



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"ו שאלונים 037201 , 037202 , 037203

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

מאי 2017

תוכן עניינים

עמ'		
3	מבוא	•
5	נושא חובה : אנרגיה ודינמיקה 1	•
33	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : אנרגיה ודינמיקה 1	•
34	ברום ורכובותיו	•
53	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : ברום ורכובותיו	•
55	פולימרים	•
79	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : פולימרים	•
82	כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה	•
	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : כימיה פיזיקלית - מרמת	•
100	הננו למיקרואלקטרוניקה	
103	כימיה אורגנית מתקדמת	•
128	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : כימיה אורגנית מתקדמת	•
130	כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין	•
	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : כימיה של חלבונים ושל	•
149	חומצות גרעין	
151	כימיה של הסביבה	•
170	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : כימיה של הסביבה	•
172	פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני	•
192	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני	•
193	ניתוח שאלה 8 משאלון 37303 בנושא סוכרים	•
194	המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושא : סוכרים	•

**ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה
השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד תשע"ו
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://chemcenter.weizmann.ac.il/>

ובאתר המפמ"ר:

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

בנוסף, הניתוחים של בחינות הבגרות מהשנים תשנ"ח-תשע"ה נמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע.

בשנת תשע"ו ניגשו לבחינת השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד **8159** 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 אלה 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!**

החל משנת הלימודים תשע"ז, כל נושאי ההשלמה מלמדים במתכונת החדשה, צורת היבחנות משתנה - קיימת הערכה בית ספרית שכוללת מבחנים והערכה חלופית של פעילויות המתבססות על הנושאים הנלמדים. הניתוח כולל התייחסות לתוכנית החדשה של 30% - הפניה לפעילויות הקיימות בהערכה חלופית בנושאים הרלוונטיים ודרכי הוראה, המאפשרים להתגבר על קשיי למידה ועל הטעויות העולות להופיע במבחנים בית ספריים, המהווים חלק חשוב בהערכה. החוברת עוסקת באפיון של השגיאות אותן עשו בבחינת הבגרות תלמידים רבים, בהצעת הסברים למקור השגיאות ובדרכים להתמודד עם שגיאות אלה. הניתוח כולל הצעות להוראת תת-נושאים, שנלמדים במסגרת 30% - המלצות למורים על פעילויות שונות, כולל פעילויות ממוחשבות, שיש להעריך אותם בהערכה חלופית. הערות:

- השאלות בנושא החובה - אנרגיה ודינמיקה 1 (שאלות 1-2), כוללות סעיפים בנושאים: אנרגיה וקצב תגובה. מומלץ להיעזר בניתוח של שאלות אלה בהוראת נושאים אלה במסגרת התוכנית של 70% - לפי שאלון 37381.
- בסוף החוברת מובא ניתוח שאלה 8 משאלון 37303 בנושא סוכרים. מומלץ להיעזר בניתוח של שאלה זו בהוראת נושא זה במסגרת התוכנית של 30%.

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 8159 נבחנים.

הנושא	נושא חובה: אנרגיה ודינמיקה 1		ברום ותרכובותיו		פולימרים		כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה	
	1	2	3	4	5	6	7	8
מס' שאלה	70	74	61	50	78	59	72	82
ציון ממוצע	70	74	61	50	78	59	72	82
% תלמידים שבחרו בשאלה	23%	77%	4%	2%	24%	26%	10%	15%

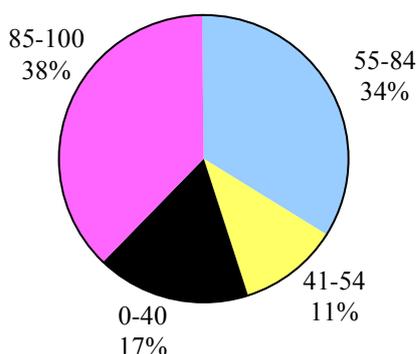
הנושא	כימיה אורגנית מתקדמת		כימיה של חלבונים וחומצות גרעין		כימיה של הסביבה		תרמודינמיקה שלב שני	
	9	10	11	12	13	14	15	16
מס' שאלה	60	69	85	84	76	78	85	81
ציון ממוצע	60	69	85	84	76	78	85	81
% תלמידים שבחרו בשאלה	3%	7%	9%	13%	2%	4%	3%	2%

נושא חובה - אנרגיה ודינמיקה 1

שאלה 1

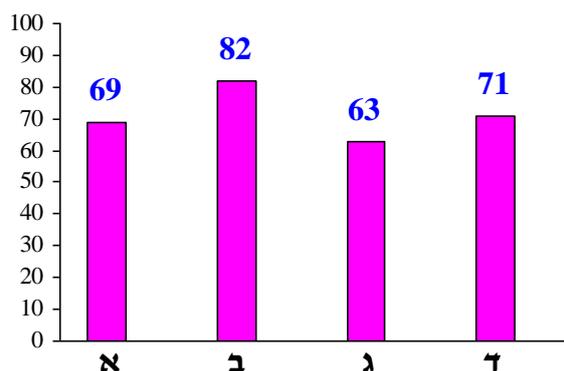
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 23% מהתלמידים



ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 70

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ↖ לקשר בין ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים לבין השקעת אנרגיה.
- ↖ להבחין בין תהליך אנדותרמי לתהליך אקסותרמי.
- ↖ לנסח את תהליך ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים.
- ↖ לנתח את דיאגרמת האנרגיה עבור התגובה הנתונה.
- ↖ לקשר בין אנתלפיות קשר של המגיבים והתוצרים לבין השינוי באנתלפיית התגובה.
- ↖ ליישם את חוק הס בחישוב השינוי באנתלפיית התגובה.
- ↖ לקבוע על פי ניסוח התגובה אם האנטרופיה של המערכת עולה או יורדת במהלך התגובה.
- ↖ לקבוע אם התגובה ספונטנית בתנאי תקן בטמפרטורה 298 K, על פי השינוי באנטרופיה של היקום. לשם כך יש לקשר בין הגדלים התרמודינמיים: ΔH° , ΔS° סביבה, ΔS° יקום, ΔS° מערכת.
- ↖ לחשב את השינוי באנטרופיה של היקום בתנאי תקן בטמפרטורה 298 K, כדי לקבוע אם התגובה ספונטנית בתנאים אלה.
- ↖ לקשר בין סוג התגובה - אנדותרמית או אקסותרמית, לבין השינוי באנטרופיה של הסביבה.
- ↖ להסביר את תפקיד הזרז בתגובות.
- ↖ לציין את התנאים לקיום של מצב שיווי-משקל במערכת הכוללת גזים, כשאחד מהתנאים הוא התרחשות התגובה בכלי סגור.

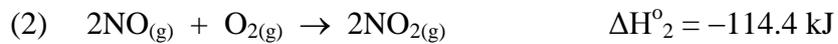
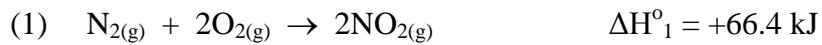
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

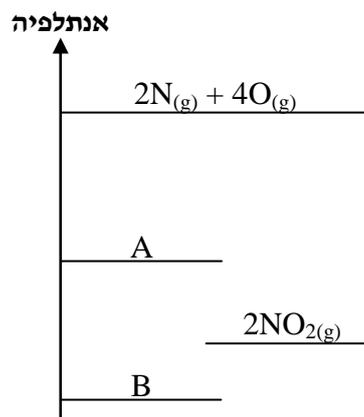
פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בתגובות שמעורבות בהן תחמוצות חנקן.

