך מידע למטרה מסוימת, יכולת שיפוט איכותי וכמותי של תוצר על פי קריטריונים.

לדוגמה : שיפוט רעיון, המצאה מדעית.

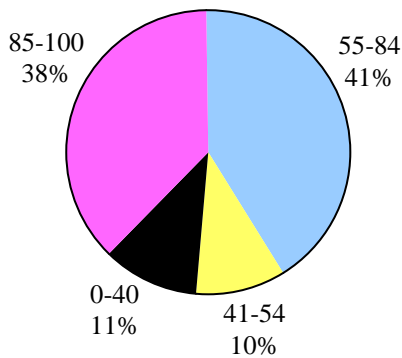
שאלה 1

נושא חובה - אנרגיה ודינמיקה 1

	שאלון 37201	שאלון 37202	שאלון 37203	ציון משוקלל
ציון	73	69	73	73

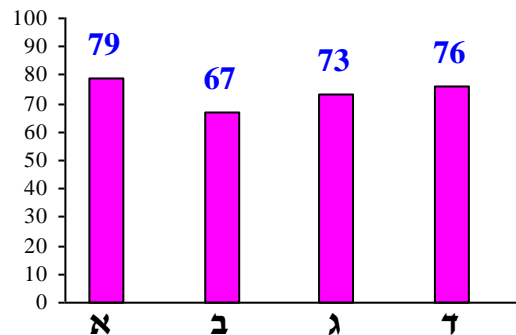
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 52% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 73

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר את הקשר בין עלייה בטמפרטורה לעלייה באנרגיה הקינטית של חלקיקים.
- לקבוע שתהליך היתוך הוא תהליך אנדותרמי, ולבחור בתיאור גרפי המציג נכון את השינוי באנרגיה הפנימית של חלקיקי המתכת במהלך ההיתוך.
- לחשב את כמות האנרגיה הנפלטת בניסוי מסוים, כשנתונות תוצאות הניסוי ושינוי האנתלפיה של התגובה, ΔH° .
- לחשב שינוי האנתלפיה של התגובה הנתונה, ΔH° , כשנתונות תוצאות הניסוי הכוללים את כמות האנרגיה הנפלטת.
- להסביר את תפקיד הזרז בתגובה.
- לחשב אנתלפיית קשר מסוים לפי ניסוח תגובה, מתוך נתונים של שינוי אנתלפיה של התגובה, ΔH° , ואנתלפיות של שאר הקשרים הניתקים והנוצרים בתגובה.
- לקבוע את כיוון מעבר האנרגיה: מגוף בטמפרטורה גבוהה לגוף בטמפרטורה נמוכה.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

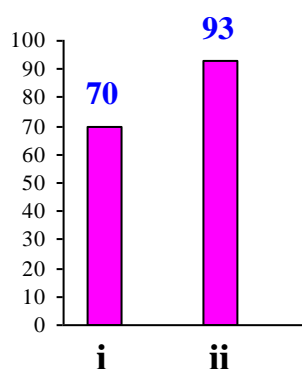
סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א	i	יישום
	ii	יישום
ב	i	יישום
	ii	יישום
ג	i	הבנה
	ii	יישום
ד	i	יישום
	ii	יישום

פתיח לשאלה

מרבית היסודות הם מתכות. השאלה עוסקת בהיבטים אנרגטיים הנוגעים למתכות.

סעיף א' (הציון 79)

זהב, $Au_{(s)}$, מאוכסן בבנקים בצורת מטילים. להכנת המטילים מתיכים את הזהב המוצק לנוזל, שופכים אותו לתבניות מלבניות ומקררים. טמפרטורת ההיתוך של $Au_{(s)}$ היא 1336 K.



תת-סעיף i (הציון 70)

במהלך החימום של $Au_{(s)}$ האנרגיה הקינטית הממוצעת של חלקיקי המוצק עולה. הסבר מדוע.

התשובה:

במהלך החימום של $Au_{(s)}$ מועברת אנרגיה לחלקיקי הזהב. בעקבות זאת תנועת החלקיקים מתגברת (א: עוצמת התנודות גדלה). לכן האנרגיה הקינטית הממוצעת של חלקיקי המוצק עולה.

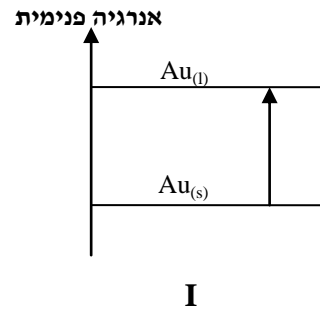
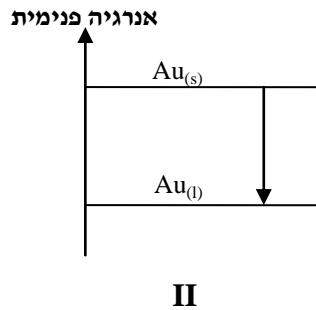
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא **יישום**.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. הטעויות האופייניות שאותרו הן :
- ♦ חוסר הבנה של משמעות האנרגיה הקינטית הממוצעת :
 - ♦ "טמפרטורה זה שט נרדף לאנרגיה קינטית ממוצעת."
 - ♦ בלבול בין סיבה לתוצאה :
 - ♦ "צקה עצמית הטמפרטורה צולה תנועת החלקיקים ולכן צולה שט האנרגיה הקינטית."
 - ♦ "כשמחממים מוצק נותנים לו אנרגיה קינטית. טמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת ולכן ככל שצלה את הטמפרטורה כך תצלה האנרגיה הקינטית."
 - ♦ בלבול בין חימום לבין תהליך היתוך :
 - ♦ "חלק מהקשרים נשמרו כתוצאה ממעבר אנרגיה."
 - ♦ "במהלך החימום האנרגיה הקינטית הממוצעת צולה כתוצאה משינוי מצב צבירה."
 - ♦ "תאמת ההתכה אנדותרמית ואורמת להכנסת אנרגיה לחלקיקי המוצק."
 - ♦ בנוסף לכך גם חוסר הבנה של מבנה החומר :
 - ♦ "בעת חימום המתכת נשמרים קשרים בין מולקולות $Au_{(s)}$ ולאורת התנועה."
 - ♦ בלבול בין השקעת אנרגיה הגורמת לעלייה בטמפרטורה לבין השקעת אנרגיה לצורך התגברות על אנרגיית הסף של השפעול :
 - ♦ "בעת חימום המתכת חלה עלייה באנרגיה הקינטית ולכן יש יותר התנשלויות פוריות ליצירת תוצרים."
 - ♦ "אט מצליים את הטמפרטורה יהיו יותר תצמידים משופצים, לכן האנרגיה הקינטית $Au fe$ צולה."
 - ♦ הסבר חלקי שאינו מכיל התייחסות להעברת אנרגיה של חלקיקי הזהב במהלך החימום .

תת-סעיף ii (הציון 93)

קבע איזה משני התיאורים הגרפיים שלפניך, I או II, מציג נכון את השינוי באנרגיה הפנימית של חלקיקי הזהב במהלך ההיתוך.



התשובה:

תיאור גרפי I.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

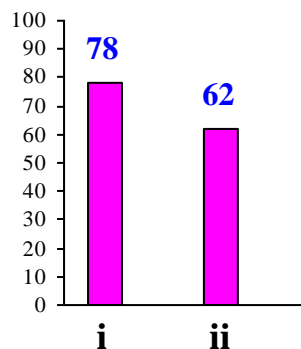
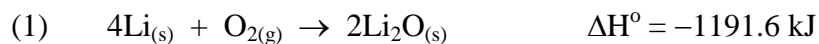
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. רוב התלמידים קבעו נכון מהו התיאור הגרפי המתאים. תלמידים מעטים טעו ובחרו בתיאור גרפי II. על פי הנימוקים שכתבו כמה תלמידים שטעו (למרות שהנימוק לא נדרש) ניתן להבין את הסיבה לטעויות - בלבול בין תהליך אנדותרמי לתהליך אקסותרמי:

• "האנרגיה הפנימית של התוצר צולה, לכן התהליך אקסותרמי ומתאים לצרף II."

סעיף ב' (הציון 67)

ליתיום, $Li_{(s)}$, משמש, בין היתר, לייצור סוללות להפעלת מכשירי חשמל. ליתיום מגיב עם חמצן, $O_{2(g)}$, שבאוויר על פי תגובה (1):



תת-סעיף i (הציון 78)

חשב את כמות האנרגיה הנפלטת כאשר 1 מול $\text{Li}_{(s)}$ מגיב עם כמות מספקת של $\text{O}_{2(g)}$.
פרט את חישוביך.

התשובה:

כמות האנרגיה הנפלטת כאשר מגיבים 4 מול $\text{Li}_{(s)}$ היא 1191.6 kJ, אם יגיב 1 מול $\text{Li}_{(s)}$, כמות האנרגיה שתיפלט:

$$\frac{1191.6 \text{ kJ} \times 1 \text{ mol}}{4 \text{ mol}} = 297.9 \text{ kJ}$$

אן: חישוב עם מינוס לפני הערכים של אנרגיה (במקום מילה "תיפלט")

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו להתייחס לנתוני השאלה ולחשב את הנדרש. הטעויות האופייניות שאותרו:

♦ חישוב ΔH° שנתון במקום Q:

$$\bullet \quad \Delta H^\circ = \frac{-1191.6 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = -1191.6 \text{ kJ}$$

חלק מהתלמידים כפלו ב-1 מול, חלק חילקו ב-1 מול.

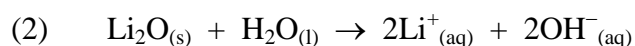
♦ חוסר הבנה מה נדרש בשאלה - חישוב ΔS° סביבה.

המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים ש- ΔH° של תגובה מתייחס לתגובה כפי שהיא כתובה, לפי יחסי המולים בתגובה הנתונה. שינוי במספר המולים גורם לשינוי גם בכמות האנרגיה המעורבת בתגובה (נפלטת או נקלטת - בהתאם לסוג התגובה). דבר זה חשוב בחישובים של שינויי אנרגיה בניסויים שונים וכן גם בחישובים של שינוי אנתלפיית התגובה לפי חוק הס.

תת-סעיף ii (הציון 62)

התחמוצת $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$ מגיבה עם מים על פי תגובה (2):



כאשר 67.5 gr של $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$ מגיבים עם מים, נפלטת כמות אנרגיה השווה בערכה לכמות האנרגיה שחישבת בתת-סעיף ב i.

חשב את השינוי באנתלפיית התקנית, ΔH° , של תגובה (2). פרט את חישוביך.

התשובה:

$$30 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$:

$$\frac{67.5 \text{ gr}}{30 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 2.25 \text{ mol}$$

מספר המולים של $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$

כמות האנרגיה הנפלטת כאשר מגיבים 2.25 מול $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$, היא 297.9 kJ, אם יגיב 1 מול $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$, כמות האנרגיה שתיפלט:

$$\Delta H^\circ_{(2)} = \frac{(-297.9 \text{ kJ}) \times 1 \text{ mol}}{2.25 \text{ mol}} = -132.4 \text{ kJ}$$

(אן: חישוב של אנרגיה נפלטת ללא מינוס לפני הערכים. אך חובה לרשום $(\Delta H^\circ_{(2)} = -132.4 \text{ kJ})$)

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא התייחסו לנתוני השאלה כדי לחשב את הנדרש. הטעויות האופייניות שאותרו:

♦ שימוש בנתוני תת-סעיף ב i במקום בתוצאה שהתקבלה תת-סעיף זה:

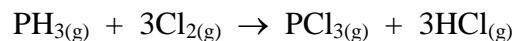
$$\bullet \quad \Delta H^\circ = \frac{-1191.6 \text{ kJ}}{2.25 \text{ mol}} = -529.6 \text{ kJ}$$

חלק מהתלמידים כפלו במספר המולים במקום לחלק.

המלצות:

מומלץ לתרגל חישובים של שינויי אנרגיה לפי נתונים של אנרגיה המעורבת בניסוי. תרגיל לדוגמה:

כדי לקבוע שינוי אנתלפיה בתגובה ביצעו את הניסוי הבא: הגיבו 1.7 gr של $\text{PH}_3(g)$ עם כמות מתאימה של $\text{Cl}_2(g)$. התרחשה התגובה שניסוחה:

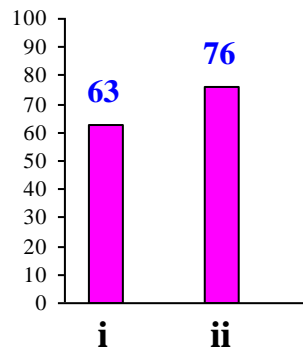


בניסוי נפלטה אנרגיה של 26.67 kJ.

חשב את כמות האנרגיה הנפלטת כאשר מול אחד של $\text{PH}_3(g)$ מגיב. פרט את חישוביך.

סעיף ג' (הציון 73)

פלטינה, $Pt_{(s)}$, משמשת זרז בתהליכים שונים בתעשייה.



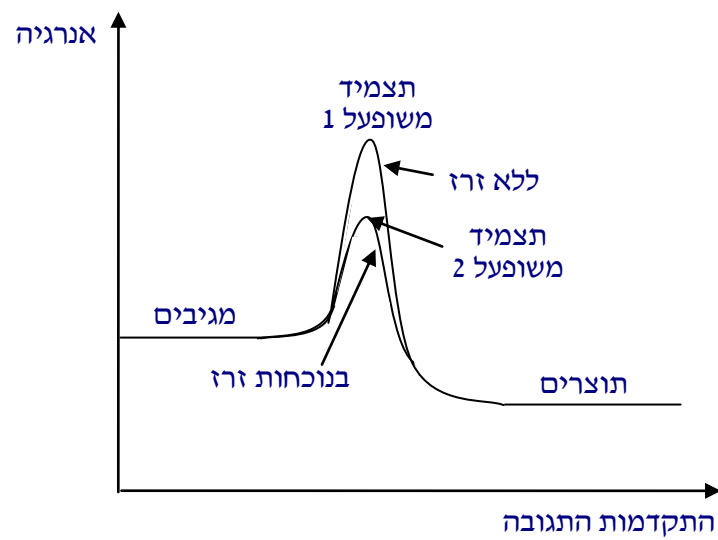
תת-סעיף i (הציון 63)

הסבר מהו תפקידו של הזרז.

התשובה:

משתמשים בזרז בתגובות שיש להן אנרגיית שפעול גבוהה. בנוכחות זרז התהליך מתרחש במנגנון שונה שיש לו אנרגיית שפעול נמוכה יותר (אנ: נוצר תצמיד משופעל שיש לו אנרגיה נמוכה יותר).

אוגרף:



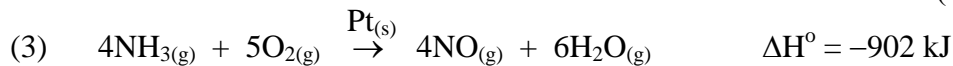
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר מהו תפקיד הזרז.
הטעויות האופייניות שאותרו:
- הסבר כללי מעין סיסמה ללא התייחסות לאנרגיית השפעול:
 - "תפקידו של הזרז הוא להזיז את התאוצה."
 - "תפקיד הזרז ליצור תנאים להתרחשות תאוצה טובה ומהירה יותר."
 - הסבר כללי הכולל התייחסות לאנרגיית השפעול:
 - "תפקיד הזרז הוא להזיז את אנרגיית שפועל ולזרז את התאוצה."
 - חוסר הבנה של אופן פעילות הזרז:
 - "תפקיד הזרז הוא לספק למגיבים אנרגיה מספקת כדי לזרוק את מחסום אנרגיית השפועל."
 - "זרז יוצר מצב שזוקף את אנרגיית השפועל ומאפשר למגיבים להפוק אתוצריט."

תת-סעיף ii (הציון 76)

מפיקים חנקן חד-חמצני, $\text{NO}_{(g)}$, בתגובה בין אמוניה, $\text{NH}_{3(g)}$, לחמצן, $\text{O}_{2(g)}$, בנוכחות $\text{Pt}_{(s)}$ על פי תגובה (3):



בטבלה שלפניך נתונים ערכים של אנתלפיות קשר:

הקשר	O-H	O=O	N-H
אנתלפיית הקשר ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$)	463	497	391

חשב את אנתלפיית הקשר במול מולקולות $\text{NO}_{(g)}$. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$\Delta H^\circ_{(3)} = (12\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 5\Delta H^\circ_{\text{O=O}}) - (4X + 12\Delta H^\circ_{\text{O-H}})$$

X - אנתלפיית קשר במול מולקולות NO.

$$-902 = 12 \times 391 + 5 \times 497 - 4X - 12 \times 463$$

$$X = 630 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים ידעו לחשב נכון את אנתלפיית הקשר. למרות זאת אותרו טעויות אופייניות, כמו טעות שחזרה על עצמה אצל תלמידים רבים - חישוב לפי נוסחה:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{\text{תוצרים}} - \sum \Delta H^\circ_{\text{מגיבים}}$$

חישוב זה נובע מבלבול בין החישוב של השינוי באנטרופיה של תגובה לעומת חישוב השינוי באנתלפיה של תגובה לפי אנתלפיות קשר.

$$-902 = 4X + 12 \times 463 - (12 \times 391 + 5 \times 497)$$

$$X = 179.75 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

טעות נוספת שהופיעה במחברות רבות: השוואת השינוי באנתלפיית התגובה ל-0 - כלומר:

$$0 = 12 \times 391 + 5 \times 497 - 4X - 12 \times 463$$

$$X = 405.2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

בחלק מהמקרים התגלו שגיאות ברישום חלק מהמקדמים המתאימים, שגיאות שגרמו לקבלת תוצאה שגויה ולעיתים אף שלילית. התלמידים שטעו לא התייחסו לכך שהתקבלה תוצאה שלילית כאל תוצאה בעייתית.

המלצות:

תלמידים רבים פותרים שאלות מסוג זה באופן טכני על ידי הצבה בנוסחה אשר במקרה זה שגויה. חשוב שהתלמידים יבינו את משמעות החישוב - שאנרגיה מושקעת בניתוק קשרים ואז הסימן צריך להיות חיובי, ואילו ביצירת קשרים אנרגיה נפלטת ואז הסימן שלילי. כמו כן, מומלץ לתרגל עם התלמידים פתרון שאלות מסוג זה לפי סדר פעולות:

1. רושמים את ניסוח התגובה.
2. מתחת לניסוח משרטטים נוסחת מבנה לכל אחת מהמולקולות (רצוי לצייר מספר מולקולות כפי שמופיע בניסוח התגובה, לדוגמה 4 מולקולות של אמוניה) של מגיבים ותוצרים (יש להקפיד לשרטט את הקשרים המתאימים יחיד/כפול/משולש).
3. סופרים כמה קשרים מכל סוג קיימים.
4. מחשבים X על פי הדוגמה:

$$\Delta H^\circ_{(3)} = (12\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 5\Delta H^\circ_{\text{O=O}}) - (4X + 12\Delta H^\circ_{\text{O-H}})$$

מספר קשרים
במולקולה

O=O - אנתלפיית קשר $\Delta H^\circ_{\text{O=O}}$

N-H - אנתלפיית קשר $\Delta H^\circ_{\text{N-H}}$

O-H - אנתלפיית קשר $\Delta H^\circ_{\text{O-H}}$

X - אנתלפיית קשר במול מולקולות NO

סעיף ד' (הציון 76)

המתכת ניוביום, $Nb_{(s)}$, משמשת להולכת חשמל בטמפרטורות נמוכות במאיץ החלקיקים בסרן (CERN), הנמצא בגבול בין שוויץ לצרפת.

ערכו ניסוי שבו לקחו שתי דגימות, A ו-B, של $Nb_{(s)}$ בטמפרטורת החדר (298 K). המסה של דגימה A הייתה 10 גרם, והמסה של דגימה B הייתה 50 גרם. לקחו שני כלים מבודדים שבכל אחד מהם 1 ליטר חנקן נוזלי, $N_{2(l)}$, בטמפרטורה 75 K. מהו הכיוון של מעבר האנרגיה: מן המתכת אל הנוזל או מן הנוזל אל המתכת? נמק.

התשובה:

הכיוון של מעבר האנרגיה הוא מהמתכת אל הנוזל. מעבר האנרגיה מתרחש מן הגוף בטמפרטורה גבוהה (המתכת) אל הגוף בטמפרטורה נמוכה יותר (הנוזל).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון, אולם חלקם שגו בנימוק או כתבו נימוק חלקי. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:
1. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי:
 - ♦ בלבול בין המושגים "אנרגיה" ו"טמפרטורה":
 - "הטמפרטורה של המתכת גבוהה יותר ולכן היא מוצגת אל הנוזל".
- הנימוק שגוי מכיוון שחום הוא צורת מעבר של אנרגיה וטמפרטורה אינה מועברת אלא נמדדת.
- ♦ בלבול בין מעבר אנרגיה בתגובה לבין מעבר אנרגיה ללא תגובה:
 - "המצב מהמתכת לנוזל. המתכת היא המצרכת והסביבה היא הנוזל. אנרגיה צוברת מהמצרכת לסביבה (תאוצה אקסותרמית) כי המצרכת מאבדת אנרגיה לסביבה".
 - ♦ בלבול בין המושגים "שיווי-משקל תרמי" ו"שיווי-משקל כימי":
 - "המצב מהמתכת לנוזל. לפי עקרון לה פלס"ו, כאשר מורידים טמפרטורה צוברת התאוצה האקסותרמית ולכן המתכת תשחרר יותר אנרגיה".
 - ♦ התייחסות לא רלוונטית למוליכות החשמלית של המתכת:
 - "מהמתכת אל הנוזל, כי המתכת מוליכה חשמל ולכן היא מנעת להצרכת אנרגיה".

2. קביעה שגויה וניסיון להסבירה :
- ♦ בלבול בין המושגים "אנרגיה" ו"אנטרופיה" :
 - "החלקיקים נוטים תמיד לאי סדר. בנוסף האי סדר גדול יותר מאשר באי סדר ולכן תצבור אנרגיה מהנוסף לאי סדר כדי להצלות את רמת האי סדר של האי סדר."
 - "כיוון מצבר האנרגיה מהנוסף לאי סדר, מפני שנוסף יותר אפשרויות תנועה מאשר לאי סדר ואנרגיה פנימית היא מדד לתנועת חלקיקים."
 - ♦ התייחסות לא רלוונטית למוליכות החשמלית של המתכת :
 - "מהנוסף אל המתכת, כי המתכת מוליכה חשמל. לכן אנרגיה צוברת מהנוסף כדי שהמתכת תוכל להוליך אנרגיה."
 - ♦ התמקדות במצב הצבירה במקום בטמפרטורה של החומרים :
 - "מהנוסף אל המתכת, מפני שלאנרגיה יותר קל לצבור מנוסף כי סידור החלקיקים עלו יותר מרווח."