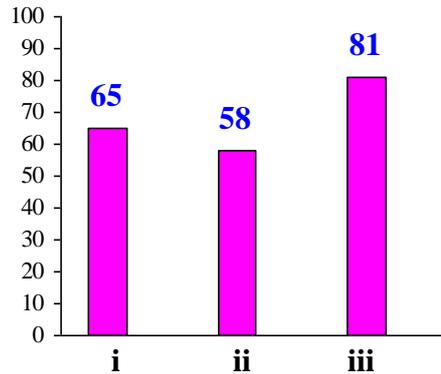
נתונות שתי תגובות (1)-(2):



בתרשים שלפניך מוצג שינוי האנתלפיה התקנית בתגובות (1)-(2) במהלך ניתוק קשרים במולקולות המגיבים, ובמהלך יצירת קשרים במולקולות התוצרים.



סעיף א' (הציון 69)



תת-סעיף i (הציון 65)

קבע אם ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים הוא תהליך אקסותרמי או תהליך אנדותרמי. נמק.

התשובה:

קביעה: ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים הוא תהליך אנדותרמי.
נימוק: יש להתגבר על כוחות המשיכה בין האטומים שביניהם יש קשרים קוולנטיים, לשם כך דרושה השקעת אנרגיה, והתהליך הוא אנדותרמי.
אנ: (על פי הגרף) האנתלפיה של האטומים הבודדים גבוהה מהאנתלפיה של מולקולות המגיבים. לכן יש להשקיע אנרגיה, והתהליך הוא אנדותרמי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

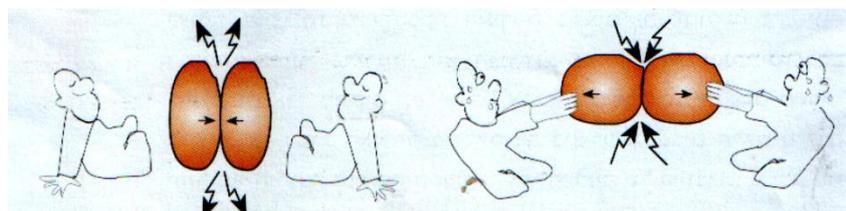
הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים לבין השקעת אנרגיה. אותרו טעויות אופייניות משלושה סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - ♦ חוסר הבנה מהו תהליך אקסותרמי:
 - ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים הוא תהליך אקסותרמי, מפני שלפני הניתוק האנרגיה במולקולה גבוהה יותר מאשר לאחר הניתוק.
 - "תהליך אקסותרמי, מכיוון שרוב האנרגיה משמשת לניתוק הקשרים במולקולה."
 - ♦ חוסר הבחנה בין אנרגיית קשר לבין אנרגיית שפעול:
 - "ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים הוא תהליך אקסותרמי, כי במהלכו נפלטת אנרגיית חום לסביבה, אנרגיית שפעול של המגיבים גדולה מאנרגיית שפעול של התוצרים ולכן צריך להשקיע יותר אנרגיה כדי שהחלקיקים בחומר יתפרקו."
 - ♦ התייחסות לניתוק קשרים כאל תהליך שבו נפלטת אנרגיה:

- "תהליך אקסותרמי, מכיוון שבפירוק קשרים משתחררת אנרגיה לסביבה."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי :
- ♦ חוסר הבחנה בין תהליך אנדותרמי לתהליך אקסותרמי :
 - "תהליך אנדותרמי, מפני שבו נפלטת אנרגיה. כאשר ניתקים קשרים האנרגיה שהחזיקה אותם משתחררת."
 - ♦ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים :
 - "תהליך אנדותרמי, כי צריך להשקיע אנרגיה כדי לפרק את הקשרים הקוולנטיים בין המולקולות."
 - "תהליך אנדותרמי, מאחר ועל מנת לפרק את הקשרים הבין מולקולריים צריכים להשקיע אנרגיה."
3. קביעה נכונה המלווה בנימוק חלקי - לא מזכירים שיש להתגבר על כוחות המשיכה בין האטומים שביניהם יש קשרים קוולנטיים.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שהיווצרות קשר כימי גורמת לירידה באנרגיה פנימית של המערכת ולשחרור אנרגיה לסביבה, ולכן התהליך הוא אקסותרמי והסימן של ΔH° צריך להיות שלילי; ופירוק הקשר דורש השקעת האנרגיה שנקלטת מהסביבה, אנרגיה פנימית של המערכת עולה, ולכן התהליך הוא אנדותרמי והסימן של ΔH° צריך להיות חיובי. הדבר נכון לכל סוגי קשר, כולל כוחות בין מולקולריים.



פירוק הקשר - אנרגיה נקלטת (מושקעת) היווצרות הקשר - אנרגיה נפלטת

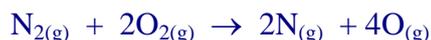
המלצות לטיפול בחוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים נמצאות בניתוח בגרות תשע"ו - שאלון 37381 ובניתוחי בגרות של 3 יחידות משנים קודמות.

תת-סעיף ii (הציון 58)

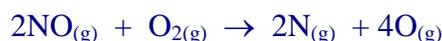
נסח את תהליך ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים בכל אחת מהתגובות (1)-(2).

התשובה:

בתגובה (1):



בתגובה (2):



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק מהתלמידים לא ענו לתת-סעיף זה. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מאי הבנה של תהליך ניתוק הקשרים במגיבים:

- $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)} + 4\text{O}_{(g)}$
- $\text{N}_{2(g)} + 2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{N}_{(g)} + \text{N}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$

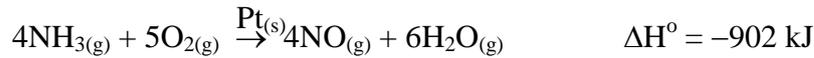
המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות שבהן יש לחשב ΔH° של התגובה על פח אנתלפיות קשר (או את הערך של אחד מסוגי הקשרים). הפתרון של שאלות מסוג זה כוללאת השלב ל ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים, שהוצג בתת-סעיף זה.

על פי סדר הפעולות הבא:

1. לרשום את ניסוח התגובה.
 2. לרשום את נוסחת המבנה לכל אחד מהמגיבים (רצוי לצייר מספר מולקולות בהתאם למקדם שמופיע בניסוח התגובה, לדוגמה שתי מולקולות חמצן עבור התגובה הראשונה) ומהתוצרים (יש להקפיד לשרטט את הקשרים הקוולנטיים המתאימים יחיד/כפול/משולש).
 3. לספור את הקשרים מכל סוג.
 4. לנסח את שלב ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים. התוצרים בשלב זה הם אטומים בודדים. שלב זה דורש השקעת אנרגיה.
 5. לנסח את שלב יצירת הקשרים במולקולות התוצרים. שלב זה מלווה בפליטת אנרגיה.
 6. לבצע את החישובים המתאימים.
- לדוגמה - שאלה מבחינת הברות תשע"ה:

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 התגובה:



בטבלה שלפניך נתונים ערכים של אנתלפיות קשר:

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

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

התשובה

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

מספר קשרים
במולקולה

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

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

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

X - אנתלפיית קשר במול מולקולות NO

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

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

מומלץ להבהיר לתלמידים שפירוק קשר כפול במולקולת חמצן מלווה בפירוק מלא של מולקולה לאטומים בודדים. לכן בחישוב אין צורך לכפול את מספר הקשרים בשתיים. ז.א. בתרגיל הנתון מתפרקים 5 מול מולקולות חמצן ובמולקולות אלה - 5 מול קשרי O=O.

אפשר להמחיש את העניין על ידי השווה של הוצאות ורווחים או הפסדים - שיטת "המכולת":



סדר פעולות לפי שיטה זו:

1. רושמים את ניסוח התגובה באמצעות נוסחאות המבנה.
2. מתחת לנוסחאות המגיבים רושמים את כמות האנרגיה המושקעת לפירוק הקשרים במגיבים

(ערכים מוחלטים). בשלב זה לא מתייחסים לסימן של ΔH° . BUY

3. מתחת לנוסחאות התוצרים רושמים את כמות האנרגיה המשתחררת בהיווצרות הקשרים



בתוצרים (ערכים מוחלטים). בשלב זה לא מתייחסים לסימן של ΔH° .

4. מחסירים את הערך הקטן יותר מהערך הגדול יותר ומקבלים ערך מוחלט של ΔH° .

5. אם כמות האנרגיה שהשתחררה בהיווצרות הקשרים גדולה מזו שנקלטה בפירוק הקשרים -

התהליך הוא אקסותרמי - "רווח" אנרגטי.



6. אם כמות האנרגיה שהשתחררה בהיווצרות הקשרים קטנה מזו שנקלטה בפירוק הקשרים -

התהליך הוא אנדותרמי - "הפסד" אנרגטי.



7. אם התהליך הוא אקסותרמי - מוסיפים סימן מינוס לערך ΔH° שהתקבל. אם התהליך הוא

אנדותרמי, מוסיפים סימן פלוס לערך ΔH° .

שאלה לדוגמה:

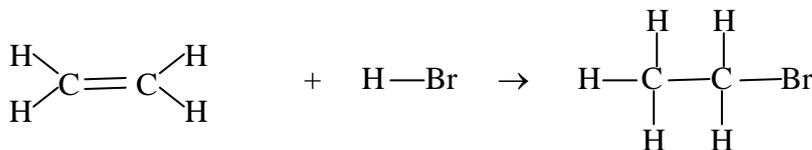
נתון ניסוח התגובה:



בטבלה שלפניך נתונים ערכים של אנתלפיות קשר:

H-Br	C-C	C-H	C=C	C-Br	הקשר
366	346	413	610	290	אנתלפיית הקשר ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$)

חשב את שינוי האנתלפיה של התגובה. פרט את חישוביך.



השקעת אנרגיה

$$610 + 4 \times 413 + 366 = 2628$$

פליטת אנרגיה

$$290 + 346 + 4 \times 413 = 2288$$

כמות האנרגיה שנקלטה גדולה מזו שנפלטה:

$$2628 - 2288 = 340$$

$$\Delta H^\circ = +340 \text{ kJ}$$

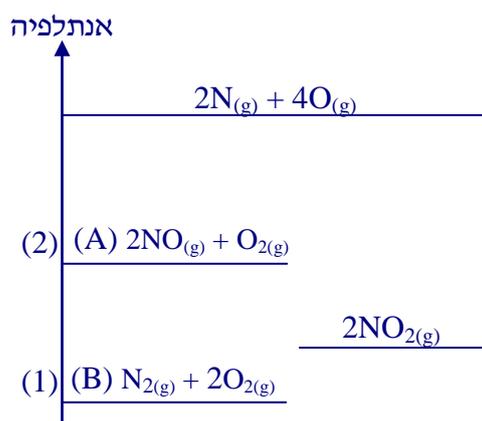


תת-סעיף iii (הציון 81)

העתק את התרשים למחברתך, ורשום על כל אחד מהקווים המסומנים באותיות A ו-B את הנוסחאות של המגיבים המתאימים. נמק.

התשובה:

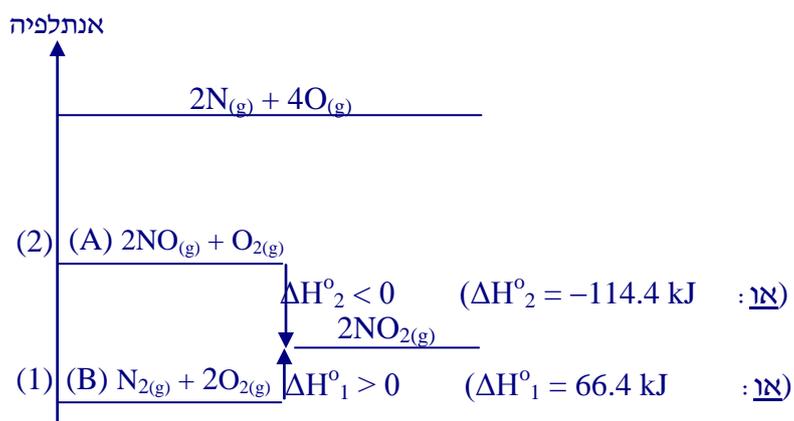
רישום המגיבים על הקווים:



נימוק:

תגובה (2) היא תגובה אקסותרמית, לכן האנתלפיה של המגיבים (A) גבוהה מהאנתלפיה של התוצרים. לכן המגיבים של תגובה (2) מתאימים לקו A.
תגובה (1) היא תגובה אנדותרמית, לכן האנתלפיה של המגיבים (B) נמוכה מהאנתלפיה של התוצרים. לכן המגיבים של תגובה (1) מתאימים לקו B.

או: רישום המגיבים על הקווים ונימוק - בגרף:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לרשום נכון את הנוסחאות של המגיבים המתאימים בקווים המסומנים באותיות A ו-B, ולנמק את קביעתם. הטעות האופיינית שאותרה בתת-סעיף זה היא היעדר הסבר מילולי או היעדר הוספה של ייצוג גרפי של שינוי האנתלפיה בכל אחת משתי התגובות - לרישום נכון של הנוסחאות.

המלצות

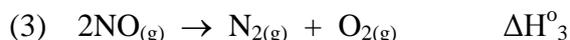
כדי להציג את הקשר בין אנתלפיות קשר של המגיבים והתוצרים לבין השינוי באנתלפיית התגובה מומלץ להשתמש בייצוגים גרפיים הנמצאים במצגת של ד"ר דבורה קצביץ, ד"ר מלכה יאיון ורונית ברד "אנרגיה בקצב הכימיה - פרק ב'". המצגת נמצאת באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בטבלת המיפוי של חומרי למידה, בטור "מצגות", בנושא "אנרגיה" (שקופיות 26-38):

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=428>

מומלץ לבקש מהתלמידים לתאר ייצוגים גרפיים באופן מילולי, וגם להציג הסבר מילולי לגרף.

סעיף ב' (הציון 82)

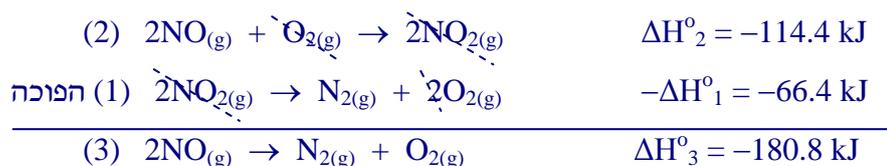
נתונה תגובה (3):



חשב את ערכו של ΔH°_3 . פרט את חישובך.