תת-סעיף נוסף שלא הוערך

קבע אם במשך דקה השינוי באנרגיה הפנימית של $Nb_{(s)}$ בשתי הדגימות היה שווה או שונה.

התשובה:

שינוי האנרגיה בשתי הדגימות שונה.

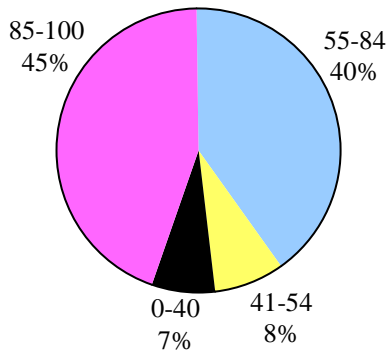
שאלה 2

נושא חובה - אנרגיה ודינמיקה 1

	שאלון 37201	שאלון 37202	שאלון 37203	ציון משוקלל
ציון	77	78	78	78

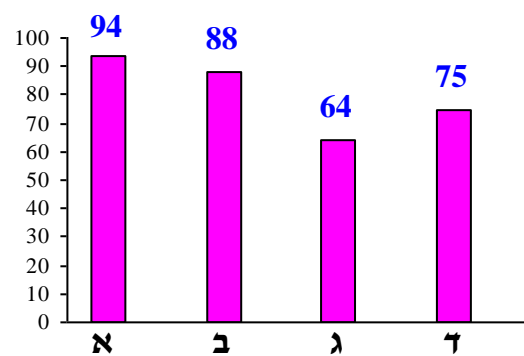
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 48% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 78

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לנסח תגובה על פי תיאור מילולי של מגיבים ותוצרים.
- לנתח הצגה גרפית: לחלץ נתונים כמותיים מהגרף, לזהות על פי הגרף את השינויים המתרחשים במערכת, לקבוע מהו השינוי שחל במערכת בזמן מסוים.
- לבנות טבלה המכילה את ריכוזי החומרים בשלבים שונים של התרחשות התגובה.
- לרשום את הביטוי של קבוע שיווי המשקל עבור התגובה הנתונה ולחשב את ערכו, כשנתונים הריכוזים של מרכיבי המערכת במצב שיווי-משקל.
- להסביר כיצד משפיע שינוי בטמפרטורה על המערכת הנמצאת במצב שיווי-משקל: תגובה אנדותרמית מועדפת בטמפרטורה גבוהה יותר ותגובה אקסותרמית מועדפת בטמפרטורה נמוכה יותר.
- לקבוע על פי נתוני השאלה אם התגובה הנתונה היא אנדותרמית או אקסותרמית.
- לקבוע איזו תגובה - ישירה או הפוכה, מועדפת לאחר השינוי בריכוז של אחד ממרכיבי המערכת.
- לקשר בין ערכים של קבוע שיווי-משקל של המערכת בטמפרטורות שונות לבין סוג התגובה - אנדותרמית או אקסותרמית.

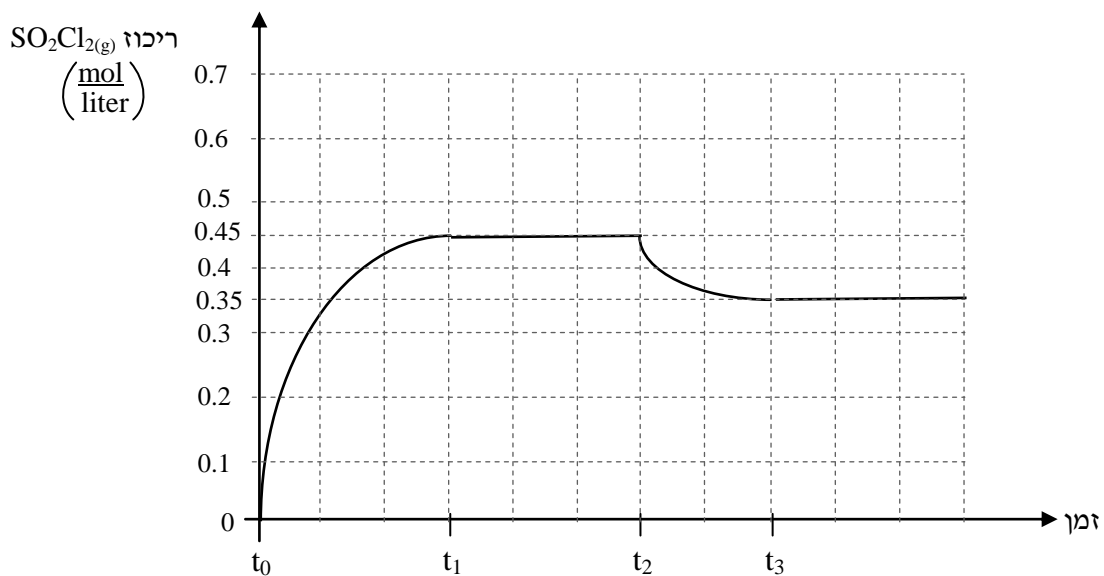
- ◀ לקשר בין הטמפרטורה השוררת במערכת לבין קצב התגובה.
- ◀ לקבוע על פי ניסוח התגובה אם במהלך התגובה אנטרופיית המערכת עולה או יורדת, ולהסביר קביעה זו ברמה מיקרוסקופית.
- ◀ להעריך אם האנטרופיה במערכת עולה, יורדת או כמעט לא משתנה במהלך התגובה באמצעות השוואה של מספר מולי גז במגיבים ובתוצרים.
- ◀ לקבוע אם התגובה ספונטנית על פי שינוי האנטרופיה של היקום, ולשם כך לקשר בין גדלים תרמודינמיים: ΔH° , ΔS° סביבה, ΔS° יקום, ΔS° מערכת.
- ◀ לקבוע מהם השינויים באנטרופיה של אותו חומר לאחר שינוי מצבי צבירה, ומהם הגורמים המשפיעים על ערך האנטרופיה של החומר במצבי צבירה שונים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א		הבנה
ב	i	יישום
	ii	הבנה
ג	i	אנליזה
	ii	יישום
	iii	אנליזה
ד	i	יישום
	ii	יישום
	iii	אנליזה

פתיח לשאלה

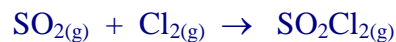
- סולפוריל כלוריד, $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(l)}$, משמש, בין היתר, לעיבוד צמר כדי למנוע את התכווצותו. סולפוריל כלוריד במצב גז, $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(g)}$, מתקבל בתגובה בין כלור, $\text{Cl}_{2(g)}$, לבין גפרית דו-חמצנית, $\text{SO}_{2(g)}$.
- מבצעים את התגובה בטמפרטורה מעל 80°C ובנוכחות זרז - פחם פעיל, $\text{C}_{(s)}$.
- ערכו ניסוי: לכלי סגור שנפחו 1 ליטר הכניסו 0.62 מול $\text{SO}_{2(g)}$, 0.62 מול $\text{Cl}_{2(g)}$ ומעט פחם פעיל. הגרף שלפניך מציג את השתנות הריכוז של $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(g)}$ עם הזמן.



סעיף א' (הציון 94)

נסח את התגובה שהתרחשה בכלי עד השגת מצב של שיווי-משקל, בפרק הזמן בין t_0 לבין t_1 .

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

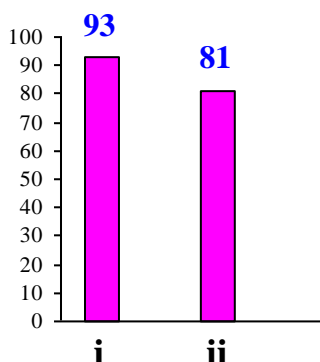
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו לקבוע מהם המגיבים ומהם התוצרים על פי התיאור המילולי הנתון בשאלה ולנסח נכון את התגובה.

תלמידים מעטים טעו בהתייחסות לזרז והוסיפו את הפחם הפעיל למגיבים, או למגיבים ולתוצרים:

- $\text{SO}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} + \text{C}_{(s)} \rightarrow \text{SO}_2\text{Cl}_{2(g)}$
- $\text{SO}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} + \text{C}_{(s)} \rightarrow \text{SO}_2\text{Cl}_{2(g)} + \text{C}_{(s)}$

סעיף ב' (הציון 88)



תת-סעיף i (הציון 93)

חשב את הריכוזים של $\text{SO}_2(\text{g})$ ו- $\text{Cl}_2(\text{g})$ במערכת, בפרק הזמן בין t_1 לבין t_2 . פרט את חישוביך.

התשובה:

$\text{SO}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$			
0.62	0.62	(0)	ריכוזים התחלתיים (M)
-0.45	-0.45	(+0.45)	שינוי בריכוזים (M)
0.17	0.17	(0.45)	ריכוזים במצב שיווי-משקל (M)

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו להוציא את הנתונים מהגרף ולחשב על פי נתונים אלה את ריכוזי החומרים במצב שיווי-משקל. הופיעו טעויות מעטות - בשיקולים מוטעים בחישוב:

- "ריכוז התוצר צלף ב- 0.45 M , לכן הריכוז של כל אחד מהמגיבים ירד בחצי ממספר זה, ל- 0.225 M ".

תת-סעיף ii (הציון 81)

רשום את הביטוי של קבוע שיווי המשקל עבור התגובה שהתרחשה בכלי, וחשב את ערכו. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2\text{Cl}_{2(g)}]}{[\text{SO}_2] [\text{Cl}_{2(g)}]}$$

$$K_c = \frac{0.45}{0.17 \times 0.17} = 15.57$$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

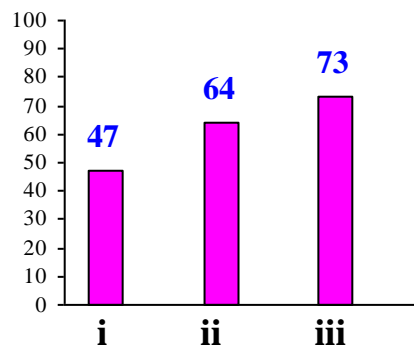
ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים רשמו נכון את הביטוי של קבוע שיווי המשקל עבור התגובה הנתונה ולא התקשו לחשב את ערכו. יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו ברישום הביטוי: רשמו את נוסחאות החומרים ללא סוגריים או כתבו באופן כללי "ריכוז התוצרים חלקי ריכוז אמיבים".

המלצות:

מומלץ כל פעם שיש לחשב ערך של קבוע שיווי-משקל להקפיד לרשום לפני כן את ביטוי לקבוע שיווי-משקל.

סעיף ג' (הציון 64)



תת-סעיף i (הציון 47)

קבע איזה שינוי חל במערכת בזמן t_2 .

התשובה:

בזמן t_2 העלו את הטמפרטורה של הגזים בתוך הכלי.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הצליחו לנתח את הגרף ולקבוע מהו השינוי שחל במערכת בזמן t_2 . הקביעות השגויות האופייניות שאותרו:

- "שינוי בריכוז המאיימט."
- "שינוי בריכוז התוצרימט."
- "שינוי בנפח הכלי."
- "ירידה בטמפרטורה."

תת-סעיף ii (הציון 64)

איזו תגובה, ישירה או הפוכה, מועדפת עד השגת מצב שיווי-משקל בזמן t_3 ? נמק.

התשובה:

התגובה ההפוכה.

על פי הגרף, לאחר השינוי ריכוז התוצר $SO_2Cl_{2(g)}$ ירד. לפיכך התגובה ההפוכה מועדפת עד להשגת מצב שיווי המשקל בזמן t_3 .

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע שיש ירידה בריכוז התוצר $SO_2Cl_{2(g)}$ והתגובה ההפוכה מועדפת עד להשגת מצב שיווי המשקל בזמן t_3 . הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר הבנה כיצד מגיבה המערכת להפרות מצב שיווי-משקל מסיבות שונות:

- "מכיוון שהתחילת התאמה הכניסו רק מאיימט, התאמה ישירה תוצרית."
 - "לפי יחס מולאי יש יותר מולאי מאיימט, ולכן תאמה ישירה צריפה."
- טעות אופיינית נוספת היא קביעת תגובה מועדפת על פי התגובה של המערכת על השינוי:
- "ריכוז התוצר $SO_2Cl_{2(g)}$ ירד, מאצרכת תפאל אל פי ציקרון לה שטליה ומצלה את ריכוזו - תוצרית תאמה ישירה."

תת-סעיף iii (הציון 73)

קבע אם התגובה הישירה היא אנדותרמית או אקסותרמית. הסבר.

התשובה:

התגובה היא אקסותרמית.
העלייה בטמפרטורה גורמת להעדפה של תגובה אנדותרמית.
על פי הגרף, העלאת הטמפרטורה גרמה לירידה בריכוז התוצר, כלומר להעדפת התגובה ההפוכה.
לכן התגובה ההפוכה היא אנדותרמית, והתגובה הישירה היא אקסותרמית.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
• "מכיוון שהתאבחה מתרחשת מול 80 מאלות יש להשקיע אנרגיה בתאבחה והיא תאבחה אנדותרמית."
• "התאבחה אנדותרמית. על פי הקבוצה יש יותר תוצרים, ולכן ריכוז תוצרים אבחה יותר מול המאבימ, ולכן יש להשקיע אנרגיה."
2. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי:
♦ ניסיון לקבוע אם התגובה היא אקסותרמית או אנדותרמית על פי פירוק קשרים ויצירת קשרים:
• "תאבחה אקסותרמית, כי נוצרו קשרים בין $Cl_{2(g)}$ לבין $SO_{2(g)}$."
• "מכיוון שני מול של יוצרים מול אחד של תוצר, יש בו יותר קשרים קולאנטיים, נוצרו יותר קשרים, יצירת קשרים היא תאבחה אקסותרמית. לכן התאבחה הישירה היא אקסותרמית."
♦ הסברים שלא קשורים כלל לשאלה:
• "תאבחה אקסותרמית, כי אנרגיה קינטית של המאבימ אדולה מול התוצרים."

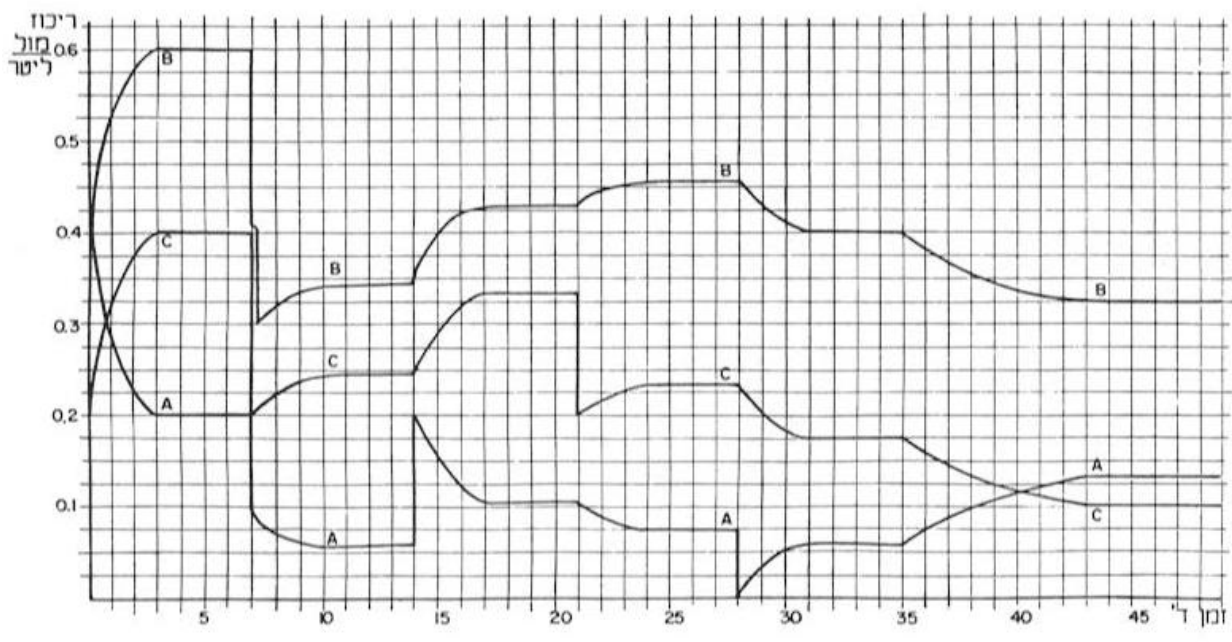
המלצות:

מומלץ לתרגל קריאת גרפים, כולל קביעת סוג השינויים במערכת על פי הגרף ותגובת המערכת על כל סוג של שינוי.

שאלות לדוגמה:

שאלה 1

סטודנט לכימיה נסע לביתו והשאיר במעבדה מערכת עובדת המחוברת למכשיר שבדק את השתנות הריכוזים של החומרים A, B ו-C במצב גז במערכת עם הזמן.
למחרת בבוקר הוא קיבל מהמכשיר את התרשים הבא:

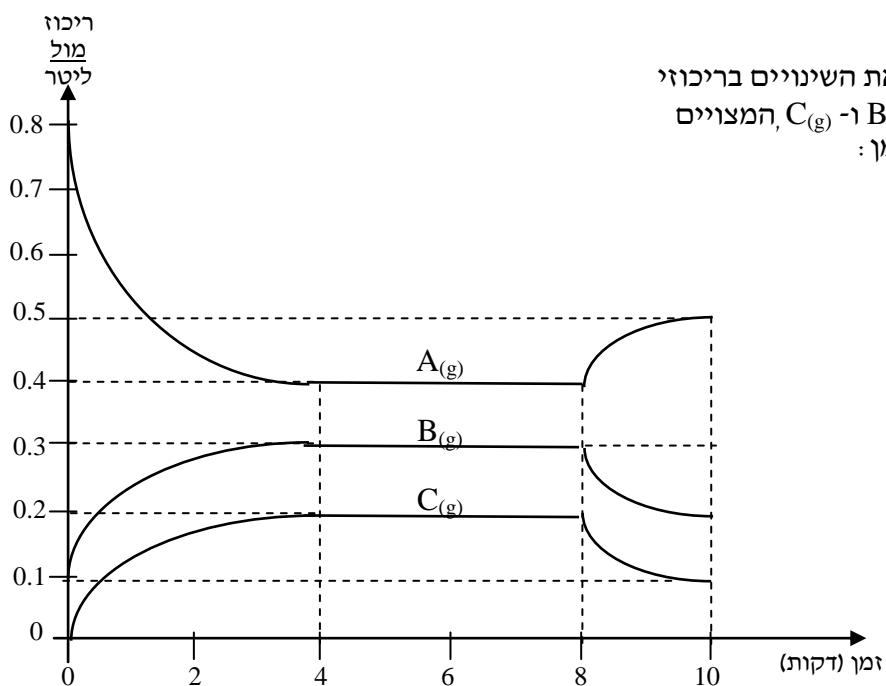


* הגרף לקוח וערוך מתוך החוברת "שיווי-משקל כימי", מאת ד"ר איטה כהן, מכון ויצמן למדע.

- א. רשום את ניסוח התגובה שהתרחשה במערכת.
- ב. רשום ביטוי של קבוע שיווי המשקל וחשב את ערכו עבור כל אחד ממצבי שיווי-משקל המוצגים בגרף.
- ג. עזור לסטודנט לפענח את השינויים שהתרחשו במערכת: קבע מהו כל אחד מהשינויים.
- ד. הסבר מה התרחש במערכת לאחר כל אחד מהשינויים עד להשגת מצב שיווי-משקל.
- ה. הסטודנט טען שאם ברצונו להפיק יותר תוצרים, עליו לחמם את המערכת, חברו טען שעליו לקרר את המערכת. מי מהם צודק? הסבר.
- ו. קבע אם התגובה שניסחת בסעיף א' היא אנדותרמית או אקסותרמית. הסבר.

שאלה 2

נתון גרף המתאר את השינויים בריכוזי החומרים $A_{(g)}$, $B_{(g)}$ ו- $C_{(g)}$ המצויים בכלי סגור, עם הזמן:



- א. רשום את ניסוח התגובה שהתרחשה במערכת.
 ב. רשום ביטוי לקבוע שיווי המשקל וחשב את ערכו.
 ג. נתונות שתי מערכות המוחזקות בטמפרטורה השווה לטמפרטורה ששררה במערכת המקורית המתוארת בגרף, בתחילת הניסוי:

	$C_{(g)}$	$B_{(g)}$	$A_{(g)}$
מערכת 1	0.6	0.4	0.8
מערכת 2	0.4	0.4	0.2

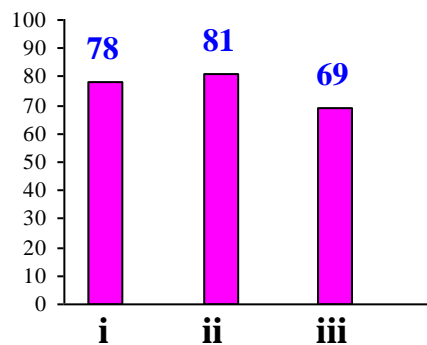
איזו משתי המערכות מצויה במצב שיווי-משקל? נמק.

- ד. מהו השינוי שחל במערכת בדקה 8? הסבר.
 ה. האם התגובה הישירה היא אנדותרמית או אקסותרמית. הסבר.
 כדי להתגבר על בעיות בהבנת סוגי השינויים במערכת ותגובת המערכת לשינויים אלה, מומלץ לעבוד עם התלמידים על האנימציה:

<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/lechv17.swf>

סעיף ד' (הציון 75)

התגובה שניסחת בסעיף א היא ספונטנית בתנאי הניסוי. עבור תגובה זו:



תת-סעיף i (הציון 78)

קבע אם במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת עלתה או ירדה. הסבר ברמה מיקרוסקופית.

התשובה:

במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת ירדה.
במהלך התגובה קטן מספר המולים של גז (אן: מ- 2 מול גז במגיבים התקבל 1 מול גז של תוצר).
יש פחות חלקיקים במערכת, מספר המצבים המיקרוסקופיים האפשריים לתיאור המערכת קטן יותר.
אן: הייתה ירידת במידת פיזור האנרגיה ופיזור החלקיקים.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים קבעו נכון שבמהלך התגובה האנטרופיה של המערכת ירדה. הבעיה בתת-סעיף זה היא הסברים חלקיים, ללא התייחסות למספר המצבים המיקרוסקופיים האפשריים. טעויות אופייניות נוספות הן:

- ◆ בלבול בין אנטרופיה לאנרגיה:
- "תגובה אנדותרמית, אנרגיה קינטית ממוצעת צולה ולכן אנטרופיה צולה."
- "תגובה אקסותרמית, ולכן המערכת מפסידה אנרגיה והאנטרופיה יורדת."
- ◆ בלבול בין קצב השגה של מצב שיווי-משקל לאנטרופיה:
- "התגובה מתקדמת לשיווי-משקל, יש תנועה נמוכה יותר מתחילת התגובה, ולכן אנטרופיה יורדת."