התשובה:

על פי חוק הס:



א:

$$\Delta H^\circ_3 = \Delta H^\circ_2 - \Delta H^\circ_1$$

$$\Delta H^\circ_3 = (-114.4 \text{ kJ}) - 66.4 \text{ kJ} = -180.8 \text{ kJ}$$

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

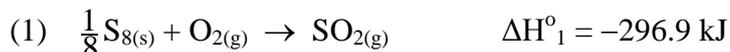
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים יישמו את חוק הס בחישוב השינוי באנתלפיית התגובה. הטעויות שאותרו הן טעויות חישוב וטעויות בקביעת הסימן של ΔH° לאחר הפיכת התגובה.

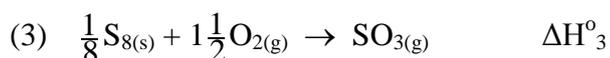
המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות שבהן יש ליישם את חוק הס. מומלץ לתת לתלמידים שאלות ממספר סוגים על פי הפעולות הנדרשות:

- ◆ חיבור של שני ניסוחים ללא פעולות נוספות:
נתונות שתי תגובות (1) ו-(2):



נתונה תגובה (3):



חשב את ערכו של ΔH°_3 . פרט את חישוביך.

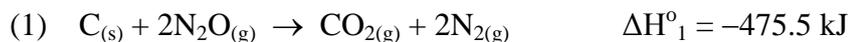
התשובה:

$$\Delta H^{\circ}_3 = \Delta H^{\circ}_1 + \Delta H^{\circ}_2$$

$$\Delta H^{\circ}_3 = (-296.9 \text{ kJ}) + 98.5 \text{ kJ} = -198.4 \text{ kJ}$$

- ◆ חיבור של שני ניסוחים, כשאחד מהם יש להפוך.

נתונות שתי תגובות (1) ו-(2):



נתונה תגובה (3):



חשב את ערכו של ΔH°_3 . פרט את חישוביך.

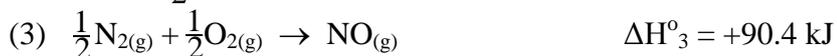
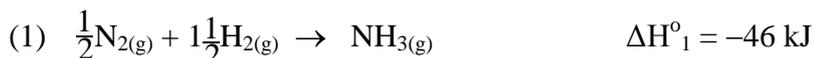
התשובה:

$$\Delta H^{\circ}_3 = \Delta H^{\circ}_2 - \Delta H^{\circ}_1$$

$$\Delta H^{\circ}_3 = (-393.5 \text{ kJ}) + 475.5 \text{ kJ} = +82 \text{ kJ}$$

- ◆ חיבור של יותר משני ניסוחים, כשיש להכפיל כל אחד מהם במספר שונה, ואחד מהם יש גם להפוך.

נתונות שלוש תגובות (1), (2) ו-(3):



נתונה תגובה (4):



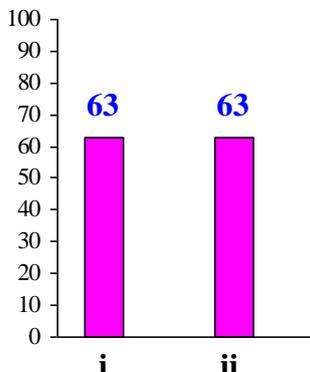
חשב את ערכו של ΔH°_4 . פרט את חישוביך.

התשובה:

$$\Delta H_4^\circ = 6\Delta H_2^\circ + 4\Delta H_3^\circ - 4\Delta H_1^\circ$$

$$\Delta H_4^\circ = 6 \times (-241.8 \text{ kJ}) + 4 \times 90.4 \text{ kJ} - 4 \times (-46 \text{ kJ}) = -805.2 \text{ kJ}$$

סעיף ג' (הציון 63)



תת-סעיף i (הציון 63)

קבע אם תגובה (1) היא ספונטנית בתנאי תקן בטמפרטורה 298 K. נמק ללא חישובים.

התשובה:

קביעה: תגובה (1) אינה ספונטנית בתנאי תקן ב- 298 K.

נימוק: יש ירידה במספר המולים של גז במהלך התגובה (א): שינוי מ- 3 מול ל- 2 מול גז), ולכן יש ירידה באנטרופיה של המערכת (יש ירידה במספר המצבים המיקרוסקופיים האפשריים). התגובה אנדותרמית (יש מעבר אנרגיה מסביבה למערכת), ולכן יש ירידה באנטרופיה של הסביבה.

$$(0 > \Delta S_{\text{יקום}}^\circ = \Delta S_{\text{מערכת}}^\circ + \Delta S_{\text{סביבה}}^\circ)$$

יש ירידה באנטרופיה של היקום (א): יקום שלילי; א: $\Delta S_{\text{יקום}}^\circ < 0$, ולכן התגובה אינה ספונטנית (בכל טמפרטורה, כולל ב- 298 K).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. הטעויות האופייניות הן התייחסות רק לגורם אחד משני הגורמים, שקובעים את סימן השינוי באנטרופיה של היקום: רק לסימן של ΔH° , שעל פיו נקבע הסימן של שינוי האנטרופיה של הסביבה, או רק לסימן של שינוי האנטרופיה של המערכת:

- "התגובה לא ספונטנית, כי $\Delta S_{\text{סביבה}}^\circ$ שלילי."
- "התגובה ספונטנית, כי ΔH° חיובי."
- "התגובה לא ספונטנית, כי $\Delta S_{\text{מערכת}}^\circ$ שלילי מכיוון שלתוצרים יש אנרגיה נמוכה משל המגיבים."

- "בטמפרטורה 298°K התגובה לא ספונטנית, מכיוון שהיא תגובה אנדותרמית ויש צורך בהשקעת אנרגיה בכדי שהתגובה תתרחש, בניגוד לתגובה ספונטנית שאינה דורשת השקעת אנרגיה."

המלצות

מומלץ לבחור בתגובות ספונטניות ולבצע עם התלמידים ניסויים שבהם, על פי התצפיות, אפשר להסיק מסקנות על הסימנים של שינוי האנתלפיה בתגובה ושינוי האנטרופיה של המערכת בתגובה. הדוגמה לניסוי מתאים היא בעירה של "דלק ארוז". ניסוי זה מתואר במאמר מאת עבדאללה חלאילה, על-כימיה, גיליון 11, הנמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/Uploads/dbsArticles/677.pdf>

בעירה של חומר מוצק, המתרחשת בניסוי זה, מאפשרת לראות שהמגיב העיקרי הוא חומר מוצק והתוצרים הם גזים.

תת-סעיף ii (הציון 63)

שינוי האנטרופיה התקנית בתגובה (3) הוא $\Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} = -24.6 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

קבע אם תגובה (3) היא ספונטנית בתנאי תקן בטמפרטורה 298 K. פרט את חישוביך, ונמק.

התשובה:

קביעה: תגובה (3) ספונטנית בתנאי תקן, ב- 298 K.

נימוק:

שינוי באנטרופיה של הסביבה: $(\Delta S^{\circ}_{\text{סביבה}} = -\frac{\Delta H^{\circ}}{T})$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{סביבה}} = -\frac{(-180.8 \cdot 10^3 \text{ J})}{298 \text{ K}} = 604 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

שינוי באנטרופיה של היקום: $(\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}} = \Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} + \Delta S^{\circ}_{\text{סביבה}})$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}} = -24.6 \frac{\text{J}}{\text{K}} + 604 \frac{\text{J}}{\text{K}} = 579.4 \frac{\text{J}}{\text{K}} (> 0)$$

(או: העלייה באנטרופיה של הסביבה גדולה מהירידה באנטרופיה של המערכת).

האנטרופיה של היקום עולה (א): $\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}} > 0$ חיובי; א: $\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}} > 0$, ולכן התגובה ספונטנית.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. הטעויות האופייניות הן התייחסות רק לגורם אחד משני הגורמים, שקובעים את סימן השינוי באנטרופיה של היקום: רק לסימן של ΔH° , שעל פיו נקבע הסימן של שינוי האנטרופיה של הסביבה, או רק לסימן של שינוי האנטרופיה של המערכת. טעויות אלה הופיעו בשני הסוגים של התשובות השגויות:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

- "התגובה לא ספונטנית, כי השינוי באנטרופיה של המערכת הוא $\frac{J}{K} -24.6$ ".
- "התגובה לא ספונטנית, כי השינוי באנטרופיה של הסביבה הוא שלילי".

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

- "התגובה ספונטנית, כי היא אקסותרמית אשר מתרחשת בכל טמפרטורה".
- "התגובה ספונטנית, כי האנטרופיה של הסביבה עולה".

טעויות נוספות הן אי התאמת יחידות - טעויות במעבר מ- kJ ל- J ומעבר ממעלות קלווין למעלות צלזיוס.

המלצות

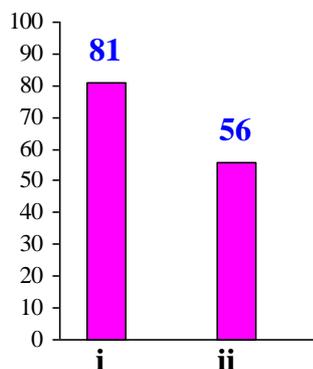
מומלץ להבהיר לתלמידים את המהות של סקאלות שונות של טמפרטורה. לשם כך מומלץ להיעזר במאמר Thermometers המכיל הסברים ואיורים מתאימים:

<http://highschoolenergy.acs.org/content/hsef/en/what-energy/thermometers.html-is-http://highschoolenergy.acs.org/content/hsef/en/what>

מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים של חישוב $\Delta S^\circ_{\text{יקום}}$ כמו בתת-סעיף זה.

סעיף ד' (הציון 71)

הגזים הנפלטים ממנוע המכונית עוברים, בדרכם החוצה, דרך התקן הנקרא ממיר קטליטי. תפקידו של הממיר לצמצם פליטה לאוויר של גזים מזהמים, כגון התחמוצת $\text{NO}_{(g)}$ הנוצרת במנוע המכונית. במעבר הגזים דרך הממיר מתרחשת תגובה (3) על פני פלטינה, $\text{Pt}_{(s)}$, המשמשת זרז. תוצרי תגובה (3) נפלטים עם שאר הגזים לאוויר.



תת-סעיף i (הציון 81)

- לפניך שני היגדים, a , b . קבע איזה היגד, a או b , הוא נכון. הסבר מדוע פסלת את ההיגד האחר.
- a** השינוי באנתלפיה של תגובה (3), המתרחשת על פני $Pt_{(s)}$, קטן מהשינוי באנתלפיה של תגובה (3), המתרחשת ללא $Pt_{(s)}$.
- b** אנרגיית השפעול של תגובה (3), המתרחשת על פני $Pt_{(s)}$, נמוכה מאנרגיית השפעול של תגובה (3), המתרחשת ללא $Pt_{(s)}$.

התשובה:

קביעה: היגד b נכון.

הסבר: היגד a אינו נכון, כיוון ששינוי האנתלפיה בתגובה תלוי באנתלפיה של המגיבים ושל התוצרים, ואינו מושפע ממסלול התגובה - עם זרז או בלי זרז.
אנ: זרז אינו משפיע על שינוי האנתלפיה בתגובה (אלא רק על מסלול התגובה).

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה. רוב התלמידים בחרו בהיגד הנכון והסבירו את תפקיד הזרז בתגובות. ניתן לחלק את הטעויות האופייניות שאותרו לשני סוגים עיקריים:
1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה - חוסר הבחנה בין גורמים קינטיים לבין גורמים תרמודינמיים:
 - "ההיגד a הוא ההיגד הנכון. פסלתי היגד b מפני שתגובה (3) היא תגובה ספונטנית."
 - 2. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי - חוסר ידע והבנה כיצד פועל זרז בתגובות:
 - ההיגד b הוא ההיגד הנכון. פסלתי את ההיגד a מכיוון שהשינוי באנתלפיה של תגובה (3) המתרחשת על פני הזרז גדול מהשינוי באנתלפיה של תגובה (3) המתרחשת ללא זרז.
 - ההיגד b הוא ההיגד הנכון. ההיגד a הוא לא נכון, מכיוון שהשימוש בזרז מגדיל את השינוי באנתלפיה בתגובה.

המלצות

מומלץ להראות לתלמידים סרטון "אנרגיית שפעול":

<https://www.youtube.com/watch?v=VbIaK6PLrRM>

וסרטון "Catalysts":

<https://www.youtube.com/watch?v=KYD5LNVWne8>

הסרטונים כוללים הסבר על התרחשות תהליך אקסותרמי ותהליך אנדותרמי - עם זרז וללא זרז.

תת-סעיף ii (הציון 56)

קבע אם תגובה (3) יכולה להגיע למצב שיווי-משקל בממיר הקטליטי בזמן פעולת המנוע. נמק.

התשובה:

קביעה: לא.

נימוק: ממיר הקטליטי הוא כלי פתוח. מצב שיווי משקל במערכת הכוללת גזים יכול להיווצר רק בכלי סגור.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו ליישם את הידע על התנאים הדרושים לקיום של מצב שיווי-משקל במערכת הכוללת גזים, כשאחד מהתנאים הוא התרחשות התגובה בכלי סגור. הופיעו טעויות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "כן, כי כל תגובה יכולה להגיע למצב שיווי-משקל."
 - "תגובה (3) יכולה להגיע למצב של שיווי-משקל, כי ככל שעובר הזמן הממיר יצמצם פליטה של גזים מזהמים לאוויר, עד כדי כך שלא תהיה פליטה בכלל ומערכת תגיע לשיווי-משקל."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי - התייחסות לאנרגיית השפעול:
 - "תגובה (3) לא יכולה להגיע למצב של שיווי-משקל בזמן פעילות המנוע, מכיוון שאנרגיית השפעול מונעת ממנה זאת."
 - "תגובה (3) אינה יכולה להגיע למצב של שיווי-משקל, מפני שהיא תגובה ספונטנית, בעוד שהפעולה ההפוכה זקוקה לאנרגיית השפעול."

המלצות

מומלץ להסביר לתלמידים כיצד פועל ממיר קטליטי. אפשר להיעזר בכתבה "כיצד פועלים ממירים קטליטיים":

<http://howworksis.com/iw/pages/1502531>

מומלץ לדון עם התלמידים על ביצוע תגובות שבהן משתתפים גזים ועל התנאים לקיום של מצב שיווי-משקל. זוהי הנקודה המרכזית בשאלה.