תת-סעיף ii (הציון 83)

קבע אם במהלך התגובה האנטרופיה של הסביבה עלתה או ירדה.

התשובה:

במהלך התגובה האנטרופיה של הסביבה עלתה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון שבמהלך התגובה האנטרופיה של הסביבה עלתה. הטעויות שאותרו נובעות מבלבול בין האנטרופיה של המערכת לבין האנטרופיה של הסביבה.

המלצות:

מומלץ להרבות בשאלות הדורשות הסבר ברמה המקרוסקופית. יש תלמידים שיודעים לדקלם את התשובה מבלי להבינה וכל שינוי בנוסח מבלבל אותם. שאלות הדורשות הסברים ברמה המיקרוסקופית יכולים לעזור.

תת-סעיף iii (הציון 69)

קבע אם השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול מהשינוי באנטרופיה של המערכת או קטן ממנו. נמק.

התשובה:

השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול מהשינוי באנטרופיה של המערכת.

נתון שהתגובה ספונטנית, כלומר $\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}} > 0$.

$$\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}} = \Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} + \Delta S^{\circ}_{\text{סביבה}}$$

כדי ש- $\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}}$ יהיה חיובי, העלייה באנטרופיה של הסביבה צריכה להיות גדולה יותר מאשר הירידה באנטרופיה של המערכת.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים מתקשים בהבנה מה היא אנטרופיה ומה ההבדל בין אנטרופיה של הסביבה לאנטרופיה של המערכת:

- "האנטרופיה של הסביבה גדולה, כי נפלטו חלקיקי אנרגיה מהמערכת, ולכן יש יותר חלקיקים בסביבה."
- "השינוי של אנטרופיית המערכת שלילי ושל הסביבה חיובי, ולכן תמיד חיובי גדול שלילי, ולכן אנטרופיית הסביבה גדולה יותר."
- "השינוי באנטרופיה של הסביבה קטן יותר מזה של המערכת כי הסביבה גדולה יותר."
- "השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול יותר מזה של המערכת כי יש שינוי בטמפרטורה."

המלצות:

כדי להסביר בצורה מעמיקה את המושג "אנטרופיה" מומלץ להיעזר בסרטון הבא:

<http://www.youtube.com/watch?v=870y6GUKbwc&spfreload=10>

בנוסף לכך מומלץ לתרגל בעזרת הדוגמאות לשאלות ולפתרונות הנמצאות באתר המפמ"ר:

<http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/BABB661E-B4EC-4188-9051->

7C51F1CD0711/180670/part_05_wq.pdf

סיכומים והסברים יפים בנושאים : אנטרופיה, שינויי אנטרופיה, ספונטניות אפשר למצוא במצגות "הסדר שבאי-סדר או לדעת יותר על אנטרופיה" ו"שינויי אנטרופיה", ובדף עבודה "תהליכים ספונטניים ותהליכים לא ספונטניים" של אוטיליה רוזנברג. החומרים נמצאים באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע, בדף :

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=147>

שימו לב : חומרים אלה מיועדים להעשרת מורים ולא כל מה שנמצא בהם כלול בתוכנית הלימודים (לא מיועד לשימוש מיידית בכיתה).
הערה : אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לשורת הכתובות בדף האינטרנט.

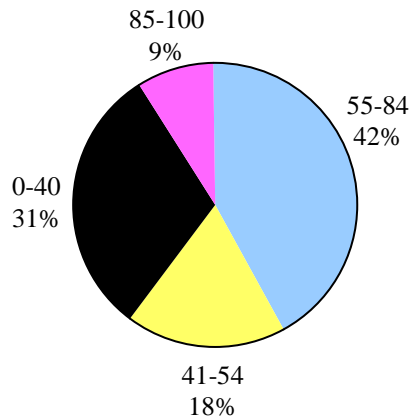
שאלה 3

ברום ותרבותיו

	שאלון 37201	שאלון 37202	שאלון 37203	ציון משוקלל
ציון	61	38	54	53

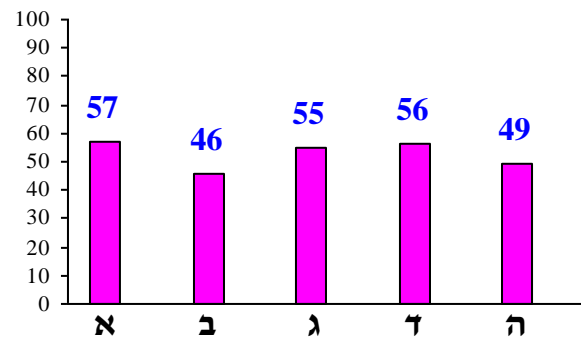
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 4% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 53

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



הערה כללית לשאלה:

ציוני הסעיפים בשאלה נמוכים. תלמידים רבים התקשו לענות לשאלות על תהליך תעשייתי, למרות שהוא מוכר להם. בולט חוסר הבנה של המושגים "המרה" ו"ניצולת" וקושי ביישום מושגים אלה בחישובים סטויכיומטריים. חשוב להדגיש לתלמידים שהמרה מתייחסת למגיב בלבד וניצולת מתייחסת לתוצר בלבד. מומלץ לעבור עם התלמידים על נספח א' לספר הלימוד בנושא שכבר לא נכלל בסילבוס "לא על הדשן לבדו..." מאת ד"ר מירי קסנר, מכון ויצמן למדע.

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⏪ לקרוא תרשים זרימה תעשייתי ולעבוד איתו.
- ⏪ ליישם את הידע על תהליך הייצור של $\text{NaBrO}_3(\text{s})$.
- ⏪ להסביר את המושגים "המרה" ו"ניצולת" וליישם אותם בחישובים סטויכיומטריים - לחשב אחוז המרה ואחוז ניצולת.
- ⏪ להעריך את הערכים של המרה וניצולת בתגובות הנתונות על פי הגורמים המשפיעים עליהן.
- ⏪ להבחין בין תוצר לא רצוי של התגובה העיקרית לתוצר של תגובת לוואי בתהליך תעשייתי.
- ⏪ להציע דרכים לטיפול בתוצרי לוואי ולהסביר הצעות אלה.
- ⏪ להציע דרכים לטיפול בתוצר לא רצוי ולהסביר הצעות אלה.

- < לתאר שיטות הפרדה בתהליכים תעשייתיים ולהסביר את העקרונות שעליהם מתבססות שיטות אלה.
- < לציין גורמים המשפיעים על קצב תגובה ולהסביר את השפעתם.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

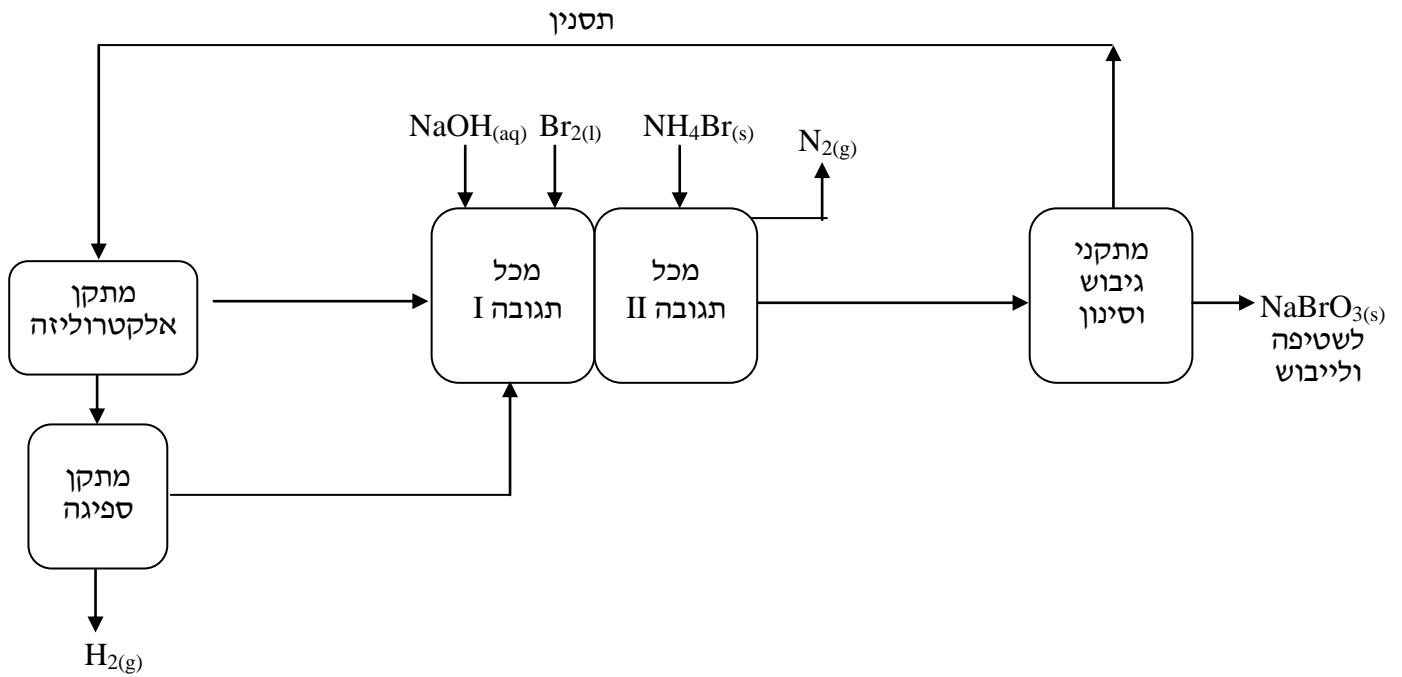
סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א		יישום
ב	i	הבנה
	ii	יישום
ג		יישום
ד	i	יישום
	ii	אנליזה
ה	i	יישום
	ii	אנליזה
	iii	יישום

פתיח לשאלה

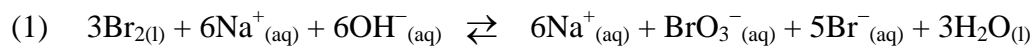
השאלה עוסקת בתהליכי הייצור של נתרן ברומטי, $\text{NaBrO}_3(s)$, ומימן ברומי, $\text{HBr}(g)$, ובדרכים להעלאת אחוז ההמרה ואחוז הניצולת בתהליכים אלה.

חומרי הגלם לייצור $\text{NaBrO}_3(s)$ הם: ברום, $\text{Br}_2(l)$, ותמיסת נתרן הידרוקסידי, $\text{NaOH}(aq)$.

לפניך תרשים חלקי של תהליך הייצור של $\text{NaBrO}_3(s)$.



במכל תגובה I מתרחשת תגובה (1).



סעיף א' (הציון 57)

במכל תגובה I הגיבו 485 קילוגרם $\text{Br}_{2(l)}$ עם כמות מספקת של תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$.
 חשב כמה קילוגרמים $\text{NaBrO}_{3(s)}$ התקבלו לאחר השטיפה והייבוש.
 הנח שהניצולת הייתה 90%. פרט את חישוביך.

התשובה:

המסה המולרית של $\text{Br}_{2(l)}$: $160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של $\text{Br}_{2(l)}$ שהגיבו : $\frac{485 \times 1000 \text{ gr}}{160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 3031.25 \text{ mol}$

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $\text{Br}_{2(l)}$ לבין $\text{NaBrO}_{3(s)}$ הוא 1:3.
 מספר המולים של $\text{NaBrO}_{3(s)}$ שהיו צריכים להתקבל על פי 100% ניצולת:

$\frac{3031 \text{ mol}}{3} = 1010.3 \text{ mol}$
 מספר המולים של $\text{NaBrO}_{3(s)}$ שהיו צריכים להתקבל על פי 90% ניצולת:

$\frac{1010.3 \text{ mol} \times 90\%}{100\%} = 909.3 \text{ mol}$

המסה המולרית של $\text{NaBrO}_{3(s)}$: $151 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$
 המסה של $\text{NaBrO}_{3(s)}$ שהתקבלה :

$909.3 \text{ mol} \times 151 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 137,304 \text{ gr} = 137,304 \text{ gr} = 137.3 \text{ kg}$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

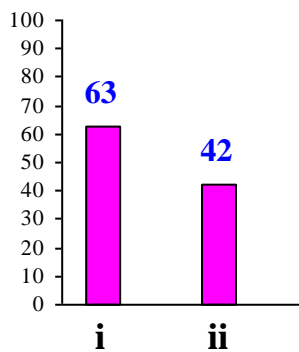
ניתוח טעויות אופייניות

חלק ניכר מהתלמידים התקשו בחישוב של מסת התוצר. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ חוסר הבחנה בין המרה לניצולת:
- $\frac{485 \times 90\%}{100\%}$
- ♦ יחס שגוי בין מספר המולים של המגיבים. הסיבה לכך היא כנראה הניסוח היוני של התגובה.

סעיף ב' (הציון 46)

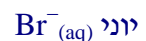
במכל תגובה I מתקבלים גם תוצרים לא רצויים.



תת-סעיף i (הציון 63)

ציין תוצר לא רצוי המתקבל בתגובה (1).

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הטעות האופיינית העיקרית היא ציון יוני $\text{BrO}^-_{(\text{aq})}$. כנראה שתלמידים זכרו שיונים אלה נוצרו בתגובות לוואי או ראו זאת בסעיף ג'. טעות זו נובעת מחוסר הבחנה בין תוצר לא רצוי המתקבל בתגובת הייצור לבין תוצר לוואי הנוצר בתגובה אחרת.

טעויות נוספות הן ציון של $\text{NaBr}_{(\text{aq})}$, מים ואפילו התוצר - יוני $\text{BrO}_3^-_{(\text{aq})}$.

תת-סעיף ii (הציון 42)

הסבר מדוע תוצר זה אינו רצוי. ציין שתי סיבות.

התשובה:

1. בעקבות ההיווצרות של תוצר לא רצוי מתקבלת כמות קטנה יותר של התוצר המבוקש (אנ: הניצולת של התהליך יורדת).
2. יש צורך בהשקעה נוספת במתקנים (ובאנרגיה) עבור תהליכי הפרדה (אנ: הפרדת התוצר נעשית מורכבת יותר).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

תת-סעיף זה היה קשה מאוד לתלמידים. חלק ניכר מהתלמידים שענו נכון לתת-סעיף i טעו בתת-סעיף זה. הבעיה העיקרית היא בלבול בין המרה לניצולת. הופיעו סיבות כגון:

• "תוצר לא רצוי הוא אחוז ההמרה."

הופיעו גם תשובות סתמיות כמו:

• "תוצר Br^- הוא יון ולא ניתן להשתת בו."

תלמידים שטעו בתת-סעיף i לא ידעו איך להסביר את קביעותיהם ורובם דילגו על תת-סעיף זה.

המלצות:

מומלץ לעבור עם התלמידים על התגובות המתרחשות בתהליכי הייצור ולקבוע עבור כל תגובה מהו התוצר הרצוי, מהו תוצר לא רצוי, אילו תגובות לוואי יכולות להתרחש ומהם התוצרים של תגובות אלה. מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד אפשר להבחין בין תוצר לא רצוי של התגובה העיקרית לבין תוצר בתגובת לוואי בתהליך תעשייתי. כמו כן לדון בחסרונות של תגובות לוואי ותוצרי לוואי.

סעיף ג' (הציון 55)

- יוני BrO^- (aq) נוצרים בתגובת לוואי המתרחשת במכל תגובה I.
- למכל תגובה II מוסיפים כמויות קטנות של אמוניום ברומי, NH_4Br (s), ומתרחשת תגובה (2).
- $$(2) \quad 2NH_4Br(s) + 3BrO^-(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow 5Br^-(aq) + N_2(g) + 5H_2O(l)$$
- הסבר מדוע מבצעים את תגובה (2).

התשובה:

כדי לסלק יוני BrO^- (aq) מתערובת התגובה; אנ: כדי להפוך יוני BrO^- (aq) ליוני Br^- (aq) ולהחזיר את יוני Br^- (aq) לתהליך.

לכן יהיו פחות תוצרי לוואי בתערובת התגובה וזה יגרום להעלאת אחוז הניצולת.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

תלמידים רבים התקשו בסעיף זה. חלקם לא ענו כלל, אחרים כתבו הסברים לא נכונים ולא הגיוניים:

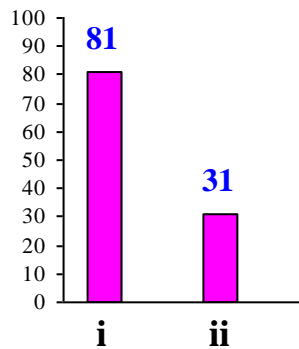
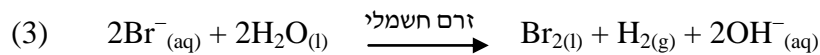
- "כדי להצלות את אחוז ההמרה."
- "כדי להצלות את אחוז ההמרה או את אחוז הניצולת."
- "כדי להוריד את pH התמיסה."

המלצות:

מומלץ לדון עם התלמידים בכל התגובות המתרחשות בתהליך הייצור ולציין: מטרת התגובה, מגיבים תוצרים, תוצר עיקרי ותוצר לא רצוי. אם זאת תגובת לוואי - כיצד לטפל בתוצרי לוואי.

סעיף ד' (הציון 56)

התסנין המתקבל לאחר הפרדת גבישי $\text{NaBrO}_3(\text{s})$ עובר למתקן אלקטרוליזה שבו מתרחשת תגובה (3):



תת-סעיף i (הציון 81)

שלב האלקטרוליזה תורם להעלאת אחוז הניצולת של התהליך. הסבר כיצד.

התשובה:

יוני Br^- הופכים בחזרה ל- $\text{Br}_{2(\text{l})}$ שעובר למכל תגובה I לשימוש חוזר (מחזור הברום). בעקבות זאת אפשר להפיק כמות יותר גדולה של התוצר הרצוי מאותה כמות התחלתית של $\text{Br}_{2(\text{l})}$.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הסבירו נכון כיצד שלב האלקטרוליזה תורם להעלאת אחוז הניצולת של התהליך - על ידי הפיכת תוצר לא רצוי לתוצר רצוי. יחד עם זאת הופיעו הסברים לא הגיוניים שלא קשורים כלל לשאלה:

- "התאמה מתרשת צד ת.ט."
- "האנטרופיה של המערכת יורדת, כי התאמה אקסותרמית."

תת-סעיף ii (הציון 31)

המימן, $H_2(g)$, הנוצר במתקן האלקטרוליזה, עובר למתקן ספיגה של שאריות ברום. מתקן הספיגה מכיל תמיסה מימית.

קבע אם תמיסה זו היא תמיסת $HBr_{(aq)}$ או תמיסת $NaOH_{(aq)}$. נמק.

התשובה:

תמיסת $NaOH_{(aq)}$.

(פעולה זו מתבצעת כדי לסלק שאריות של ברום שעלולות להתלוות למימן.)

הברום מגיב עם תמיסת $NaOH_{(aq)}$ על פי תגובה (1).

(מתקבלת תמיסה דומה בהרכבה לזו שבמכל תגובה I.)

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים לא הבינו את העיקרון שעליו מתבססת שיטת הפרדה המתוארת בשאלה. הטעות העיקרית בתת-סעיף זה היא קביעה שגויה שהתמיסה היא $HBr_{(aq)}$ וניסיון לנמק קביעה זו. טעות זו מצביעה על חוסר הבנה של התהליך התעשייתי הנדון. דוגמאות לנימוקים לקביעה השגויה:

- "כי במתקן יש מימן וברום, תוצר התאובה ביניהם הוא מימן ברומי."
- "תמיסת $HBr_{(aq)}$, כי ניתן להפרידה. מימן ברומי מסיס במים ומימן לא מסיס."
- "במתקן יש שאריות ברום, לכן התמיסה המימית שהמתקן מכיל היא תמיסה שמכילה ברום."

המלצות:

חלק מהתלמידים אינם מבינים את העקרונות של תהליכי הפרדה. הנושא "שיטות הפרדה" מתבסס על מבנה חומרים ותכונותיהם. מומלץ להכניס נושא זה בשלבים שונים של הוראת הכימיה בכל הזדמנות. עבור חלק משיטות הפרדה ניתן ומומלץ לבצע ניסויים שונים להיכרות. מומלץ להשתמש באוסף פעילויות בנושא "שיטות הפרדה", הנמצא באתר הלימודי: כימיה ותעשייה כימית בשירות האדם, מכון ויצמן למדע, בדף:

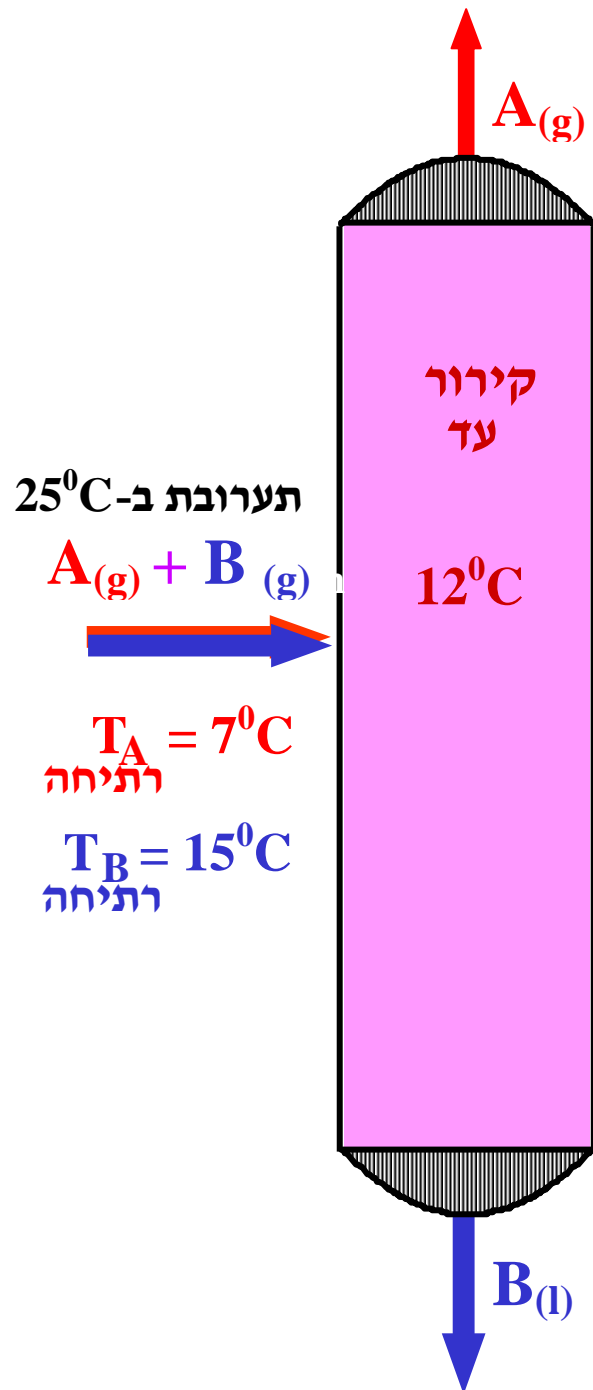
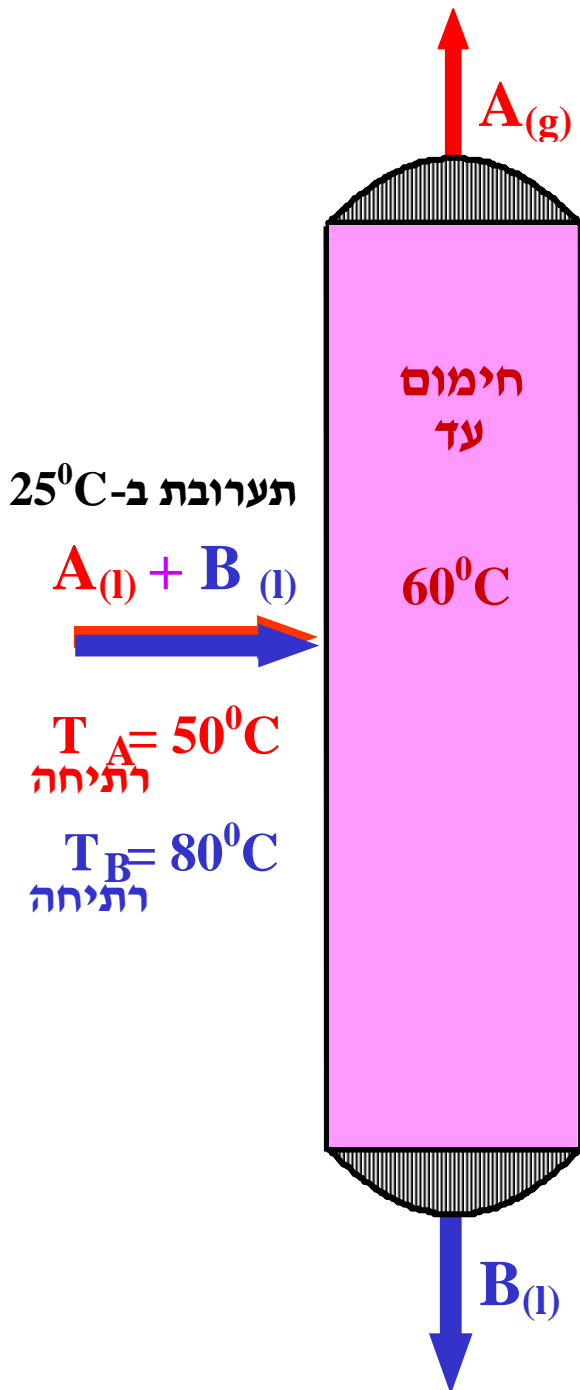
http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/learnchem/main.asp?pagekind=4&ID=02_17_02

אנו מביאים דוגמאות לתהליכי הפרדה שונים:

תהליכי הפרדה

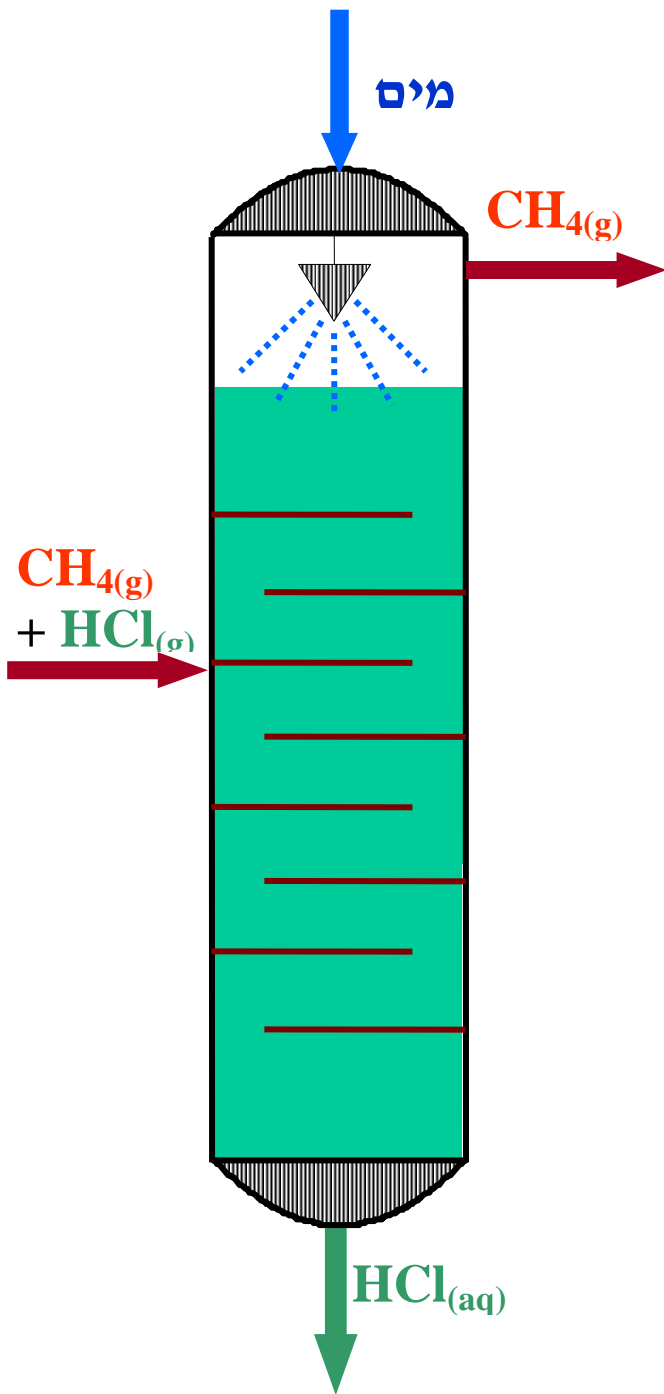
זיקוק

ניזול

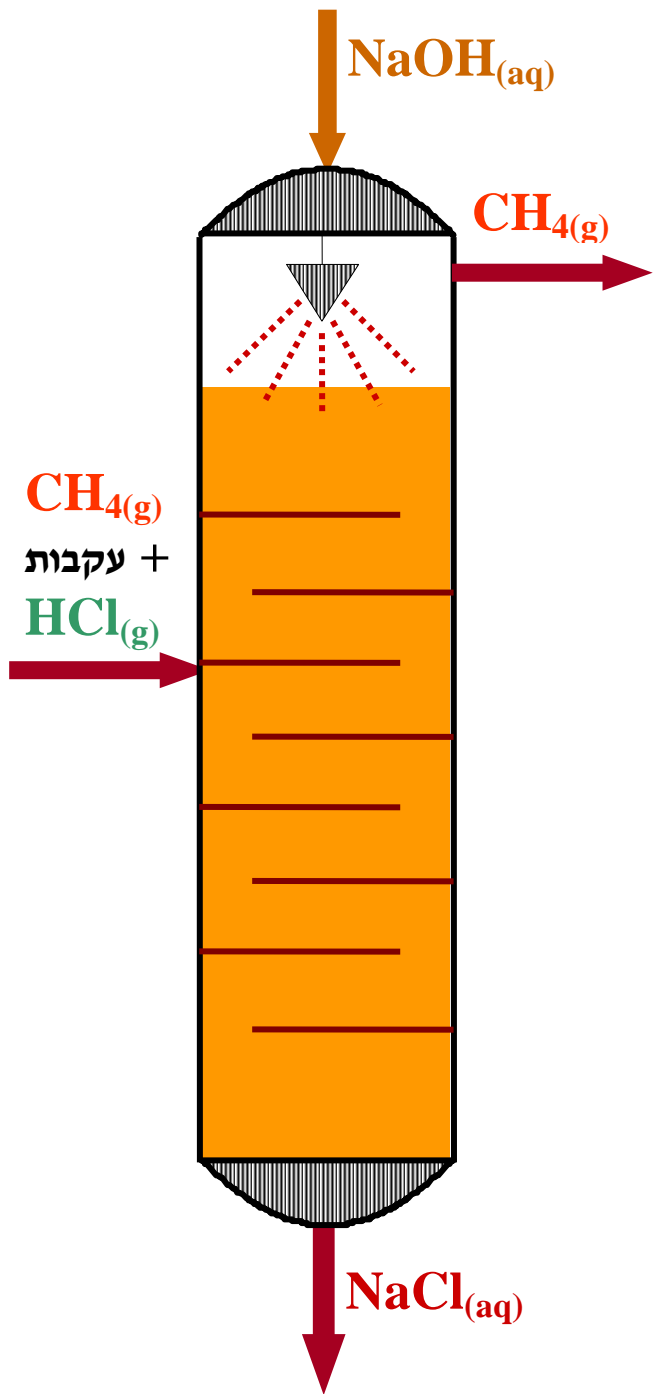


תהליכי הפרדה

שטיפה במים



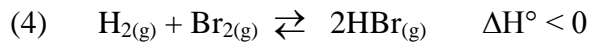
שטיפה ב- $\text{NaOH}(\text{aq})$



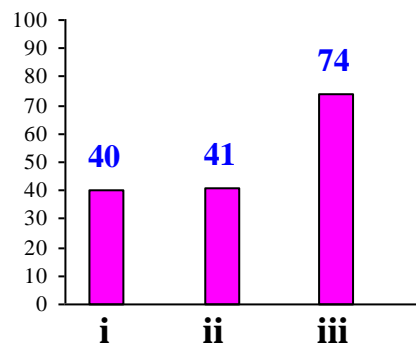
השטיפה ב- $\text{NaOH}(\text{aq})$ מתאימה להפרדה של $\text{CH}_4(\text{g})$ מעקבות של $\text{HCl}(\text{g})$.

סעיף ה' (הציון 49)

המימן, $H_{2(g)}$, שיוצא ממתקן הספיגה, משמש חומר גלם בתהליך הייצור של מימן ברומי, $HBr_{(g)}$, על פי תגובה (4):



לתוך מכל התגובה מזרימים $H_{2(g)}$ בעודף ו- $Br_{2(g)}$. הטמפרטורה במכל התגובה היא $500^\circ C$ והלחץ 1 אטמוספירה. תלמידים התבקשו להסביר מדוע מבצעים את תגובה (4) בתנאים אלה. לפיך שלוש תשובות, i-iii, של תלמידים. קבע עבור כל אחת מן התשובות i-iii אם היא נכונה או לא נכונה.



תת-סעיף i (הציון 40)

מזרימים $H_{2(g)}$ בעודף כדי שהתגובה תתרחש מהר יותר.

התשובה:

נכון.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא **יישום**.

ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים טעו. הסיבה לכך היא חוסר ידע והבנה - מהם הגורמים המשפיעים על קצב תגובה וכיצד הם משפיעים.

תת-סעיף ii (הציון 41)

מזרימים $H_{2(g)}$ בעודף כדי להעלות את אחוז הניצולת. נמק את קביעתך.

התשובה:

לא נכון.

הזרמת $H_2(g)$ בעודף גורמת להעלאת אחוז ההמרה, מכיוון שבעקבות זאת יותר ברום מגיב עם המימן.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבחנה בין המרה לניצולת ובין הגורמים המשפיעים על המרה ועל ניצולת:

- "נכון. אחוז הניצולת מחושב לפי הכרום. הלכרמת מימן בעודף תכרום לכך שיותר מימן כרומי ייווצר."
- "נכון. מוצדקת תאובה ישירה בה נוצר יותר $HBr(g)$, לכן הניצולת צוהה."

תת-סעיף iii (הציון 74)

מבצעים את התגובה בטמפרטורה גבוהה כדי להעלות את אחוז ההמרה.

התשובה:

לא נכון.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים ענו נכון. הם ידעו את ההשפעה של העלאת הטמפרטורה על אחוז ההמרה.

המלצות לסעיף ה':

תלמידים רבים התקשו להבחין בין המושגים "המרה" ו"ניצולת" ובין הגורמים המשפיעים עליהן. מומלץ להדגיש לתלמידים שהמרה מתייחסת למגיב בלבד וניצולת מתייחסת לתוצר בלבד. מומלץ לעבור עם התלמידים על נספח א' לספר הלימוד לנושא שכבר לא נכלל בסילבוס "לא על הדשן לבדו..." מאת ד"ר מירי קסנר, מכון ויצמן למדע.

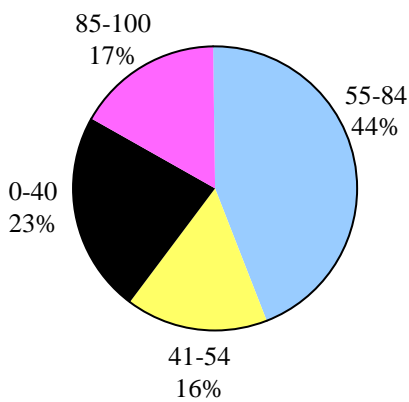
שאלה 4

ברום ותרכובותיו

	שאלון 37201	שאלון 37202	שאלון 37203	ציון משוקלל
ציון	74	37	61	58

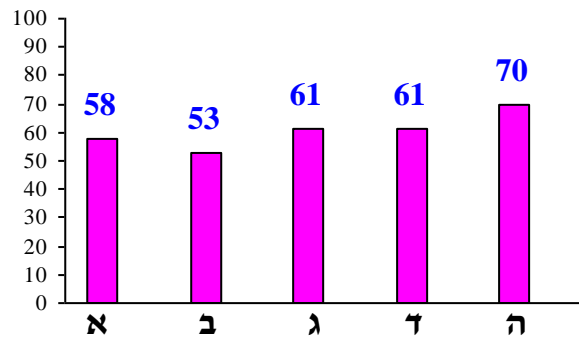
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 3.6% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 58

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לציין מאפיינים של מעכבי בערה מוספים ושל מעכבי בערה פעילים, ולהסביר כיצד מעכבי בערה מכל אחד משני הסוגים האלה יכולים להשתלב במוצרים העשויים מפולימרים.
- לציין ולהסביר את היתרונות של מעכבי בערה מוספים.
- לציין ולהסביר את החיסרון העיקרי של מעכבי בערה מוספים - חלקיקיהם נוטים לנדוד אל פני השטח של המוצר, להצטבר כאבקה ואף להתפזר - פריחה.
- לציין את התכונות הנדרשות מתרכובות המכילות ברום כדי שיוכלו לשמש מעכבי בערה של פולימרים. לקבוע אם תרכובת מסוימת יכולה לשמש מעכב בעירה.
- להתאים מעכב בערה לפולימר הנתון על פי טמפרטורות היתוך וטמפרטורות פירוק של הפולימר ושל המעכב.
- להסביר כיצד משלבים מעכבי בעירה פעילים, שבמולקולות שלהם יש קבוצות -OH, בפולימר שבו יש קבוצות -COOH.
- להסביר את המושגים "המרה" ו"ניצולת" וליישם אותם בחישובים סטויכיומטריים - לחשב אחוז המרה ואחוז ניצולת.
- להסביר כיצד התרכובת $Al_2O_3 \cdot 3H_2O_{(s)}$ גורמת לעיכוב בערה.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א	i	יישום
	ii	יישום
	iii	אנליזה
ב	i	הבנה
	ii	אנליזה
ג		יישום
ד		יישום
ה		יישום

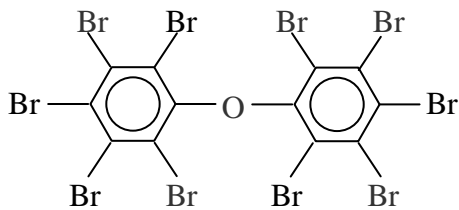
פתיח לשאלה

השאלה עוסקת במעכבי בערה.

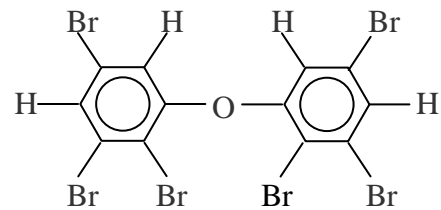
מחקרים הראו שעל פני מסכים ורכיבים אחרים של מחשבים מצטברים חלקיקים של חומרים רעילים מסוג PBDE (פוליברומו דיפניל אתר). חומרים אלה משולבים כמעכבי בערה בפולימרים, שמהם עשויים חלקי מחשבים.

מעכבי בערה מסוג PBDE נבדלים זה מזה במספר אטומי הברום במולקולות.

לפניך נוסחאות מבנה של שניים מן החומרים האלה. נסמן אותם באותיות A ו-B.



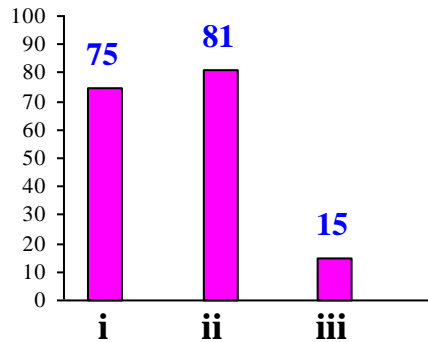
מעכב בערה B



מעכב בערה A

סעיף א' (הציון 58)

חומרים מסוג PBDE הם מעכבי בערה מוספים.



תת-סעיף i (הציון 75)

במה שונים מעכבי בערה מוספים ממעכבי בערה פעילים? הסבר.

התשובה:

מעכבי בעירה מוספים שונים ממעכבי בעירה פעילים בצורה בה הם יכולים להשתלב במוצרים העשויים מפולימרים.

אפשר לשלב את מעכבי הבעירה המוספים בשתי צורות:

- מערבבים את מעכב הבעירה עם הפולימר (ועם תוספים נוספים בשלב העיבוד של המוצר הפלסטי).
 - מספיגים את תמיסת מעכב הבעירה בתוך המוצר (בדרך כלל במוצרי הטקסטיל).
- מעכבי הבעירה הפעילים משולבים במוצרים כחלק בלתי נפרד משרשרות הפולימר. המולקולות של מעכב הבעירה הפעיל נקשרות לשרשרות הפולימר בקשרים קוולנטיים והופכות לחלק מהפולימר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הצליחו לציין את ההבדלים בין מעכבי בערה מוספים לבין מעכבי בערה פעילים, ולהסביר כיצד מעכבי בערה מכל אחד משני הסוגים האלה יכולים להשתלב במוצרים העשויים מפולימרים. יחד עם זאת הופיעו טעויות הנובעות מחוסר ידע והבנה - במה שונים מעכבי בערה מוספים ממעכבי בערה פעילים. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ תיאור שגוי של שילוב מעכבי בערה במוצרים העשויים מפולימרים:
- ♦ "מעכבי מוספים הם מוצרים שאותם מפזרים על פני השטח הפולימרי."
- ♦ "מעכבי בערה פזורים הם חומרים שאותם מפזרים בזמן השרפה."
- ♦ טענות שגויות לגבי כמויות של מעכבי בערה שיש להוסיף לפולימרים:
- ♦ "יש להגדיל את הכמות של מעכב בערה מוסף, אך במקרה של מעכב בערה פזיר אין צורך לקבוע את כמותו, כי הוא משתתף בתאובה."

המלצות:

כאשר מלמדים את מנגנון עיכוב הבערה, כדאי לצייר על הלוח את מנגנון הבערה, פני השטח שמעליו מתרחשת הבעירה, להוסיף לציור את תוצרי הבערה הגזיים, להזכיר את האנרגיה הנדרשת, ולדון עם התלמידים בשאלה - איך נוכל להפריע לתהליך. מומלץ לרשום את השיטות על הציור, כדי להמחיש לתלמידים את ההתערבות של המעכב.

אם המורה בוחר ללמד נושא "פולימרים", עדיף ללמדו לפני הנושא "ברום ותרכובותיו". אם הנושא "פולימרים" לא נלמד, מומלץ בעת לימוד הנושא "מעכבי בעירה" להקדיש זמן להסבר על שיטות הפלמור - סיפוח ודחיסה, ועל יצירת קשרי צילוב. אפשר לתת דוגמאות של שילוב מעכבי בעירה פעילים בפולימרים.

על מנת להרחיב ידע בנושא "מעכבי בערה" מומלץ לעבור יחד עם התלמידים על החומרים להצגה של ד"ר מירי קסנר "מה למעכבי בערה ולהייטק?", שהוצגה במושב המורים בכנס הארצי של מורי הכימיה תשע"ה - כימטק - כימיה בהייטק", בחנוכה תשע"ה. בין היתר, בחומרים האלה נכללות הנחיות לתלמיד ולמורה לביצוע ניסוי חקר "האם נייר נדלק?", אותו מומלץ לבצע עם התלמידים. החומרים נמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בעמוד הכנס:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1226>

הערה: אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לשורת הכתובות בדף האינטרנט.

תת-סעיף ii (הציון 81)

ציון יתרון אחד של מעכבי בערה מוספים לעומת מעכבי בערה פעילים.

התשובה:

אחד מהיתרונות:

- אפשר לשלוט בכמויות הרצויות של המעכב (בהתאם לדרישות הלקוח).
- אין צורך בתכנון תהליכים כימיים מורכבים כדי לשלב את מעכבי הבערה במוצר הפלסטי.
- קל להרכיב אותם עם הפולימר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ציינו והסבירו נכון את היתרונות של מעכבי בערה מוספים. הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא התייחסות לחסרון של מעכבי בערה מוספים כאל יתרון:

- "מצב בערה מוסף מתפזר בפולמיר וצולה לפני הבעה."

תת-סעיף iii (הציון 15)

מדוע חלקיקי החומרים מסוג PBDE מצטברים על פני מסכים ורכיבים אחרים של מחשבים?
חסבר.

התשובה:

בין חלקיקי מעכב בערה לבין שרשרות הפולימר יש אינטראקציות חלשות (ון-דר-ואלס) (אן: היעד קשרים קוולנטיים בין חלקיקים אלה לבין שרשרות הפולימר).
חלקיקי החומרים מסוג PBDE נוטים לנדוד אל פני השטח של המוצר ולהצטבר כאבקה ואף להתפזר - פריחה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים לא ידעו שחלקיקים של מעכבי בערה מוספים נוטים לנדוד אל פני השטח של המוצר, ולכן לא ענו כלל לשאלה זו. חלק מהתלמידים, שהסבירו נכון על הנדידה של חלקיקים, לא הזכירו שהסיבה לכך היא אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות בין חלקיקי מעכב בערה לבין שרשרות הפולימר.