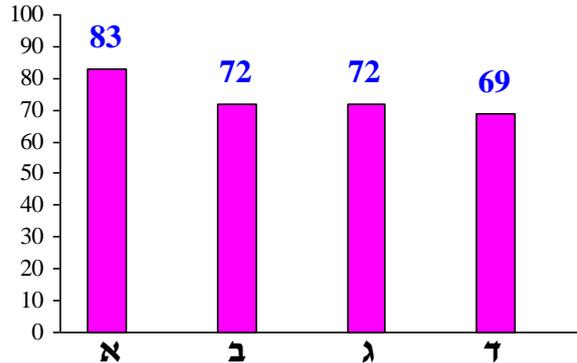
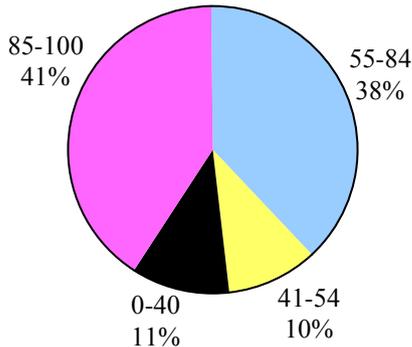
שאלה 2

ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 74

פיזור ציונים

בחרו בשאלה 77% מהתלמידים

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

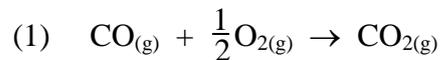
- ΔS° מערכת, על פי ערכים של אנטרופיה תקנית, לחשב את השינוי באנטרופיה של המערכת, מערכת S° , של מגיבים ותוצרים בתגובה.
- לקבוע אם התגובה הנתונה היא אנדותרמית או אקסותרמית בתנאי הניסוי, תוך התבססות על ספונטניות התגובה ועל שינוי האנטרופיה במערכת.
- להסביר ברמה מיקרוסקופית על פי ניסוח התגובה, מדוע אנטרופיית המערכת עולה בתגובה הנתונה - לקשר בין עלייה במספר המולים של גז במהלך התגובה לעלייה באנטרופיה של המערכת.
- לקבוע אם התגובה ספונטנית על פי שינוי האנטרופיה של היקום, ולשם כך לקשר בין גדלים תרמודינמיים: ΔH° , ΔS° סביבה, ΔS° יקום, ΔS° מערכת.
- לרשום ביטוי לקבוע שיווי-משקל עבור התגובה הנתונה.
- לחשב את מנת הריכוזים, Q, ברגע הנתון.
- לקבוע, על יד השוואה בין מנת הריכוזים לקבוע שיווי המשקל, אם קצב התגובה הישירה, עד ההגעה למצב שיווי-משקל, גדול מקצב התגובה ההפוכה או קטן ממנו.
- להסביר את המאפיין המיקרוסקופי של מצב שיווי-משקל המתייחס למספר המולקולות במערכת.
- לקבוע כיצד משפיע השינוי בטמפרטורה על ערכו של קבוע שיווי-משקל ולהסביר את הקביעה: תגובה אנדותרמית מועדפת בטמפרטורה גבוהה יותר, ולכן עבור תגובה אקסותרמית קבוע שיווי-משקל יהיה קטן יותר בטמפרטורות גבוהות.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

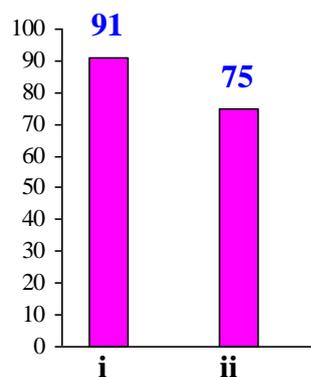
פחמן חד-חמצני, $\text{CO}_{(g)}$, הוא גז רעיל, חסר ריח וצבע. $\text{CO}_{(g)}$ נוצר, בין היתר, בתהליך השרפה של גז בישול. כדי למנוע הרעלה מגז $\text{CO}_{(g)}$ מתקינים במעבדות ובבתים גלאים שמתריעים על נוכחותו. בגלאי מתרחשת תגובה (1):



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית, S° , של המגיבים ושל התוצר בתגובה (1).

$\text{O}_{2(g)}$	$\text{CO}_{(g)}$	$\text{CO}_{2(g)}$	החומר
205.0	197.9	213.6	אנטרופיה מולרית תקנית $S^\circ \left(\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \right)$

סעיף א' (הציון 83)



תת-סעיף i (הציון 91)

חשב את השינוי באנטרופיה של המערכת, מערכת ΔS° , עבור תגובה (1). פרט את חישוביך.

התשובה:

$$(\Delta S^\circ_{\text{מערכת}} = \sum S^\circ_{\text{תוצרים}} - \sum S^\circ_{\text{מגיבים}})$$

$$\Delta S^\circ_{\text{מערכת}} = 1 \text{ mol} \times 213.6 \frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}} - \left(\frac{1}{2} \text{ mol} \times 205 \frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}} + 1 \text{ mol} \times 197.9 \frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \right) = -86.8 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. רוב התלמידים ידעו לחשב את השינוי באנטרופיה של המערכת על פי הנתונים שבשאלה. הטעויות המעטות שאותרו:

- ♦ אי הכפלה של מספר המולים במקדם שבניסוח התגובה.
 - ♦ אי רישום יחידות או רישום יחידות שגויות:
- $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}} = 213.6 - (205 + 97.9) = -189.3 \text{ J}$

המלצות

מומלץ לתרגל חישוב של שינוי האנטרופיה של המערכת לפי נתוני אנטרופיה תקנית של החומרים שמשתתפים בתגובה. כמו כן, רצוי לתרגל חישובים של אנטרופיה של אחד מהחומרים בתגובה בהינתן נתוני האנטרופיות התקניות של שאר החומרים והשינוי באנטרופיה של התגובה.

תת-סעיף ii (הציון 75)

תגובה (1) היא תגובה ספונטנית בתנאי תקן, בטמפרטורה 298 K. קבע אם תגובה (1) היא אנדותרמית או אקסותרמית. נמק.

התשובה:

קביעה: התגובה אקסותרמית.

$$\text{נימוק: } (\Delta S^\circ_{\text{יקום}} = \Delta S^\circ_{\text{מערכת}} + \Delta S^\circ_{\text{סביבה}})$$

$$\text{בטמפרטורה } 298 \text{ K } \Delta S^\circ_{\text{יקום}} > 0 \quad \Delta S^\circ_{\text{מערכת}} < 0$$

$$\text{ב- } 298 \text{ K (תגובה מתרחשת) לכן חייב להתקיים } \Delta S^\circ_{\text{סביבה}} > 0$$

$$\Delta H^\circ < 0 \quad \text{לכן } (\Delta S^\circ_{\text{סביבה}} = -\frac{\Delta H^\circ}{T})$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