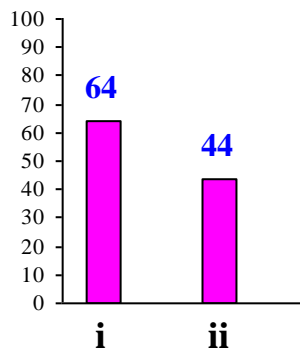
המלצות:

מומלץ לעבור עם התלמידים על מאפיינים של מעכבי בערה מוספים, כולל נדידת חלקיקים על פני השטח, ולדון בתוצאות של התרחשות תופעה זו במוצרים העשויים מפולימרים.
מומלץ לבקש מהתלמידים לקרוא כתבה:

<http://www.nrg.co.il/online/10/ART/731/467.html>

ולדון בכיתה על הצטברות חלקיקים של מעכב בערה מוסף על פני המוצרים ועל היבטים בטיחותיים.

סעיף ב' (הציון 53)



תת-סעיף i (הציון 64)

ציין שלוש תכונות הנדרשות מתרכובות המכילות ברום כדי שיוכלו לשמש מעכבי בערה של פולימרים.

התשובה:

שלוש מהתכונות של תרכובת:

- מכילה אחוז גבוה של ברום.
- אינה מתפרקת בטמפרטורה שבה מיוצר או מעובד הפולימר.
- אינה מתפרקת בטמפרטורה ובתנאים אחרים שבהם משתמשים בפולימר.
- מתפרקת בטווח של טמפרטורת הפירוק של הפולימר.
- בעת הבערה תוצרי הפירוק של מעכב הבערה אינם רעילים.
- אינה פוגעת במידה רבה בתכונות העיקריות של הפולימר.
- טמפרטורת היתוך גבוהה יחסית.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ציינו נכון את התכונות הנדרשות, אך חלק מהתלמידים ציינו תכונות לא מתאימות:

- "מצב בערה פציף צריק להיות בעל קשרי מימן."
- "מצב בערה פציף צריק להיות בעל קשריט כפולטי."
- "מסה מולרית גבוהה."
- "מפוטרת היתוק זהה לזו של פוליאמר."

המלצות:

מומלץ לדון עם התלמידים בכל אחת מהתכונות הנדרשות מתרכובות המכילות ברום כדי שיוכלו לשמש מעכבי בערה של פולימרים - כיצד כל תכונה עשויה לתרום לשימוש בתרכובת כמעכב בערה.

תת-סעיף ii (הציון 44)

בטבלה שלפניך מוצגות טמפרטורות היתוך וטמפרטורות פירוק של שני פולימרים.

הפולימר	טמפרטורת היתוך (°C)	טמפרטורת פירוק (°C)
פוליפרופילן	165	258
טפלון	330	473

לאיזה מן הפולימרים שבטבלה עשוי להתאים מעכב בערה A, ולאיזה מהם מעכב בערה B? נמק.

התשובה:

A מתאים לפוליפרופילן ו-B מתאים לטפלון.
(טמפרטורות היתוך ופירוק של טפלון גבוהות מאלה של פוליפרופילן.)
טמפרטורת ההיתוך של מעכב בערה B גבוהה מזו של A, כי בין המולקולות הגדולות יותר (א):
ענני האלקטרונים גדולים יותר) של B אינטראקציות ון-דר-ואלס חזקות יותר.
לכן B מתאים לטפלון.
א: הסבר המתייחס להתאמת A לפוליפרופילן.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו ליישם את המידע שבשאלה ואת החומר הנלמד. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "מצב בערה B מתאים לפולימר בעל טמפרטורת היתוך וטמפרטורת פירוק נמוכות יותר - פוליפרופילן, כי יש בו יותר אטומי ברום והוא יכול לצבוע בערה טוב יותר. פולימר כזה ישרץ אחר יותר ולכן צריך יותר אטומי ברום לצבוע הבערה."
 - "מצב בערה B מתאים לפוליפרופילן, כי פולימר זה נשרץ בקלות ולכן דרוש מצב בערה בעל מסה מולרית גבוהה יותר."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - "מצב בערה A מתאים לפוליפרופילן ומצב בערה B מתאים לטפלון. הסיבה לכך היא שבמצב B קשרים קוולנטיים בין אטומי חלקים יותר מהקשרים בין אטומי מצב A, טמפרטורת ההיתוך שלו גבוהה יותר."

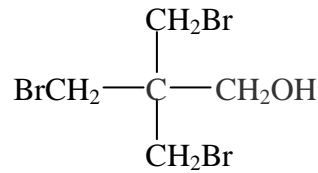
בעיה נוספת בתת-סעיף זה היא נימוקים חלקיים או היעדר נימוק.

המלצות:

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות יישומיות, שבהן התלמידים מתבקשים, על פי התכונות הנתונות של פולימרים ושל מעכבי בערה, להתאים מעכב בערה לפולימר הנתון, לרוב על פי טמפרטורות היתוך וטמפרטורות פירוק של הפולימר ושל המעכב.

פתיח לסעיפים ג-ד

החומר TBNPA יכול לשמש גם מעכב בערה פעיל וגם מעכב בערה מוסף.
לפניך נוסחת מבנה של TBNPA :



סעיף ג' (הציון 61)

TBNPA מתאים לשמש מעכב בערה פעיל רק עבור פולימרים שברשרות שלהם יש קבוצות קרבוקסיליות, -COOH. הסבר מדוע.

התשובה:

TBNPA מתאים לשימוש כמעכב בעירה פעיל, כי קבוצות -OH- במולקולות של TBNPA מגיבות בתגובת אסטור עם קבוצות -COOH- הנמצאות ברשרות הפולימר.
לכן מולקולות של מעכב הבערה נקשרות לרשרות הפולימר בקשרים קוולנטיים (והופכות לחלק מהפולימר).

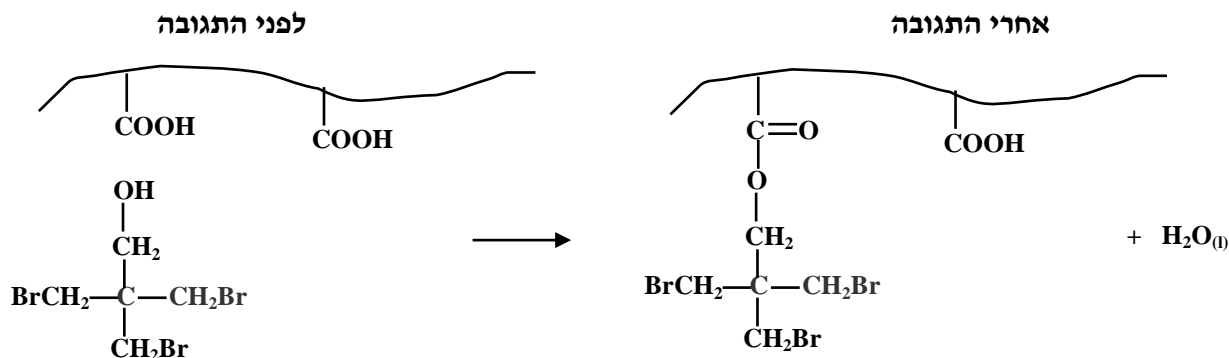
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- הטעות האופיינית העיקרית בסעיף זה היא קביעה שגויה שהקשרים הנוצרים בין קבוצות -OH- במולקולות של TBNPA לבין קבוצות -COOH- הנמצאות ברשרות הפולימר. התלמידים קובעים שאלה קשרי מימן או אינטראקציות ון-דר-ואלס ולא מזכירים תגובת אסטור בין קבוצות אלה:
- "ג- TBNPA יש קבוצות -OH- שיכולות להשתלב בפולימר בזכות קשרי מימן עם קבוצות -COOH-".
 - "כי הוא יוצר קשרי מימן עם קבוצה קרבוקסילית".
 - "בין TBNPA לפולימר נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס, האזכרות לשיפוט של הניחוחים".

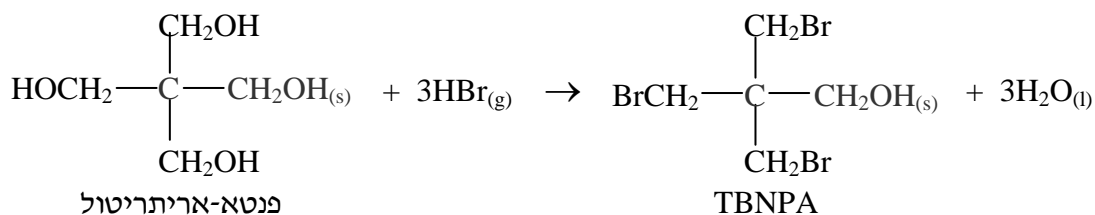
המלצות:

מומלץ להזכיר לתלמידים את תגובת אסטור שנלמדה במסגרת 3 יחידות לימוד. אפשר להדגים את התגובה בעזרת מודלים וציורים סכמתיים כגון:



סעיף ד' (הציון 61)

אפשר לקבל TBNPA על פי התגובה:



בתגובה בין 10 מול פנטא-אריתריטול עם כמות מספקת של $\text{HBr}_{(g)}$ מתקבלים 7.2 מול TBNPA. אחוז ההמרה בתהליך הוא 90%. חשב את אחוז הניצולת. פרט את חישוביך.

התשובה:

מספר המולים של פנטא-אריתריטול שמגיבים בפועל: $\frac{10 \text{ mol} \times 90\%}{100\%} = 9 \text{ mol}$

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין פנטא-אריתריטול לבין TBNPA הוא 1:1.

מספר המולים של TBNPA שהיו צריכים להתקבל ב-100% ניצולת: 9 mol

מספר המולים של TBNPA שנוצרים בפועל: 7.2 mol

אחוז הניצולת בתהליך: $\frac{7.2 \text{ mol} \times 100\%}{9 \text{ mol}} = 80\%$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

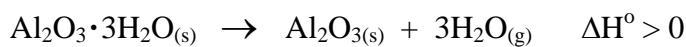
ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים חישובו נכון את אחוז הניצולת. הטעות האופיינית העיקרית היא קביעת יחס המולים שגוי בין פנטא-אריטריטול לבין TBNPA:

- "יחס המולים בין פנטא-אריטריטול לבין TBNPA הוא 1:3". טעויות נוספות הן טעויות חישוב.

סעיף ה' (הציון 70)

גם תרכובות אי-אורגניות, כגון אלומינה שלוש הידרט, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$, יכולות לשמש מעכבי בעירה מוספים. תרכובת זו מתפרקת בטמפרטורה 230°C על פי התגובה:



כיצד התרכובת $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ גורמת לעיכוב בערה? ציין שני גורמים.

התשובה:

- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ גורם לעיכוב בערה בשתי דרכים:
- הקטנת כמות האנרגיה הזמינה להמשך הבעירה (אנ: תהליך הפירוק הוא אנדותרמי).
- דילול כמות החמצן בשכבת הגז הקרובה למוצק הבעור (אנ: נפליים אדי מים).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- רוב התלמידים הסבירו נכון את אופן הפעולה של מעכב בערה $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$. יחד עם זאת אותרו טעויות אופייניות ממספר סוגים:
- ♦ קביעה שגויה שתהליך הפירוק של $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ הוא אקסותרמי וניסיון לקשר בין קביעה זו לאנרגיית השפעול של תהליך הבערה:
- "פירוק החומר הוא תהליך אקסותרמי, שמצפה את אנרגיית השפעול של הבערה".
- ♦ התייחסות לחומר $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ כאל מוצק שמגן על הפולימר מהבערה:
- "החומר $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ יוצר שכבת מוצק על הפולימר המגן ממנו את אלומינה מהתפתחות הבערה".
- ♦ טענה ש- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ מתאים להיות מעכב בערה, כי טמפרטורת הפירוק שלו גבוהה יחסית:
- "טמפרטורת הפירוק של התרכובת היא גבוהה, הדבר מתאים לדרישות ממעכבי הבערה".

- ◆ הצעת להשתמש במים המשתחררים בפירוק $Al_2O_3 \cdot 3H_2O_{(s)}$ לכיבוי שריפה :
- "פירוק החומר נוצרים מים המשמשים לכיבוי שריפה."

המלצות לפעילויות בנושא "ברום ורכובותיו":

רכבת מטען התנגשה ביום שני 14.3.16 בשלושה קרונוות שעמדו על המסילה ליד דימונה, אחד מהם הכיל ברום, חומר מסוכן ונדיף. מהמשרד להגנת הסביבה נמסר כי קיימת דליפה של החומר בכמות קטנה יחסית, אולם ליתר ביטחון ועד לנטרול החומר תושבים ברדיוס של כקילומטר נקראו להישאר בבתיים במהלך הלילה. מידע על התאונה :

<http://www.haaretz.co.il/news/local/1.2883027>

ברום אכן מסוכן, אך יש לו סגולות רבות. הברום משמש כחומר מוצא לייצור תרכובות ברום. ברום ותרכובותיו משמשים לייצור מעכבי בעירה למוצרי פלסטיק ולבדים, לקידוחי נפט וגז, לחיטוי מים לייצור תרופות, מוצרי מזון, מוצרי קוסמטיקה ועוד. מוצרים המיוצרים בישראל משווקים למדינות רבות ומביאים רווחים גדולים לישראל. באתר המרכז הארצי תוכלו למצוא מספר קישורים רלוונטיים :

1. [ברום - היסוד הרווחי של ישראל](#) -

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1510>

פעילות אוריינות - יש גם תרגום לערבית.

2. [מה למעכבי בעירה ולהייטק?](#)

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1499>

מאת - ד"ר מירי קסנר. הניסוי הוצג במסגרת כנס מורי הכימיה תשע"ה.

3. [נמצא כי היסוד ברום חיוני לחיים](#)

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1096>

ידיעה מחזית המחקר

הערה: המורה רינה ברנסבורג הביאה לידיעתנו שכיום רוב מעכבי הבעירה המכילים ברום נאסרו לשימוש בתעשיית התרופות והקוסמטיקה בשל רעילותם. [קישור למאמר](#) באנגלית המסביר על הנזקים בשימוש בחומרים אלה. הערה: אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לשורת הכתובות בדף האינטרנט.

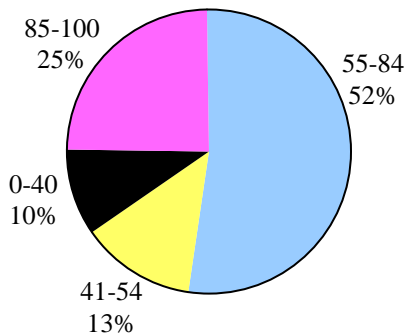
שאלה 5

פולימרים

	שאלון 37201	שאלון 37202	שאלון 37203	ציון משוקלל
ציון	74	70	68	69

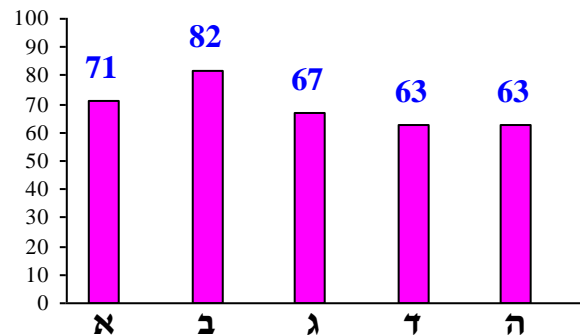
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 37% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 69

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

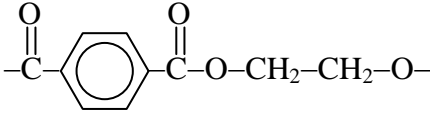
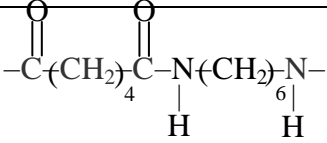
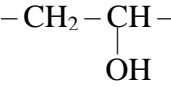
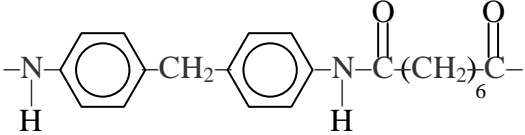
- ⏪ לציין תכונות המאפיינות פולימרים שמהם מייצרים סיבים.
- ⏪ לקבוע על פי נוסחת היחידה החוזרת של הפולימר באיזו שיטה הוא נוצר - דחיסה או סיפוח.
- ⏪ לרשום נוסחאות מבנה למונומרים של הפולימרים שנוצרו בשיטת דחיסה.
- ⏪ לתאר את השינויים שחלים בפולימר בטמפרטורה הזגוגית.
- ⏪ לתאר את השינויים שחלים בפולימר בטמפרטורת ההיתוך.
- ⏪ להסביר את ההבדל בין T_g של שני פולימרים - לנתח את השפעת הגורמים השונים על T_g של הפולימרים.
- ⏪ לקשר בין מבנה של שרשרות הפולימר לבין התכונות של הפולימר, כגון ספיגת מים ומסיסות במים.
- ⏪ להסביר את השוני בין מסיסות במים של חומרים המורכבים ממולקולות קטנות יחסית לבין מסיסות במים של פולימרים.
- ⏪ לקשר בין מבנה של שרשרות פולימר שממנו עשוי בד לבין תכונותיו.
- ⏪ לקבוע מהם מאפייני המבנה של שרשרות הפולימר המאפשרים את מתיחתן במהלך ייצור סיבים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א		הבנה
ב	i	הבנה
	ii	יישום
ג	i	יישום
	ii	יישום
	iii	יישום
ד		אנליזה
ה	i	יישום
	ii	יישום

פתיח לשאלה

מוצרים רבים מיוצרים מסיבים סינתטיים.
בטבלה שלפניך מידע על ארבעה פולימרים שמהם מיוצרים סיבים.

שם הפולימר	נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של הפולימר	טמפרטורה זגוגית Tg (°C)	מאפיין של אחד המוצרים
דקרון		69	בד שמאפשר לזיעה להתנדף
ניילון 6,6		80	חוטי דיג חזקים
פוליוויניל אלכוהול		85	שקיות שמתמוססות במים חמים
קיאנה		135	בד שלא מאפשר לזיעה להתנדף

סעיף א' (הציון 71)

ציון שלוש תכונות המאפיינות פולימרים שמהם מייצרים סיבים.

התשובה:

שלוש מהתכונות:

- שרשרות ארוכות (אן: דרגת פלמור ממוצעת גבוהה; אן: מסה מולרית ממוצעת גדולה).
- שרשרות קוויות (אן: לא מסועפות).
- שרשרות ללא קבוצות צדדיות נפחיות.
- קטעים קשיחים בשרשרות הפולימר.
- שרשרות שיכולות להיערך במבנה גבישי.
- קשרים חזקים בין שרשרות הפולימר.
- פולימר ללא קשרי צילוב.
- Tg מעל טמפרטורת החדר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לציין תכונות המאפיינות פולימרים שמהם מייצרים סיבים. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

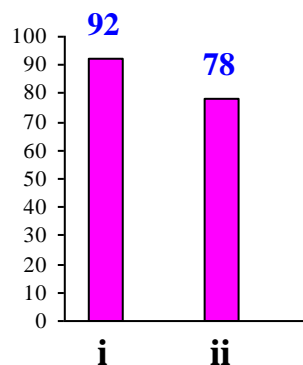
- ♦ חוסר הבחנה בין פולימרים שמהן מייצרים סיבים לבין אלסטומרים:
 - "קשרי צילוב."
 - "פולימרים שנמתחים וחוזרים לצורתם המקורית."
- ♦ חוסר ידע והבנה - מהן תכונות המאפיינות פולימרים שמהם מייצרים סיבים:
 - "שרשרות מסועפות."
 - "קבוצות צדדיות נפחיות פיתול."
- ♦ ציון תכונות מאקרוסקופיות של פולימרים אחדים, שלא קשורות לדרישות מפולימרים המתאימים לייצור סיבים:
 - "פולימרים שהם מצבבי הצרה."
 - "קשיחות הפולימר."
- ♦ חוסר הבחנה בין פולימרים שמהם מייצרים סיבים לבין סיבים מוכנים:
 - "פסיב דרוס חוזק פלא ייקרצ."

המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדלים בין שרשרות בודדות של פולימר לבין פולימר כחומר, בין תכונות מאקרוסקופיות לבין תכונות מיקרוסקופיות. מומלץ לתת לתלמידים רשימה של דרישות לסיבים, ולבקש למיין דרישות אלה - לקבוע אילו מהן מהווים מאפייני מבנה של הפולימרים המתאימים לייצור סיבים ואילו הן תכונות הסיבים:

- אחוז גבישיות גבוה
- אזורים צפידים
- קשרים בין שרשרתיים חזקים
- שרשרות ללא קבוצות צדדיות גדולות
- שרשרות ללא הסתעפויות או הצלבות
- שרשרות ארוכות וליניאריות
- מסה מולרית 10000-50000 גרם למול
- ערכי $T_m - T_g$ מתאימים למישוש בסיבים: $197^\circ\text{C} < T_m < 297^\circ\text{C}$; $-23^\circ\text{C} < T_g < 107^\circ\text{C}$
- ספיגת לחות
- קבוצות היוצרות קשרי מימן: -OH, -CONH, -COOH
- קבוצות העשויות ליצור קשרי מימן עם מולקולות המים: -COO-
- גמישות
- יכולת להיצבע
- קבוצות הנקשרות לצבען (בקשר קוולנטי או בקשרים בין מולקולריים).

סעיף ב' (הציון 82)



תת-סעיף i (הציון 92)

אילו מן הפולימרים שבטבלה נוצרים בפלמור על ידי דחיסה?

התשובה:

דקרין, ניילון 6.6, קיאנה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט ולא אותרו טעויות.

המלצות:

מומלץ לרשום - גם אם התלמיד לא מתבקש לעשות זאת בשאלה - את נוסחת המבנה של הקטע המייצג של הפולימר, הממחיש ללא ספק לאיזה סוג שייך הפולימר הנתון - פולימר סיפוח או פולימר דחיסה.

תת-סעיף ii (הציון 78)

רשום נוסחאות מבנה למונומרים של כל אחד מן הפולימרים שצינת בתת-סעיף ב i.

התשובה:

מונומר שני	מונומר ראשון	
$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$	המונומרים של דקרון
$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$	המונומרים של ניילון 6,6
$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$	המונומרים של קיאנה

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחאות המונומרים, אך הופיעו גם נוסחאות שגויות. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מבלבול בין נוסחת מונומר לבין נוסחה של יחידה חוזרת של פולימר:

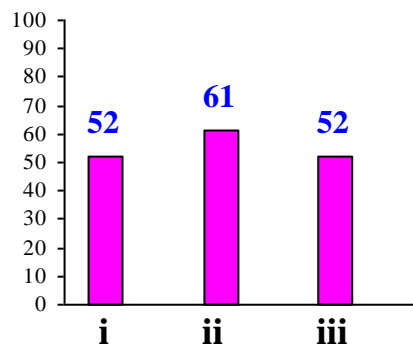
- ♦ הוספת קווי המשך לנוסחה של מונומר.
- ♦ הכנסת נוסחת המונומר לסוגריים.
- ♦ רישום שגוי של קצוות הנוסחאות:

- $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}$
- $\text{HN}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}$
- $\text{OC}-(\text{CH}_2)_6-\text{CO}$

המלצות:

- מומלץ לתרגל עם התלמידים את הנוסחאות השונות המתייחסות לאותו פולימר:
- נוסחת מונומר / נוסחאות מונומרים שמהם מתקבל הפולימר
 - נוסחת היחידה החוזרת של הפולימר
 - נוסחת הפולימר
 - נוסחת הקטע המייצג של הפולימר
- וגם להבהיר לתלמידים מהי המשמעות של הסוגריים, ומה מסמלת האות n.
- ראו המלצות נוספות בניתוח בגרות תשע"ד, שאלה 5.

סעיף ג' (הציון 67)



תת-סעיף i (הציון 52)

בטמפרטורה הזוגית, T_g , פולימר זגוגי נעשה רך וגמיש. תאר את השינויים שחלים בפולימר בטמפרטורה זו.

התשובה:

החל מ- T_g (עד ל- T_m) יש פיתול אקראי (אנ: ב- T_g מתחילה תנועה) בקטעים של שרשרות הפולימר שבאזורים האמורפיים.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לתאר את השינויים שחלים בפולימר בטמפרטורה הזוגית. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ חוסר הבנה מהי הטמפרטורה הזוגית ומהם השינויים החלים בפולימר בטמפרטורה זו:
- "בטמפרטורה T_g מתפרקים חלק מהקשרים הקוולנטים."
- "הפולימר הלאזוי מתחיל להחליק על עצמו וליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס בינו לבין עצמו."
- "ב- T_g יש פיתול אקראי עבור ההתיישרות שרשרות."

- ♦ חזרה על נתוני השאלה במקום תיאור השינויים בפולימר :
- "ג- Tg הפולימר נצפה רק ודאי".

תת-סעיף ii (הציון 61)

תאר את השינויים שחלים בפולימר בטמפרטורת ההיתוך, T_m .

התשובה:

ב- T_m חלים שינויים באזורים הגבישיים של הפולימר. כוחות המשיכה נחלשים ותנועת השרשרות מתגברת.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. תלמידים רבים התקשו לתאר את השינויים שחלים בפולימר בטמפרטורת ההיתוך.

- ♦ חוסר הבנה - מהו תהליך ההיתוך של הפולימר, בלבול בין תהליך זה לבין תהליכים אחרים :

- "ג- T_m ניתקת כף הקשרים הבין שרשרתיים ונוצר נוזל צמיח ומטפטף".

- "ג- T_m הפולימר הופך מקשיח לרכ".

- "ג- T_m בפולימר מתפרקת קשרים קוולנטיים".

- "ג- T_m מולקולות המים חודרות בין שרשרות הפולימר".

- ♦ תשובות כלליות :

- "בטמפרטורת ההיתוך הפולימר משנה מצב צבירה".

- "ג- T_m בפולימר מתרחשים שינויים".

תת-סעיף iii (הציון 52)

הסבר מדוע ערך ה- T_g של קיאנה גבוה מערך ה- T_g של ניילון 6,6.

התשובה:

בשרשרות של קיאנה יש טבעות בנזניות שיוצרות קטעים קשיחים.

בקיאה יש מגבלות גדולות יותר לפיתול האקראי של השרשרות, וה- T_g גבוה יותר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר את ההבדל בין T_g של שני פולימרים. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר ידע והבנה - מהם הגורמים המשפיעים על T_g וכיצד לנתח את השפעת הגורמים האלה:
- "טמפרטורה T_g היא ארובה צפופה יותר, כי הפרעות fe פוליאמר זה ארוכות יותר."
 - "הסיבה להבדל היא ארובה צפופה fe פרעות קיאנה."
 - " T_g היא קיאנה ארוכה יותר, כי חולק הקשרים הבין מולקולריים בו גדול יותר."

המלצות:

בסעיף ג' הופיעו טעויות הנובעות מחוסר הבחנה בין טמפרטורה זגוגית, T_g , וטמפרטורת היתוך, T_m , של הפולימר, ובין הגורמים המשפיעים על ערכים של T_g ו- T_m . מומלץ להיעזר במפות מושגים של גורמים עיקריים המשפיעים על ערכי T_g ו- T_m של פולימרים, המופיעות בחוברת ניתוח תוצאות של בחינת הבגרות בכימיה השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד תשע"ד. מומלץ להיעזר בדף מידע "פולימרים מאקרו ומיקרו" שהכינה ד"ר מלכה יאיון. הדף נמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=150>

הערה: אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לשורת הכתובות בדף האינטרנט.

סעיף ד' (הציון 63)

בגדי ספורט עשויים לרוב מבדי דקרין ולא מבדי קיאנה. בדי דקרין מאפשרים לזיעה להתנדף לאוויר, כי רק מעט ממולקולות המים שבזיעה נקשרות נקשרות לשרשרות הדקרין. בדי קיאנה אינם מאפשרים לזיעה להתנדף. הסבר מדוע.

התשובה:

בשרשרות קיאנה יש קבוצות אמידיות (NH-CO- קבוצות -CO-NH-)
(NH): בשרשרות קיאנה יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן).
לכן נוצרים יותר קשרי מימן בין מולקולות המים לבין שרשרות הפולימר.
מולקולות המים, הקשורות לשרשרות הפולימר, לא יכולות לעזוב את הבד.
(לכן הזיעה אינה מתנדפת.)

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לענות לשאלה יישומית זו, למרות שהיא הכילה את כל המידע הדרוש. הבעיה העיקרית בשאלה זו היא שתלמידים רבים לא הצליחו להשתמש נכון במידע הנתון, ולא כתבו על קשרי מימן בין מולקולות המים לבין שרשרות קיאנה, אלא על חוזק הפולימר, צפיפות אריזה ועוד:

- "שרשרות קיאנה כל כך צפופות שהמים לא חודרים אליהן כלל."
 - "בדי קיאנה הם בדיים חזקים, ולכן לא מאפשרים לזיזה להתנדף."
 - "הפולימר מאורגן וצפוף מאוד ולא נותן לזיזה להתנדף."
- טעות נוספת היא קביעה שגויה שבשרשרות קיאנה אין מוקדים ליצירת קשרי מימן:
- "בקיאנה אין מוקדים ליצירת קשרי מימן. זהו פולימר קשיח שלא נותן לזיזה להתנדף."

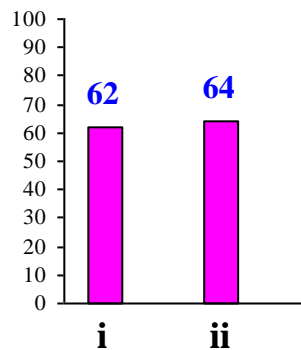
המלצות:

אפשר להמליץ לתלמידים כהעשרה לקרוא על ייצור פולימרים שונים, כולל קיאנה:

<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%93%D7%95%D7%A4%D7%95%D7%A0%D7%98>

מומלץ להרגיל את התלמידים לשאלות יישומיות הכוללות מידע שיש להשתמש בו כדי לענות עליהן.

סעיף ה' (הציון 63)



תת-סעיף i (הציון 62)

הסבר מדוע פוליוויניל אלכוהול מתמוסס במים חמים.

התשובה:

בשרשרות פוליוויניל אלכוהול יש תדירות גבוהה של קבוצות -OH, שיכולות ליצור קשרי מימן עם המים.

למולקולות של מים חמים יש מספיק אנרגיה כדי להפריד בין שרשרות הפולימר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין נוכחות של קבוצת OH- בתדירות גבוהה לבין מסיסות במים של פוליוויניל אלכוהול. הטעויות האופייניות שאותרו :
- ♦ חוסר התייחסות לתדירות גבוהה של קבוצת OH-, שיכולות ליצור קשרי מימן עם מולקולות המים :
 - ♦ "פוליוויניל אלכוהול יש קבוצת OH-, לכן נוצרים קשרי מימן עם המים."
 - ♦ "קבוצת OH- היא זאת שמאפשרת את מסיסות הפולימר במים."
 - ♦ ערוב מושגים - Tg ומסיסות במים :
 - ♦ "פוליוויניל אלכוהול מתמוסס במים חמים בללא Tg גבוה."
 - ♦ הסבר חלקי ללא התייחסות לכך שהמים חמים.

תת-סעיף ii (הציון 64)

במהלך הייצור של חוטי דיג הפולימר ניילון 6,6 עובר מתיחה. הסבר מדוע הפולימר ניילון 6,6 ניתן למתיחה.

התשובה:

בשרשרות ניילון 6,6 יש תדירות גבוהה של קבוצות מתילניות ($\text{-CH}_2\text{-}$), המאפשרות פיתול אקראי. במהלך המתיחה קטעי השרשרות מתיישרות.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע מהם מאפייני המבנה של שרשרות הפולימר המאפשרים את מתיחתן במהלך ייצור סיבים. הטעות האופיינית העיקרית היא חוסר התייחסות לקבוצות מתילניות בתדירות גבוהה בשרשרות הפולימר וציון גורמים לא רלוונטיים :

- ♦ "הפולימר ניתן למתיחה בללא אחוז אביסיות נמוך."
- ♦ "ניילון 6,6 ניתן למתיחה, כי הוא אלסטומר."
- ♦ "ניילון 6,6 ניתן למתיחה, כי השרשרות שלו חזקות."

המלצות:

הטעויות בסעיף ה' נובעות מחוסר הבנה מהותי של המושגים הקשורים לנושא הפולימרים. מומלץ לבנות יחד עם התלמידים מילון מושגים לנושא פולימרים, הכולל הסבר מדויק לכל מושג, קשר של המושג לשאר המושגים. מומלץ למיין את המושגים לאלה המתייחסים לרמת התצפית - מאקרוסקופית או לרמה החלקיקית - מיקרוסקופית.

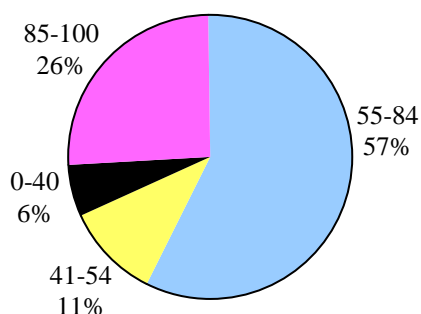
מומלץ לתרגל השוואה בין תכונות שונות של פולימרים, דבר המאפשר שימוש נכון במושגים השונים וקישור ביניהם.

שאלה 6 פולימרים

	שאלון 37201	שאלון 37202	שאלון 37203	ציון משוקלל
ציון	73	69	72	71

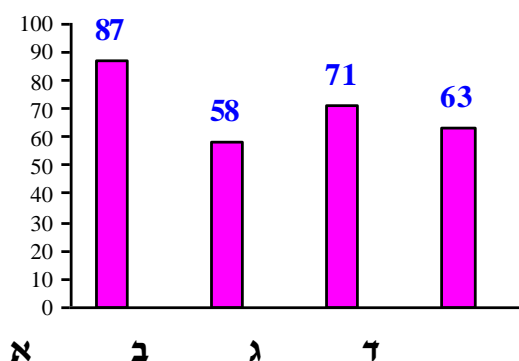
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 14% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 71

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

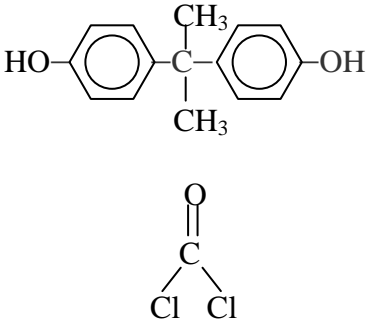
- לרשום נוסחת מבנה ליחידה החוזרת של הפולימר שהוכן בשיטת סיפוח, כשנתון מונומר שממנו מתקבל הפולימר.
- לרשום נוסחת מבנה ליחידה החוזרת של הפולימר שהוכן בשיטת דחיסה, כשנתונים מונומרים שמהם מתקבל הפולימר.
- לקבוע את שיטת הפלמור של המונומרים הנתונים.
- לקשר בין מסה מולרית ממוצעת של פולימר לבין T_m שלו.
- לקשר בין מבנה שרשרת הפולימר לבין מידת הפיתול האקראי של שרשרת הפולימר.
- לרשום נוסחת מבנה לקטע מייצג של קופולימר אקראי.
- לקשר בין תדירות קשרי צילוב של פולימר לבין תכונות המוצרים המתקבלים מפולימר זה.
- לקשר בין אפשרות ליצירת קשרי מימן בין מולקולות המים לבין אטומי החמצן שבקבוצות אסטר של הפולימר לבין כושר ספיגה של הפולימר המוצלב.
- לקשר בין חוזק קשרי צילוב כקשרים קוולנטיים חזקים לבין אי-מסיסות של הפולימר המוצלב במים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א	i	יישום
	ii	הבנה
ב		אנליזה
ג	i	יישום
	ii	יישום
ד	i	יישום
	ii	אנליזה

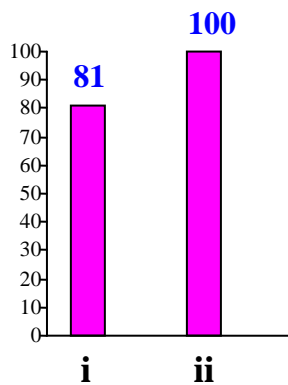
פתיח לשאלה

הדפסת מוצרים במדפסות תלת-ממד נעשית באמצעות תוכנות מחשב. באחת משיטות ההדפסה מתיכים פולימר תרמופלסטי ויוצרים חוט דק של פולימר, וממנו המוצר נבנה שכבה אחר שכבה. בטבלה שלפניך מוצגות נוסחאות מבנה של מונומרים שמהם מייצרים פולימרים המשמשים להכנת מוצרים בהדפסה בתלת-ממד.

נוסחת המבנה של המונומר / המונומרים	שם הפולימר המתקבל	שימושים אחדים במוצרים המודפסים
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	פוליפרופילן (PP)	- חלקי מכונות - אריזות קשיחות
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	פוליסטירן (PS)	- צעצועים - חומרי בידוד
	פוליקרבונט (PC)	- חלקי מכונות - כלים רפואיים

סעיף א' (הציון 87)

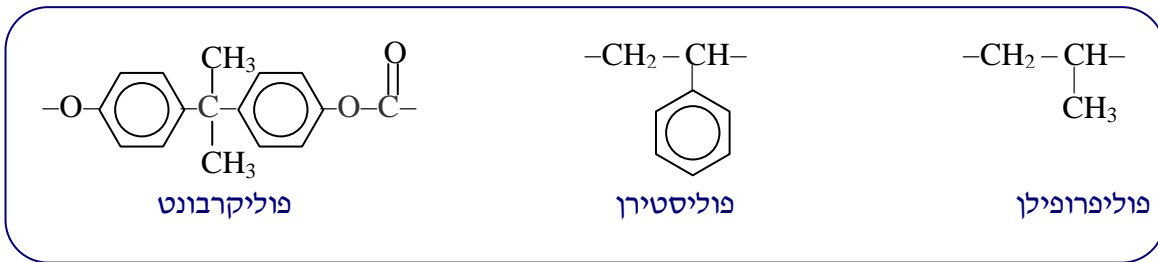
עבור כל אחד משלושת הפולימרים הנתונים:



תת-סעיף i (הציון 81)

רשום נוסחת מבנה ליחידה החוזרת של הפולימר.

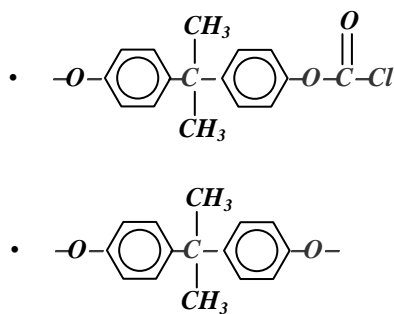
התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

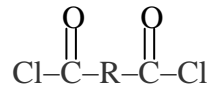
ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחאות היחידות החוזרות של הפולימרים הנתונים. יחד עם זאת אותרו טעויות אופייניות ברישום נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של פוליקרבונט:



המלצות:

בתרגול של פלמור על ידי דחיסה מומלץ לכלול פלמור שבו אחד מהמונומרים הוא מסוג:



לדוגמה, הכנת ניילון מהקסא-מתילן דו-אמין ואדיפיל כלורי. מומלץ לבצע ניסוי של הכנת ניילון (אפשר לרכוש ערכה בסיינס דמו) ו/או להדגים את יצירת ניילון המלווה בניסוח תהליך הפלמור בסרטון הנמצא באתר:

<https://www.youtube.com/watch?v=RRnDGjzCzfs>

תת-סעיף ii (הציון 100)

קבע אם הפולימר מיוצר בפלמור על ידי סיפוח או בפלמור על ידי דחיסה.

התשובה:

פלמור על ידי סיפוח	פלמור על ידי דחיסה
פוליסטירן	פוליקרבונט
פוליפרופילן	

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון 100. לא הופיעו טעויות.

סעיף ב' (הציון 58)

בעת הפלמור יש אפשרות לשלוט במסה המולרית הממוצעת, \bar{M} , של פוליפרופילן. כך אפשר להתאים את תכונות הפולימר לדרישות מן המוצרים השונים. הנתונים שלפניך מציגים את הקשר בין המסה המולרית הממוצעת לבין טמפרטורת ההיתוך, T_m , של פוליפרופילן. הסבר קשר זה.

$$\text{כאשר } \bar{M} = 2000 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}, \quad T_m = 114^\circ\text{C}$$

$$\text{כאשר } \bar{M} = 300000 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}, \quad T_m = 180^\circ\text{C}$$

התשובה:

מסה מולרית ממוצעת גדולה יותר, כלומר שרשרות פולימר ארוכות יותר. שרשרות ארוכות יותר יכולות להיארג באריזה צפופה יותר. בין השרשרות הארוכות יותר של פוליפרופילן פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס חזקות יותר, לכן יש להשקיע אנרגיה גדולה יותר כדי להתיד את הפולימר, ולכן טמפרטורת ההיתוך גבוהה יותר.

אנ:

מסה מולרית ממוצעת קטנה יותר, כלומר שרשרות פולימר קצרות יותר. יש יותר קצוות חופשיים הניתנים לפיתוך אקראי, לכן האריזה פחות צפופה. בין השרשרות הקצרות יותר פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות יותר. לכן יש להשקיע אנרגיה קטנה יותר כדי להתיד את הפולימר, ולכן טמפרטורת ההיתוך נמוכה יותר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר את הקשר בין המסה המולרית הממוצעת לבין טמפרטורת ההיתוך, T_m , של פוליפרופילן. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ♦ חוסר הבנה מהו הקשר בין מסה מולרית של פולימר לבין אורך שרשרות שלו:
- ♦ "ככל שמסה מולרית גבוהה יותר כך יש יותר שרשרות בפולימר ודרוש יותר מאמץ על מנת לפרק אותו."

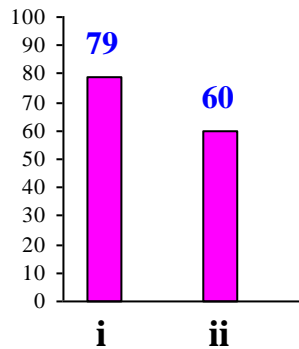
- ♦ חוסר הבחנה בין שרשרת אחת של פולימר לבין פולימר כחומר (כנראה זהו המשך של חוסר הבחנה בין מולקולה אחת של חומר מולקולרי לבין חומר מולקולרי):

- "מסה מולרית גבוהה יותר מצביעה על אורך השרשרת שהיא ארוכה יותר."
- ♦ חוסר הבחנה בין T_g ל- T_m . חוסר התייחסות לחוזק הכוחות הבין מולקולריים וליכולת שרשרות הפולימר להיארו באריזה צפופה :
- " ככל שהמסה המולרית הממוצעת גדולה יותר כך T_m גדול יותר, מכיוון שיש יותר הפרעות לפיתול ואחוז האביסיות גדול יותר."

המלצות:

מומלץ להיעזר בהמלצות החופיעות בניתוח תוצאות של בחינת הבגרות תשע"ד, לאחר שאלה 6.

סעיף ג' (הציון 71)



תת-סעיף i (הציון 79)

במעבדה הכינו שני פולימרים : פוליפרופילן ופוליסטירן. הפלמור נעשה בלי זרז. דרגת הפלמור הממוצעת של שני הפולימרים הייתה שווה. באיזה משני הפולימרים שרשרות מפותלות יותר? נמק.

התשובה:

בפוליפרופילן השרשרות מפותלות יותר. שרשרות פוליפרופילן הקבוצות הצדדיות קטנות ומפריעות פחות לפיתול האקראי. לכן שרשרות של פוליפרופילן יותר מפותלות (והמרחק הממוצע בין קצות השרשרות קטן יותר).

או:

בשרשרות פוליסטירן הקבוצות הצדדיות הגדולות מקשות על הסיבוב החופשי סביב קשרי C-C ובכך מפריעות לפיתול האקראי של שרשרות (מקטינות את גמישות השרשרות) וגורמות להתיישרותן.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

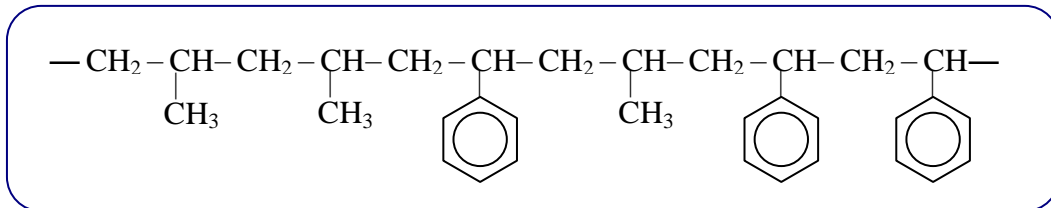
הציון די גבוה. רוב התלמידים הצליחו לקשר בין מבנה שרשרת הפולימר לבין מידת הפיתול האקראי של שרשרת הפולימר. יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו. הטעות האופיינית העיקרית היא חוסר הבחנה בין שרשרת אחת של פולימר לבין פולימר כחומר. הדבר גורם לאי הבנה של השפעת הגודל של קבוצות צד על מידת הפיתול של שרשרות הפולימר:

- "פולימרים קבוצת הצד נפחית מרחיקה את השרשראות, לכן יש פחות הפרעות לפיתול והן מפותלות יותר."
- "פולימרים קבוצת הצד קטנה יחסית והיא מהווה גורם מפריע לפיתול אקראי, ולכן פולימרים השרשראות יהיו פחות מפותלות, יותר קבוצות זו לזו ויתארגנו באריזה צפופה, עם סדר מרחבי גבוה."