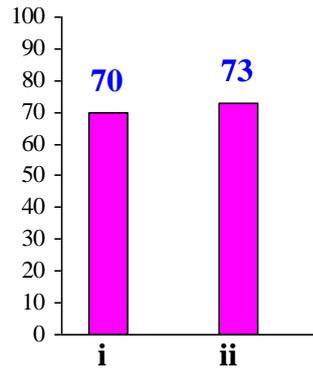
הציון בינוני. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי:
 - ◆ קביעה המתבססת על הגדרת תגובה אקסותרמית:
 - "אקסותרמית, כי ΔH° של המגיבים גבוה מ- ΔH° של התוצרים."
 - ◆ הסבר המתייחס לכך שהתגובה היא תגובת שריפה:
 - "אקסותרמית, כי זו תגובת שריפה."
 - ◆ התייחסות לשינוי אנטרופיה במקום לשינוי אנתלפיה:
 - "תגובה אקסותרמית בגלל ש- $\Delta S^\circ < 0$, לכן הטמפרטורה של הסביבה עלתה, נפלטה אנרגיה לסביבה ונתקו קשרים בין מולקולריים."
 - "התגובה אקסותרמית, כי מספר מולי הגז בתגובה ירד."
 - ◆ אי הבנה של מושג הספונטניות של תגובה:
 - "אקסותרמית, כי בתגובה אנדותרמית דרושה השקעת אנרגיה, ואם התגובה ספונטנית אז אין השקעת אנרגיה."
 - 2. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - ◆ שימוש שגוי בנוסחאות חישוב של מערכת ΔS° והצבת הערך ב- סביבה ΔS° , וכתוצאה מכך קביעה כי התגובה אנדותרמית.
 - ◆ אי הבנה של מושג הספונטניות של תגובה:
 - "התגובה ספונטנית, לכן היא אנדותרמית."
 - "תגובה אנדותרמית בגלל ש- ΔH° של התגובה לא יכול להיות שלילי, מכיוון שאם יהיה שלילי אז סביבה ΔS° יהיה שלילי, ואז יקום ΔS° יהיה שלילי, ולפי החוק השני של התרמודינמיקה יקום ΔS° חייב להיות חיובי."
 - "אנדותרמית, כיוון שהאנטרופיה שלילית ונקלטת אנרגיה."
 - "התגובה אנדותרמית, כי אם התגובה ספונטנית זה אומר שאנרגיית השפעול שלה לא גבוהה, וכאשר אנרגיית השפעול נמוכה זו תגובה אנדותרמית."

סעיף ב' (הציון 72)

בתעשייה מייצרים $\text{CO}_{(g)}$ על פי תגובה (2) לשימושים שונים:





תת-סעיף i (הציון 70)

הסבר מדוע $\Delta S_2^0 > 0$.

התשובה:

במהלך התגובה גדל מספר המולים של גז (או: מ- 1 מול גז במגיבים התקבלו 2 מול גז של תוצר). יש יותר חלקיקים במערכת, מספר המצבים המיקרוסקופיים האפשריים (לתיאור המערכת) גדול יותר (או: הייתה עלייה במידת פיזור האנרגיה ופיזור החלקיקים).

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. הטעויות האופייניות שאותרו הן בעיקר הסברים חלקיים. חלק ניכר מהתלמידים ציינו את השינוי במספר מולי הגז במהלך התגובה בלי להמשיך להסביר - לא כתבו הסבר ברמה מיקרוסקופית כפי שנדרש בשאלה.

נימוקים חלקיים שהופיעו כללו:

 - ♦ ציון העובדה ללא הסבר כלל:
 - " $\Delta S_{מערכת}^0 > 0$, מפני שההפרש בין אנטרופיית התוצרים לבין אנטרופיית המגיבים גדול מאפס."
 - ♦ שימוש במושג "באלגן" או "אי סדר" לתיאור אנטרופיה:
 - "יש יותר באלגן במערכת התוצרים."
 - "יש עלייה באי סדר. יש יותר מצבים בהם אפשר לשרטט את המולקולה."
 - ♦ התייחסות למצב הצבירה של המגיבים לעומת התוצרים מבלי להתייחס לשינוי במספר המולים של הגז:
 - "יש עלייה ממוצק וגז במגיבים לגזים בלבד בתוצרים."
 - "לגז אנטרופיה גבוהה יותר ממוצק או נוזל מכיוון שאטומי הגז יכולים לנוע בחופשיות גדולה יותר."
 - "מכיוון שאנטרופיית התוצרים גבוהה בעקבות העדר מוצק."

- ♦ בלבול בין שינוי האנטרופיה של המערכת לשינוי האנטרופיה של היקום :
 - "גדול מאפס כי התגובה מתרחשת."
- ♦ התייחסות לשינוי באנתלפיה במקום לשינוי באנטרופיה :
 - "נתון לנו שהתגובה אנדותרמית, כלומר לתוצרים יש יותר אנרגיה מאשר למגיבים, ולכן גם ΔS° תוצרים גבוה מאשר ΔS° מגיבים, וכך יוצא שהתוצאה חיובית."
- ♦ התייחסות לשינוי באנטרופיה של הסביבה כאל תמונת ראי של שינוי האנטרופיה של המערכת :
 - "אם <0 מערכת ΔS° אז בהכרח >0 סביבה ΔS° , לכן אם המצב האנרגטי של המערכת יורד ושל הסביבה עולה, אז האנרגיה עוברת מהמערכת לסביבה - סך המצבים המיקרוסקופיים של הסביבה עולה ושל המערכת יורד."
- ♦ בלבול בין מושגים תרמודינמיים לבין מושגים קינטיים :
 - "האנטרופיה של 2 מול גז גדולה יותר מכיוון שיש יותר מקום לנוע, להתנגש וליצור יותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן."

תת-סעיף ii (הציון 73)

קבע אם תגובה (2) היא תגובה ספונטנית בתנאי תקן, ב- 298 K. פרט את חישוביך, ונמק.

התשובה:

קביעה: התגובה אינה ספונטנית בתנאי תקן, ב- 298 K.

חישוב ונימוק:

$$(\Delta S^\circ_{\text{סביבה}} = -\frac{\Delta H^\circ}{T})$$

$$\Delta S^\circ_{\text{סביבה}} = -\frac{(173 \cdot 10^3 \text{ J})}{298 \text{ K}} = -580.5 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$(\Delta S^\circ_{\text{יקום}} = \Delta S^\circ_{\text{מערכת}} + \Delta S^\circ_{\text{סביבה}})$$

$$\Delta S^\circ_{\text{יקום}} = 176.3 \frac{\text{J}}{\text{K}} + (-580.5 \frac{\text{J}}{\text{K}}) = -404.2 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

התגובה אינה ספונטנית ב- 298 K, כי $\Delta S^\circ_{\text{יקום}} < 0$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התייחסו רק לגורם אחד משני הגורמים, שקובעים את סימן השינוי באנטרופיה של היקום: רק לסימן של ΔH° , שעל פיו נקבע הסימן של שינוי האנטרופיה של הסביבה, או רק לסימן של שינוי האנטרופיה של המערכת. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ קביעת הספונטניות של התגובה על פי הסימן של $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}}$ בלבד:
 - "סימן ΔS° של המערכת חיובי, לכן התגובה ספונטנית."
 - "לא, מכיוון ש- $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}} > 0$ וכאשר השינוי באנטרופיה גדול מ- 0 זה לא אפשרי שהיא תהייה ספונטנית."
- ◆ קביעת הספונטניות של התגובה רק על פי סוג התגובה - אנדותרמית או אקסותרמית:
 - " התגובה לא ספונטנית כי היא תגובה אנדותרמית."
- ◆ קביעת הספונטניות של התגובה ללא חישוב או התייחסות לשינוי באנטרופיית היקום:
 - "כאשר מתרחשת תגובה נוסף אי סדר ליקום ולכן היא ספונטנית."
- ◆ חישוב של שינוי האנטרופיה בסביבה וקביעה כי התגובה ספונטנית, מכיוון שהשינוי באנטרופיית הסביבה קטן מהשינוי באנטרופיית המערכת.
- ◆ בלבול בין מושגים של אנטרופיה ועקרונות שיווי-משקל:
 - "התגובה ספונטנית כי יש יותר מגיבים מתוצרים. על פי עקרון לה שטלייה המערכת תפעל על מנת להיפטר מהאי סדר, ולכן התגובה ספונטנית."
- ◆ אי התאמת יחידות בחישוב $\Delta S^\circ_{\text{סביבה}}$ וכתוצאה מכך קבלת ערך שגוי של $\Delta S^\circ_{\text{יקום}}$.