תת-סעיף ii (הציון 60)

בהדפסה בתלת-ממד, כדי לקבל פולימרים בעלי תכונות מסוימות, משתמשים בקופולימרים. אחד מהם הוא קופולימר אקראי פוליסטירן-פוליפרופילן. רשום נוסחת מבנה לקטע מייצג של קופולימר זה.

התשובה:



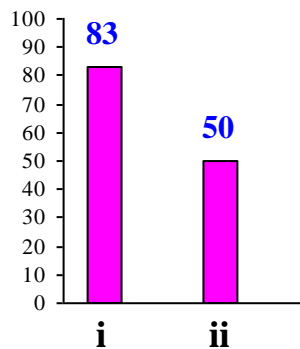
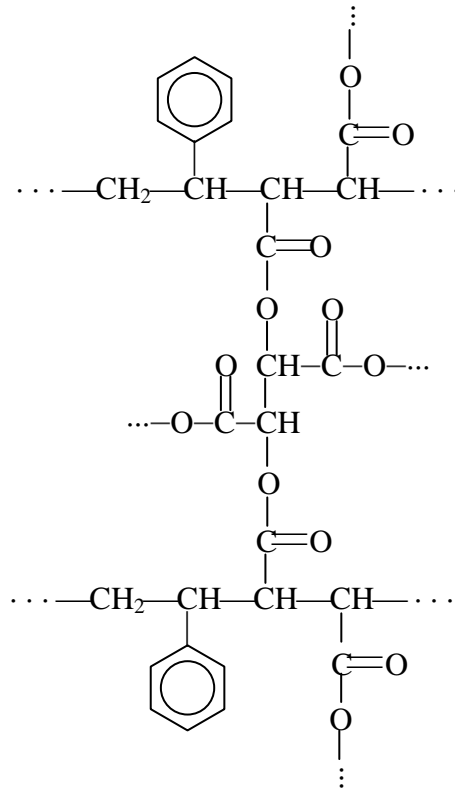
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לרשום נוסחת מבנה לקטע מייצג של קופולימר אקראי. הטעויות האופייניות העיקריות היא רישום שתי יחידות בלבד של קופולימר, כל אחד עם קבוצת צד שונה - רישום שלא מבטא את אקראיות הקופולימר.

סעיף ד' (הציון 63)

שיטה נוספת לייצור מוצרים במדפסות תלת-ממד היא פלמור על ידי סיפוח בהשפעת קרינה אולטרה-סגולה. הפלמור מתרחש במדפסת בין מונומר סטירן לבין שרשרות קצרות (עד 10 יחידות חוזרות) של פוליאקרילט. משני מגיבים נוזליים מתקבל קופולימר מוצק מוצלב. לפניך נוסחת מבנה לקטע של הקופולימר המוצלב:



תת-סעיף i (הציון 83)

- אפשר לתכנת את תהליך הפלמור כדי לקבל קופולימרים שיש להם קשרי צילוב בתדירות שונה.
- קבע אם התדירות של קשרי הצילוב בקופולימר צריכה להיות גבוהה או נמוכה כדי לייצר:
- רכיבים קשיחים למכוניות.
 - צעצועים גמישים.

התשובה:

- לייצור רכיבים קשיחים למכוניות יש לייצר קופולימר עם תדירות קשרי צילוב גבוהה.
- לייצור צעצועים גמישים יש לייצר קופולימר עם תדירות קשרי צילוב נמוכה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ענו נכון. הם הצליחו לקשר בין תדירות קשרי צילוב של פולימר לבין תכונות המוצרים המתקבלים מפולימר זה. תלמידים מעטים יחסית טעו בקביעה.

תת-סעיף ii (הציון 50)

צעצועים, העשויים מהקופולימר המוצלב הנתון, מתאימים למשחקים באמבטיה. צעצועים אלה תופחים מעט במים, אך לא מתמוססים. הסבר מדוע.

התשובה:

הצעצועים תופחים במים, כי יש אפשרות ליצירת קשרי מימן בין מולקולות המים לבין אטומי החמצן שבקבוצות אסטר. הצעצועים אינם מתמוססים, כי קשרי צילוב (הקשרים הבין שרשרתיים) הם קשרים קוולנטיים חזקים שאינם מאפשרים הפרדה בין שרשרות והרחקתן זו מזו.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. מחצית מהתלמידים לא הצליחו להסביר מדוע צעצועים, העשויים מהקופולימר המוצלב הנתון, תופחים מעט במים, אך לא מתמוססים. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר ידע והבנה של אפשרות ליצירת קשרי מימן בין אטומי חמצן הנמצאים בשרשרות הפולימר לבין מולקולות המים, וכתוצאה מכך טעויות בהסבר של תפוחת צעצועים במים:

• "קופוליאמר זה תופח מצט במים משום מולקולות המים חודרות בין שרשרות הפוליאמר."

וטעויות בהסבר של אי-מסיסות צעצועים במים:

• "אינט נמיסט באלף החלק ההידרופובי האדולף."

• "קופוליאמר זה אינו בעל אטומי H חסופים מאלקטרוניי הנקשרים בקשרי מימן למולקולות מים."

• "קופוליאמר זה אינו מתמוסס במים מכיוון שלא קיימים קשרי מימן בשרשרות הפוליאמר, ולכן אין אפשרות למולקולות המים לחדור בין השרשרות וליצור קשרי מימן עם שרשרות הפוליאמר."

המלצות:

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי מספר 10 המופיע בספר הלימוד "פולימרים סינתטיים חומרים כבקשתך" מאת נאוה מילנר, מכון ויצמן למדע. הניסוי מתאר ספיגת מים על ידי חיתול, ומהווה מענה מוצלח לתת-סעיף זה. כמו כן אפשר לצפות בסרטון "החומר המופלא הנמצא בתוך חיתולים" המופיע באתר מכון דוידסון: <http://davidson.weizmann.ac.il/online/scienceathome/chemistry?page=1>

פעילות מומלצת נוספת לשאלה זו היא פעילות בהערכה חלופית "מדפסות תלת-ממד - מדמיון למציאות", שפותחה בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון, במסגרת פרויקט של המרכז הארצי למורי הכימיה.

מפתחת - חגית מישקין, יעוץ, סיוע בפיתוח ומתן הערות - עדינה שינפלד, עריכה ועיבוד - ד"ר אורית הרשקוביץ.

מטרת הפעילות:

- קישור הידע בתחום הפולימרים לחיי היומיום - היכרות עם טכנולוגיות ייצור בהדפסת תלת ממד.
- איתור מידע אודות טכנולוגיות, חומרי גלם ותהליך הייצור.
- פיתוח מיומנויות של סיכום, חשיבה ביקורתית, עבודת צוות, עמידה מול קהל והצגת נושא.

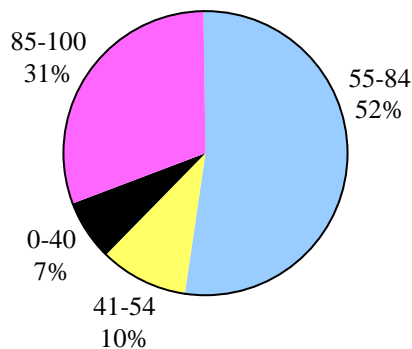
שאלה 7

כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

שאלון	שאלון	שאלון	ציון משוקלל
37201	37202	37203	73
ציון	71	77	72

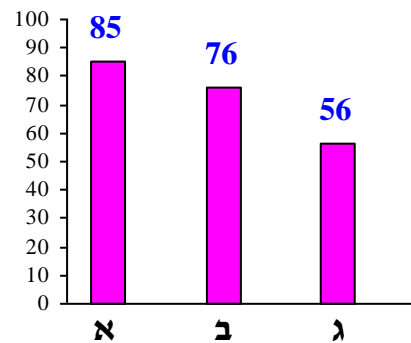
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 19% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 73

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

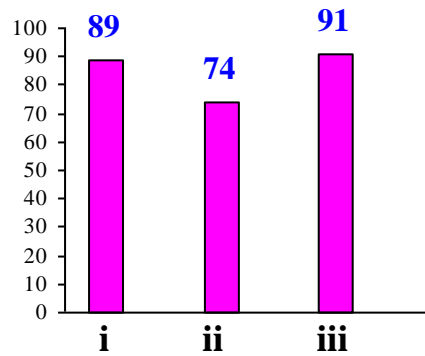
- להעריך איזה מאורכי הגל הנתונים מתאים לפוטון שהאנרגיה שלו היא הנמוכה ביותר, בהתבסס על יחס הפוך בין אורך גל לאנרגיית הפוטון.
- לחשב את אנרגיית הפוטון על פי אורך גל נתון.
- לחשב את תדירות הקרינה על פי אורך גל נתון.
- לקשר בין אורך גל של הקרינה לתחום הקרינה האלקטרומגנטית: אולטרה-סגול, אור נראה ואינפרא-אדום, בעזרת גלגל הצבעים.
- לרשום היערכות אלקטרוניים בחלקיק הנתון ולזהות את החלקיק על פי היערכות אלקטרוניים נתונה.
- להסביר את ההבדל בין אורביטל סיגמא קושר (σ) לבין אורביטל סיגמא אנטי קושר (σ^*).
- לקבוע יציבות יחסית של מולקולות בעזרת חישוב סדר קשר או לפי אכלוס אורביטלים מולקולריים קושרים לעומת אנטי קושרים.
- לזהות מבנה של פסי ערכיות ופסי הולכה המתאים למוליך ולמבודד.
- לקבוע איזה פער אנרגיה אסור מתאים לחומר מבודד.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א	i	יישום
	ii	הבנה
	iii	הבנה
ב	i	יישום
	ii	הבנה
	iii	יישום
ג	i	אנליזה
	ii	יישום

סעיף א' (הציון 85)

לפניך ערכים של שלושה אורכי גל מתוך ספקטרום הפליטה של אטומי פחמן, C, מעוררים:
 764 nm , 659 nm , 173 nm



תת-סעיף i (הציון 89)

בחר באורך הגל המתאים לפוטון שהאנרגיה שלו היא הנמוכה ביותר, וחשב אנרגיה זו ביחידות ג'יאוול (J). פרט את חישוביך, ונמק.

התשובה:

אורך הגל המתאים הוא 764 nm .
אנרגיית הפוטון הנמוכה ביותר מתאימה לקרינה לה אורך הגל הארוך ביותר
(אנ: יש יחס הפוך בין אורך גל לאנרגיה).

אנרגיית הפוטון:

$$(E = \frac{hc}{\lambda}) \quad E = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec} \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{764 \times 10^{-9} \text{ m}} = 2.6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

אנ:

$$\left(E_{\text{eV}} = \frac{1240}{\lambda_{\text{nm}}} \right) \quad E_{\text{eV}} = \frac{1240}{764 \text{ nm}} = 1.62 \text{ eV}$$

$$(1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J})$$

$$E = 1.62 \times 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

אנ: חישוב בשני שלבים - חישוב תדירות ובהמשך אנרגיה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים בחרו נכון באורך הגל המתאים לפוטון שהאנרגיה שלו היא הנמוכה ביותר, על פי יחס הפוך בין אורך גל לאנרגיה, וחישובו נכון את אנרגיית הפוטון. הטעויות המעטות שאותרו הן אי-התאמת יחידות - מננומטר למטר וטעויות בהמרת יחידות מאלקטרון וולט לג'אול.

המלצות:

מומלץ להרבות בתרגול של התאמת יחידות של ומעבר יחידות.

תת-סעיף ii (הציון 74)

אטום הפחמן פולט קרינה גם באורך גל $4.83 \cdot 10^{-6}$ מטר.
קבע אם אורך גל זה מתאים לקרינה בתחום האור הנראה, בתחום אולטרה-סגול (UV) או בתחום אינפרא-אדום (IR). נמק.

התשובה:

אורך הגל מתאים לקרינה בתחום IR .

$$\lambda = 4.83 \cdot 10^{-6} \text{ m} \times 10^9 = 4830 \text{ nm}$$

אורך הגל גדול מאורך הגל בתחום האור הנראה, לכן הקרינה היא בתחום IR .

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. רוב התלמידים חישבו נכון את אורך הגל, אך חלקם התקשו בנימוק. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:
1. קביעה נכונה ללא נימוק או עם נימוק שגוי.
 2. קביעה שגויה שנובעת מטעות בהמרת יחידות.

תת-סעיף iii (הציון 91)

חשב את תדירות הקרינה באורך גל $4.83 \cdot 10^{-6}$ מטר. פרט את חישוביך.

התשובה:

תדירות הקרינה:

$$(v = \frac{c}{\lambda}) \quad v = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{4.83 \times 10^{-6} \text{ m}} = 6.2 \cdot 10^{13} \text{ Hz } (\frac{1}{\text{sec}})$$

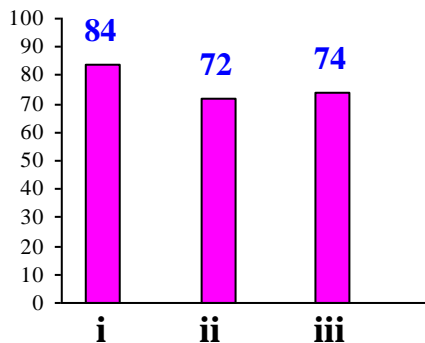
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לחשב את תדירות הקרינה. כמעט ולא אותרו טעויות.

סעיף ב' (הציון 76)

ידועים חלקיקים דו-אטומיים של פחמן.



תת-סעיף i (הציון 84)

לפניך היערכות אלקטרונים בחלקיק: $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \pi_{2p}^2 \pi_{2p}^2 \sigma_{2p}^1$

קבע אם היערכות האלקטרונים הנתונה היא של החלקיק C_2^+ . נמק.

התשובה:

לא.

לחלקיק C_2^+ יש 11 (12-1) אלקטרונים, ואילו בהיערכות האלקטרונים הנתונה יש 13 אלקטרונים (מתאימה לחלקיק C_2^-).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון שההיערכות הנתונה היא לא של החלקיק C_2^+ .
- יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות הן:
1. קביעה נכונה המלווה בנימוק חלקי או שגוי:
 - "יש יותר מדי אלקטרונים מאוכלסים."
 2. קביעה שגויה הנובעת מחישוב לא נכון של אלקטרונים:
 - "24 אלקטרונים בחלקיק."
- כנראה התלמידים שכתבו כך התייחסו למסה מולרית.

תת-סעיף ii (הציון 72)

הסבר את ההבדל בין אורביטל סיגמא קושר (σ) לבין אורביטל סיגמא לא קושר (σ^*).

התשובה:

באורביטל אנטי קושר יש מישור צומת, ולכן הסיכוי למצוא אלקטרונים בין שני הגרעינים זניח. התקבלה גם תשובה: האנרגיה של אורביטל אנטי קושר גבוהה מהאנרגיה של אורביטל קושר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו בהבנה של משמעות המושג אורביטל קושר ואורביטל אנטי קושר. הטעויות האופייניות שאותרו מצביעות על הקושי במתן הסבר מילולי:
- "אורביטלים קושרים משתתפים בחיבור המולקולה ואורביטלים אנטי קושרים לא משתתפים בחיבור המולקולה."
 - "אורביטל סיגמא קושר מאוכלס לפני אורביטל סיגמא אנטי קושר."
 - "אורביטל סיגמא קושר הוא אורביטל המאכלס במלאו ואורביטל סיגמא לא קושר הוא אורביטל שאינו מאכלס במלאו."

המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים כי בתהליך של יצירת קשר קוולנטי נוצרים משני אורביטלים אטומיים שני אורביטלים מולקולריים: אורביטל קושר ואורביטל אנטי קושר. לאורביטל אנטי קושר יש מישור צומת. לאורביטל קושר אנרגיה נמוכה מאשר לאורביטלים האטומיים, ולאורביטל האנטי קושר אנרגיה גבוהה לעומת האורביטלים האטומיים.

תת-סעיף iii (הציון 74)

איזה חלקיק יציב יותר: C_2 או C_2^+ ? נמק.

התשובה:

C_2 יציב יותר.

סדר קשר של שני החלקיקים: חלקיק C_2 : סדר קשר = $\frac{8-4}{2} = 2$

חלקיק C_2^+ : סדר קשר = $\frac{7-4}{2} = 1.5$

סדר קשר של חלקיק C_2 גדול יותר, לכן הוא יציב יותר.

אנ: לחלקיק C_2 יש יותר אלקטרונים באורביטלים קושרים, לכן יש רווח אנרגטי גדול יותר והחלקיק יציב יותר).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לקבוע יציבות יחסית של מולקולות בעזרת חישוב סדר קשר או לפי אכלוס אורביטלים מולקולריים קושרים לעומת אנטי קושרים.

הטעויות האופייניות שאותרו:

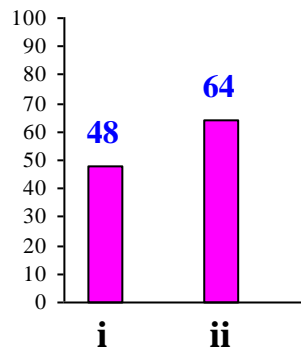
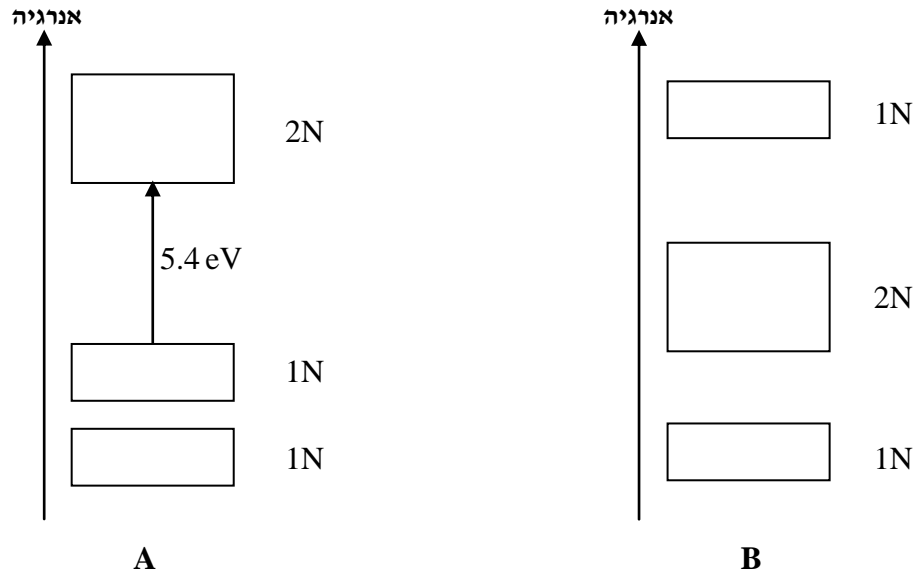
- ◆ חישוב שגוי של סדר קשר.
- ◆ קביעה נכונה עם נימוק חלקי:
- "יש יותר אלקטרונים באורביטלים הקושרים."
- " C_2^+ פחות יציב כי חסר 1 אלקטרון והוא מצורר."

המלצות:

מומלץ להרבות בתרגול של חישוב סדר קשר לחלקיקים שונים ולהדגיש את משמעותו בהקשר של יציבות החלקיק.

סעיף ג' (הציון 56)

יהלום וגרפיט הם שתי צורות גבישיות של פחמן.
לפניך שני איורים המתארים פסי ערכיות ופסי הולכה ביהלום ובגרפיט.



תת-סעיף i (הציון 48)

קבע איזה משני האיורים, A או B, מתאר פסי ערכיות ופסי הולכה של גביש גרפיט המכיל N אטומים. נמק.

התשובה:

איור B.

גרפיט מוליך, לכן פס הערכיות חופף לפס ההולכה (מצב המאפשר לאלקטרונים לעבור מפס הערכיות לפס ההולכה ולנוע בחופשיות באורביטלים הריקים).

לגביש המורכב מ-N אטומי פחמן יש 4N אלקטרונים ברמת האנרגיה האחרונה. האלקטרונים מאכלסים 2N אורביטלים.

באיור B - פס אנרגיה ראשון (בו 1N אורביטלים) יתמלא. פס האנרגיה השני (בו 2N אורביטלים) חצוי יהיה מלא (פס ערכיות) וחציו ריק (פס הולכה). (תהיה חפיפה בין פס הערכיות לפס ההולכה.)

א:

הסבר מדוע איור A מתאים ליהלום :
היהלום מבודד, ולכן יש פער אנרגיה בין פס הערכיות לפס ההולכה.
לגביש המורכב מ-N אטומי פחמן יש 4N אלקטרונים ברמת האנרגיה האחרונה.
האלקטרונים מאכלסים 2N אורביטלים.
שני האורביטלים הקרובים לגרעין יתמלאו והאורביטל העליון (בו 2N אורביטלים) ישאר ריק. יהיה פער אנרגיה בין האורביטל השני לשלישי, לכן החומר מבודד.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. המטלה בתת-סעיף זה מורכבת ממספר שלבים. חלק ניכר מהתלמידים התקשה להגיע להתאמה נכונה. אחת הסיבות לכך היא שבנתוני השאלה לא כתוב כי הפסים מתייחסים לרמת האנרגיה האחרונה. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים :

1. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי :
 - "הציון A רואים פער אנרגיה גבוה בין פס ההולכה לפס הערכיות (5.4eV), ולכן הפרטים מתאימים ליהלום, ואילו הפרטים השני (B) הפער האנרגיה בין הפסים הוא קטן ולכן הוא מתאים לזרפיר".
 - בנימוק כזה אין התייחסות לחישוב מספר האלקטרונים ולאופן האכלוס בפסים.
 - "B מתאר זרפיר, כי הוא מ"מ ופער האנרגיה האסור באיור A גדול. לכן הוא מציג חומר מבודד ואינו שייך לזרפיר".
2. קביעה שגויה הנובעת מחוסר ידע שגרפית מוליך חשמל :
 - "איור A מתאים לזרפיר, כי זרפיר לא מוליכה חשמל וצריך להיות פער אסור גדול שימנע מאלקטרונים לזרוק מפס הערכיות לפס ההולכה".

המלצות:

כשמלמדים דיאגרמת פסים ומתארים פס ערכיות ופס הולכה, מומלץ לתת דוגמאות ולחזור על מבנה הגרפית. כמו כן רצוי להדגיש שפסי ההולכה והערכיות מתייחסים לאורביטל הערכיות בלבד ולא לקטרוני הערכיות בלבד.

תת-סעיף ii (הציון 64)

ערכו של פער האנרגיה האסור של חומר מסוים הוא $9.3 \cdot 10^{-19}$ J .
קבע אם ערך זה מתאים לחומר מבודד. פרט את חישוביך, ונמק.

התשובה:

פער האנרגיה מתאים לחומר מבודד.

$$E = \frac{9.3 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 5.8 \text{ eV}$$

$$E = 1.62 \times 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \text{אנ:}$$

איור A מתאים ליהלום. יהלום הוא חומר מבודד. פער אנרגיה השווה 5.4 eV מתאים לחומר מבודד - נדרשת אנרגיה גבוהה כדי להעלות אלקטרונים מפס הערכיות לפס ההולכה ולאפשר הולכה.

פער האנרגיה הנתון גדול מפער האנרגיה של יהלום ($5.8 \text{ eV} > 5.4 \text{ eV}$).

(אנ: $9.3 \cdot 10^{-19} \text{ J} > 8.64 \cdot 10^{-19} \text{ J}$), לכן החומר מבודד.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. רוב התלמידים קבעו נכון שפער האנרגיה הנתון מתאים לחומר מבודד, אך חלק ניכר מהתלמידים התקשו לנמק את קביעתם. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ קביעה נכונה, אך אין התייחסות בנימוק לפער הנתון עבור היהלום. חלק גדול מהתלמידים נימקו על פי פער אנרגיה שהוא גדול מ-1 אלקטרון וולט בין פס ההולכה לפס הערכיות כמאפיין של חומר מבודד, ולא התייחסו בנימוק לפער הנתון עבור היהלום.
- ◆ קביעה שגויה וטענה שפער האנרגיה האסור שנתון הוא קטן:
- "א. בחומר מבודד פער האנרגיה האסור צריך להיות גדול, כדי שתידרש הרבה אנרגיה להוציא אלקטרון מפס הערכיות לפס ההולכה 5.8125 הוא פער אנרגיה אסור קטן".

המלצות:

מומלץ להדגיש בפני התלמידים שהתיאוריה בנוגע לפסי ערכיות ומוליכות עושה הכללה לכל סוגי החומרים, ובנויה אך ורק על פער האנרגיה בין פסים אלה. גודלו של פער האנרגיה האסור קובע את מידת המוליכות.

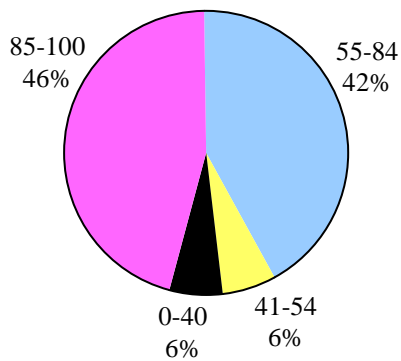
שאלה 8

כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

	שאלון 37201	שאלון 37202	שאלון 37203	ציון משוקלל
ציון	75	80	74	77

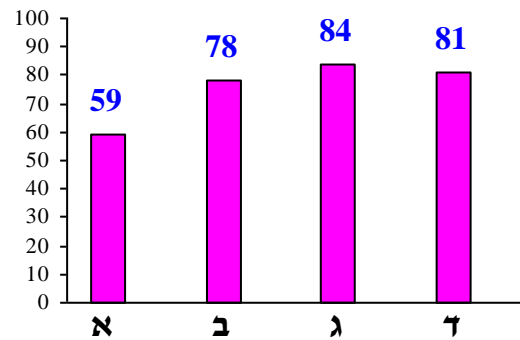
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 5.5% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 77

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר את עקרון הפעולה של LED.
- לרשום היערכות אלקטרוניים באטום.
- לקשר בין מיקום יסוד מסוים במערכה המחזורית לתפקידו כמזהם.
- לקבוע מהו צבע האור הנפלט מן הדיודה המבוססת על גביש מסוים.
- לחשב אורך גל של קרינה נפלטת לפי מידע על פער אנרגיה אסור ולהסיק על צבע האור הנפלט.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

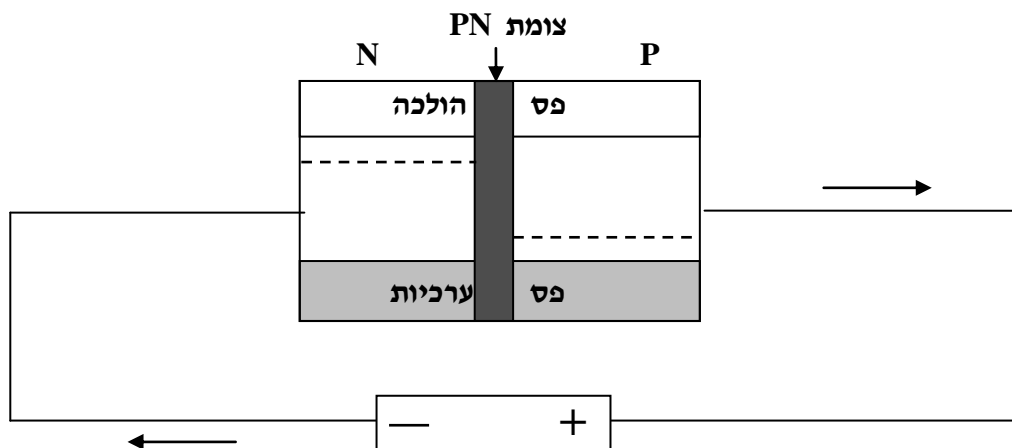
סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א		הבנה
ב	i	יישום
	ii	יישום
ג	i	יישום
	ii	אנליזה
ד	i	יישום
	ii	יישום

פתיח לשאלה

בשנים האחרונות נעשה שימוש נרחב בטכנולוגיה של דיודה פולטת אור (LED). משתמשים בדיודות אלה, בין היתר, לצורכי תאורה.

סעיף א' (הציון 59)

לפניך סכמה של מעגל חשמלי שמשולב בו LED. הסבר את עקרון הפעולה של LED.



התשובה:

ההדק השלילי של הסוללה מספק אלקטרונים הנמשכים להדק החיובי. באזור N האלקטרונים מאכלסים רמות אנרגיה גבוהות, סמוך לפס ההולכה. באזור P "החורים" נמצאים ברמות אנרגיה נמוכות, סמוך לפס הערכיות. אלקטרונים עוברים את הצומת. הם "נופלים" מפס ההולכה לפס הערכיות, מתלכדים עם חורים. משתחררת אנרגיה בצורת אור.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים אינם מבינים את עקרון הפעולה של הדיודה במלואו. נמצאו הסברים חלקיים כאשר בכל הסבר חסר חלק אחר מההסבר המלא הנדרש:

- "כאשר מחברים את ה-P לפולוס וצומת ה-N למינוס צובר זרם חשמלי מפס ההולכה לפס הצרכיות, ומתוך הדיודה יש רכיב שממיר את החשמל לאנרגיית אור."
- "אלקטרונים צוברים מפס ההולכה במוליך למחצה מסוג N דרך הצומת ונופלים לצבר החורים שבפס הצרכיות במוליך למחצה מסוג P."
- "מ"מ P מחובר להדק החיובי של הדיודה ומ"מ N להדק השלילי. האלקטרונים של מ"מ N נמשכים למ"מ P, לכן יהיו כל הזמן אלקטרונים בצומת, המצטפים יהיה סכום ויפלט אור. אם המצטפים לא יהיה סכום לא יפלט אור."

טעות נוספת היא התייחסות כללית לאופן ההארה של דיודה בלי פירוט עקרון הפעולה:

- "כאשר דיודה מחוברת כהלכה למצטפים חשמלי הדיודה פולטת אנרגיה בצורת אור ולא כחום."

המלצות:

מומלץ להציג לתלמידים סרטונים על דיודות פולטות אור:

<https://www.youtube.com/watch?v=BH9LI973H8w>

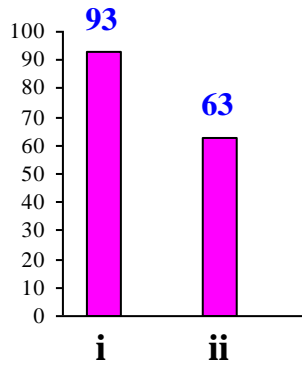
<https://www.youtube.com/watch?v=WjvUVjuHRtc>

<https://www.youtube.com/watch?v=GodkGafZsh4>

ראו המלצה שהופיעה בניתוח בגרות תשע"ד, ניתוח שאלה 6, סעיף ב'.

סעיף ב' (הציון 78)

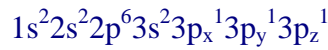
נתונה דיודה המבוססת על גביש GaP, המורכב מאטומי גליום, Ga, ומאטומי זרחן, P. הדיודה פולטת קרינה בתחום האור הנראה.



תת-סעיף i (הציון 93)

רשום את היערכות האלקטרונים באטום זרחן, P.

התשובה:

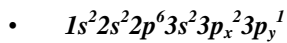


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

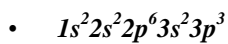
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. הטעויות המעטות שאותרו:

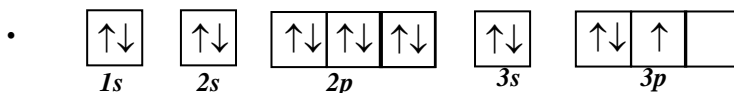
♦ אכלוס לא לפי כלל הונד:



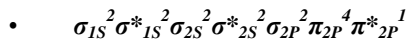
♦ רישום אלקטרונים ללא פירוט:



♦ רישום דיאגרמת אכלוס במקום היערכות אלקטרונים (ובנוסף שגיאה לפי כלל הונד):



♦ רישום היערכות אלקטרונים באורביטלים מולקולריים:



המלצות:

מומלץ לתרגל רישום היערכות אלקטרונים באופני כתיבה שונים ומעברים בין צורות ייצוג שונות, כגון רישום דיאגרמת אכלוס אלקטרונים, רישום אכלוס אלקטרונים בדיאגרמת רמות אנרגיה. בנוסף, חשוב להסב את תשומת לב התלמידים לכך שבספר הלימוד לא תמיד קיימת הקפדה על כתיבה לפי כלל הונד ואילו בבחינת הברורות התלמידים נדרשים להקפדה זו.

תת-סעיף ii (הציון 63)

החלפה של חלק מאטומי זרחן, P, באטומי ארסן, As, אינה פוגעת ביכולת של הגביש לשמש דיודה. הסבר מדוע.

התשובה:

גם As וגם P הם יסודות מהטור החמישי. החלפת אטומי P באטומי As אינה משנה את מספר האלקטרונים הערכיים, ולכן אינה פוגעת ביכולת הגביש לשמש דיודה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא ייחוס.

ניתוח טעויות אופייניות

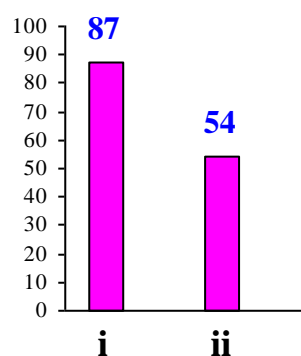
הציון נמוך. תלמידים רבים נתנו הסבר לא מדויק או שהתייחסו למיקום היסודות בטבלה בלבד מבלי להסביר כיצד מיקום זה משפיע על תכונות הגביש המתקבל:

- "כי הם נמצאים באותו הטור בטבלה המחזורית."
- "לשניהם יש צורת אלקטרונים שאורמים למ"מ להיות מסוג N."

סעיף ג' (הציון 84)

בטבלה שלפניך מוצגים פערי אנרגיה אסורים בשתי דיודות.

הדיודה	GaAs	GaP
פער אנרגיה אסור (eV)	1.45	2.3



תת-סעיף i (הציון 87)

קבע מהו צבע האור הנפלט מן הדיודה המבוססת על גביש GaP. פרט את חישוביך, ונמק.

התשובה:

צבע האור הוא ירוק.

אורך הגל של הקרינה הנפלטת מגביש GaP :

$$\left(E_{\text{eV}} = \frac{1240}{\lambda_{\text{nm}}} \quad \lambda_{\text{nm}} = \frac{1240}{E_{\text{eV}}} \right) \quad \lambda_{\text{nm}} = \frac{1240}{2.3 \text{ eV}} = 539 \text{ nm}$$

$$E = 2.3 \times 1.6 \cdot 10^{-19} = 3.68 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

אנ :

$$\left(E = \frac{hc}{\lambda} \quad \lambda = \frac{hc}{E} \right)$$

$$\lambda = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec} \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{3.68 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 5.40 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 540 \text{ nm}$$

באורך גל זה צבע האור הוא ירוק.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את אורך הגל של האור הנפלט וידעו לקבוע מהו צבע האור. הטעויות המעטות שאותרו :

- ♦ תלמידים מעטים התבלבלו בהתאמת היחידות וחישבו את אורך הגל על ידי הצבת הנתונים בנוסחה שאינה מתאימה ליחידות.
- ♦ בלבול בין פליטת אור לפיזור אור.
- ♦ היו תלמידים שחישבו נכון את אורך הגל, אך קבעו כי צבע האור הנפלט הוא המשלים לצבע שהתקבל בחישוב, כלומר :
 - "האאלקטרון בולע ירוק ולכן יפזר אדום."
 - "האטום בולע ירוק אך פולט אדום."

המלצות :

מומלץ לבנות עם התלמידים פתרון מלא של תרגילים מסוג זה ולוודא שהתלמידים יודעים כיצד להציב את הנתונים ואת דרך החישוב במחשבון. חלק מהתלמידים טועים בהצבה של הנתונים ומבצעים כפל במקום חילוק כאשר נתון מסוים מופיע כחלק מחישוב שהוא מכפלה במכנה. מומלץ לתרגל מעברי יחידות מסוגים שונים בכל פרקי המבנית.

תת-סעיף ii (הציון 54)

מהי הסיבה להבדל בין פער האנרגיה האסור בדיודה GaAs לבין פער האנרגיה האסור בדיודה GaP ?

התשובה :

הסיבה להבדל בין אטומי P לאטומי As היא במספר רמות האנרגיה (מאוכלסות) (אן: בגודל האטומים; אן: ברדיוס האטומי).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הצליחו לנתח את המידע הנתון בשאלה. התלמידים היו אמורים לנתח את המידע על הרכב הדיודות, להשתמש בטבלה המחזורית ומתוכה להסיק על נתוני האטומים המרכיבים את הדיודות. בהמשך, התלמידים היו אמורים להסיק מסקנות הנוגעות לתכונות שעליהן נתוני האטומים הנ"ל משפיעים (במקרה זה פער האנרגיה האסור הנוצר בחיבור בין שני סוגי אטומים אלו).

הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ♦ הסבר המתייחס להפרש באלקטרושליליות ללא הבנה מהי המשמעות של הפרש זה. תלמידים אלו כפי הנראה למדו את הנושא בפורמט שהיה בעבר - פורמט אשר אינו נדרש לפי תכנית ההלימה:
"גדיודה Ge יש פער גדול יותר באלקטרושליליות. ככל שהפער באלקטרושליליות גדול יותר הפער האסור גדול יותר."
- ♦ הסבר כללי המתייחס לרמות אנרגיה באטום מבלי להתייחס להפרש בין רמות האנרגיה של האטומים השונים בדיודה:
"ככל שיש יותר רמות אנרגיה הפער האסור קטן."
"גדיודה עם ארסן יש יותר אורביטלים וככל שיש יותר אורביטלים הפער קטן. הסיבה היא שארסן מכיל יותר אורביטלים כי יש לו יותר אלקטרונים."

המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים את הקשר בין מיקום האטום בטבלה המחזורית לתכונות שונות שנובעות ממיקום זה, כגון: פער אנרגיה אסור, אלקטרושליליות, מוליכות חשמלית וכדומה. נושא זה נלמד במסגרת נושאי החובה ויש לחזור עליו במבניות הבחירה.

תת-סעיף נוסף שלא הוערך

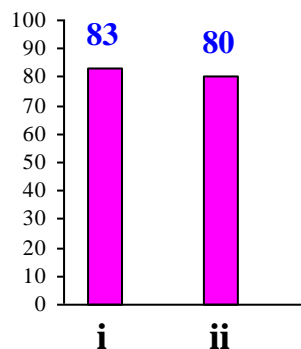
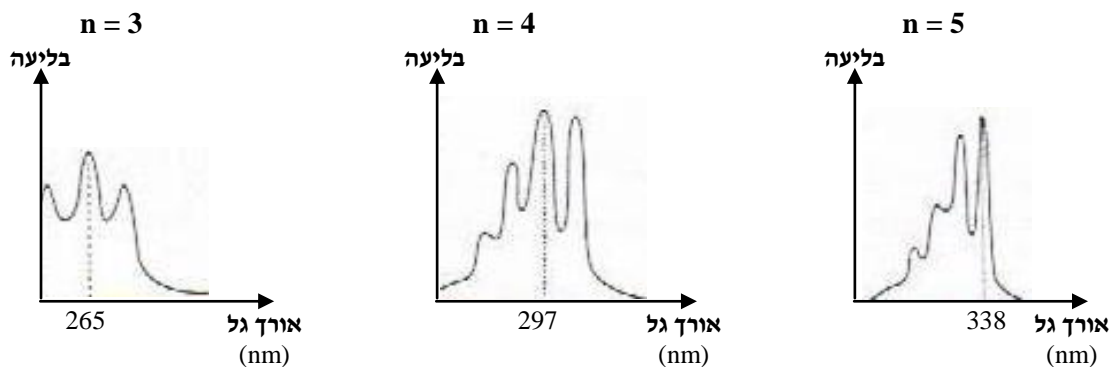
פרס נובל בפיסיקה לשנת 2014 ניתן על פיתוח דיודה הפולטת אור כחול. דיודה זו מבוססת על גביש GaN, המורכב מאטומי חנקן, N, ומאטומי גליום, Ga. דיודה המבוססת על גביש InN, המורכב מאטומי חנקן, N, ומאטומי אינדיום, In, אינה פולטת אור כחול. הסבר מדוע.

התשובה:

היסודות Ga ו-In נמצאים באותו טור (בטור השלישי). לאטום In יש יותר רמות אנרגיה (מאוכלסות). לכן פער האנרגיה בגביש InN קטן מפער האנרגיה בגביש GaN. יש יחס הפוך בין פער אנרגיה לאורך גל (על פי הנוסחה $E = \frac{hc}{\lambda}$), ולכן אורך הגל של הקרינה, הנפלטת מ-LED המבוסס על גביש InN, הוא ארוך יותר.

סעיף ד' (הציון 81)

לפניך שלושה ספקטרומים. כל אחד מהם הוא ספקטרום בליעה של תרכובת מסוג $\text{CH}_3(\text{CH}=\text{CH})_n\text{CH}_3$. האות n מייצגת את מספר הקשרים הכפולים המצומדים במולקולה.



תת-סעיף i (הציון 81)

הסבר את העלייה באורך הגל, שבו הבליעה מקסימלית, כתלות במספר הקשרים הכפולים המצומדים במולקולות של התרכובות.

התשובה:

ככל שמספר הקשרים הכפולים המצומדים עולה, פער האנרגיה בין רמת HOMO לרמת LUMO קטן. יש יחס הפוך בין אנרגיה לאורך גל, לכן אורך הגל גדל.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים ידעו להסביר את הקשר בין אורך הגל למספר הקשרים המצומדים. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ הסבר לא מדויק - ללא התייחסות לכך שמדובר בפער אנרגיה:
- "ככל שמספר הקשרים הכפולים המצומדים עולה הפער בין HOMO ל-LUMO קטן".
- ♦ חזרה על נתוני השאלה ללא הסבר:
- "ככל שמספר הקשרים הכפולים גדול יותר אורך הגל הנבלע ארוך יותר".
- ♦ בלבול בקשר בין מספר הקשרים הכפולים לאנרגיה ולאורך גל:
- "ככל שיש יותר קשרים כפולים כך נדרשת יותר אנרגיה כדי לפרוץ את המולקולה וכתוצאה מכך יש עלייה באורך הגל".
- ♦ בלבול בין מושגים שנלמדו בפרק אנרגיה למושגים שנלמדו בפרק כימיה פיזיקלית:
- "ככל שיש יותר קשרים כפולים כמות האנרגיה קטנה ואורך הגל גדל. ככל שכמות הצימודים המשופצים גדלה כך גם צימודת הפליצה גדלה".

תת-סעיף ii (הציון 80)

קבע מהו צבע האור הנבלע על ידי התרכובת $\text{CH}_3(\text{CH}=\text{CH})_9\text{CH}_3$ הנח שכל קשר כפול מצומד נוסף במולקולה מגדיל את אורך הגל, שבו הבליעה מקסימלית, ב- 35 nm. פרט את חישוביך, ונמק.

התשובה:

אור כחול.

(מתוך הגרף, כש- $n = 5$, אורך הגל, שבו הבליעה היא מקסימלית, הוא 338 nm).

מספר הקשרים הכפולים שנוספו לתרכובת $\text{CH}_3(\text{CH}=\text{CH})_5\text{CH}_3$: $9 - 5 = 4$

התוססת באורך הגל : $4 \times 35 \text{ nm} = 140 \text{ nm}$

אורך הגל שבו האור נבלע על ידי התרכובת $\text{CH}_3(\text{CH}=\text{CH})_9\text{CH}_3$:

$$338 \text{ nm} + 140 \text{ nm} = 478 \text{ nm}$$

(תחום אורכי הגל של האור הכחול הוא 455 nm - 492 nm).

האור הנבלע הוא אור כחול.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים חישבו נכון את אורך הגל של האור הנבלע וידעו לקבוע מהו

צבע האור. הטעויות המעטות שאותרו :

♦ בלבול בין בליעת אור לפיזור אור.

♦ חישוב נכון של אורך הגל אך קביעה כי צבע האור הנפלט הוא המשלים לצבע שהתקבל

בחישוב, כלומר :

• "צבע האור הנפלט הוא כחול ולכן צבע האור הנפלט הוא האנטי פופולרי הצביע

כחול כחול"

המלצות:

מומלץ לקרוא מאמרים על דיודות פולטות אור :

http://education.mrsec.wisc.edu/modules/HighSchool/LEDs/3d_LED_Demo_4.pdf

<http://nano.ort.org.il/?p=1870#acceptLicense>