המלצות

מומלץ לבצע עם התלמידים פעילות של הערכה חלופית - הכנת פוסטר דיגיטלי בנושא "מדוע מתרחשות תגובות כימיות". דפי הנחייה לפעילות נמצאים באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=492&ArticleID=4662>

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות המתייחסות לשינוי אנתלפיה ושינויי אנטרופיה בתגובה.

שאלה לדוגמה:

השאלה עוסקת בתהליכים שונים הקשורים בקרבוניל סולפיד $\text{COS}_{(g)}$. נוכחות התרכובת קרבוניל סולפיד, המשמשת כסמן (אינדיקטור) בתהליכים אורגניים ולזיהוי נוכחות חיים, סייעה לחיזוק השערה בנוגע לקיום חיידקים בעננים של הכוכב נוגה.

בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית, S° , של המגיבים ושל התוצרים בשתי תגובות:

SO _{2(g)}	COS _(g)	CO _(g)	CO _{2(g)}	החומר
249	233	197.9	213.6	אנטרופיה מולרית תקנית $S^\circ \left(\frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \right)$

לפניך ניסוח לתגובת ההוות של קרבוניל סולפיד:



- א. i קבע אם בתגובת ההוות של קרבוניל סולפיד יש עלייה או ירידה באנטרופיה של המערכת. הסבר ברמה מיקרוסקופית.
- ii באילו תנאי טמפרטורה תגובת ההוות של קרבוניל סולפיד היא ספונטנית? נמק ללא חישוב.
- ב. לפניך ניסוח לתגובת נוספת שבה נוצר קרבוניל סולפיד:



- i קבע אם השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול מאפס או קטן מאפס. נמק ללא חישוב.
- ii קבע אם התגובה ספונטנית בטמפרטורת החדר. פרט את חישוביך ונמק.

התשובה

- i בתגובת ההוות של קרבוניל סולפיד יש עלייה באנטרופיה של המערכת: $\Delta S^\circ_{\text{מערכת}} > 0$. במהלך התגובה גדל מספר המולים של גז: מ-0.5 מול גז במגיבים התקבל מול גז של תוצר. יש יותר חלקיקים במערכת של החומרים במצב הגז שיכולים לבצע תנועה, סיבוב ומעקף. מספר המצבים המיקרוסקופיים האפשריים לתיאור המערכת גדול יותר, כי הייתה עלייה במידת פיזור האנרגיה ופיזור החלקיקים.

- ii תגובה זו ספונטנית בכל טמפרטורה.

נתון: $\Delta H^\circ < 0$, כלומר התגובה אקסותרמית. פליטת אנרגיה לסביבה מלווה בעליה במספר הדרכים לפיזור האנרגיה בסביבה, ולכן יש עלייה באנטרופיה של הסביבה. השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול מאפס בכל טמפרטורה. לפי התשובה בתת-סעיף i, השינוי באנטרופיה של המערכת גדול מאפס. לכן $\Delta S^\circ_{\text{יקום}} > 0$ בכל טמפרטורה.

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

לכן התגובה ספונטנית בכל טמפרטורה.

- i. ב. השינוי באנטרופיה של הסביבה גדול מאפס.

השינוי באנטרופיה של הסביבה הוא בסימן הפוך לשינוי באנטלפיה של התגובה. נתון שהתגובה אקסותרמית. פירוש הדבר שבמהלך התגובה אנרגיה נפלטת מהמערכת אל הסביבה. כתוצאה מכך יש עלייה בפיזור האנרגיה של החלקיקים בסביבה. לכן יש עלייה באנטרופיה של הסביבה.

ii התגובה ספונטנית בטמפרטורת החדר.

$$\Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} = \sum S^{\circ}_{\text{תוצרים}} - \sum S^{\circ}_{\text{מגיבים}}$$

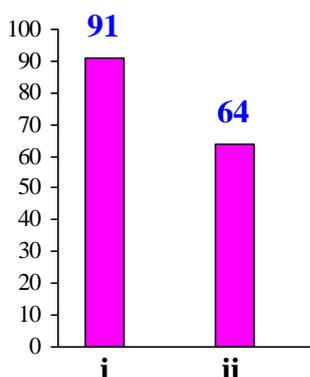
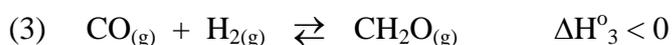
$$\Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} = 2 \times 213.6 + 233 - (3 \times 197.9 + 249) = -182.5 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{סביבה}} = - \frac{(-300.5 \times 1000)}{298} = 1008.4 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{יקום}} = -182.5 + 1008.4 = 825.9 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

סעיף ג' (הציון 72)

הגז $\text{CO}_{(g)}$ משמש, בין היתר, לייצור מתאנאל, $\text{CH}_2\text{O}_{(g)}$, שהוא חומר גלם לייצור מוצרי הפלסטיק. מתאנאל נוצר על פי תגובה (3):



תת-סעיף i (הציון 91)

רשום את הביטוי של קבוע שיווי המשקל, K_c , עבור תגובה (3).

התשובה:

$$K_c = \frac{[\text{CH}_2\text{O}_{(g)}]}{[\text{CO}_{(g)}] [\text{H}_{2(g)}]}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. רוב התלמידים רשמו נכון את הביטוי של קבוע שיווי המשקל עבור התגובה. הטעויות המעטות שאותרו הן:

$$K_c = \frac{\text{CH}_2\text{O}_{(g)}}{\text{CO}_{(g)} \text{H}_{2(g)}} \quad \text{: רישום נוסחאות החומרים ללא סוגריים}$$

- ♦ רישום הביטוי בלי הסמל של קבוע שיווי-משקל, כלומר ללא הסימול K_c .

תת-סעיף ii (הציון 64)

עבור תגובה (3), הערך של קבוע שיווי המשקל ב- 298 K הוא $K_c = 4.1 \cdot 10^{-4}$.
 לכלי סגור, שנפחו 1 ליטר, הכניסו 0.01 מול $\text{CO}_{(g)}$, 0.01 מול $\text{H}_2_{(g)}$, ו-0.008 מול $\text{CH}_2\text{O}_{(g)}$.
 קבע אם קצב התגובה הישירה, עד ההגעה למצב שיווי-משקל, גדול מקצב התגובה ההפוכה או קטן ממנו. נמק.

התשובה:

קביעה: עד ההגעה למצב שיווי-משקל קצב התגובה הישירה קטן מקצב התגובה ההפוכה.
נימוק:

$$Q = \frac{0.008}{0.01 \times 0.01} = 80 \quad (K_c = 4.1 \cdot 10^{-4})$$

$$Q > K_c$$

התגובה המועדפת עד ההגעה למצב שיווי-משקל במערכת היא התגובה ההפוכה, כי ערל מנת הריכוזים Q קטן מערך קבוע שיווי המשקל, וכדי שבמצב שיווי-משקל הקבוע יהיה שווה ל- $4.1 \cdot 10^{-4}$ צריכה להתרחש תגובה הפוכה. (לכן קצב התגובה הישירה קטן מקצב התגובה ההפוכה).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע, על יד השוואה בין מנת הריכוזים לקבוע שיווי המשקל, אם קצב התגובה הישירה, עד ההגעה למצב שיווי-משקל, גדול מקצב התגובה ההפוכה או קטן ממנו. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ♦ קביעה ש- $Q < K_c$, למרות תוצאת החישוב.
- ♦ חישוב נכון של מנת הריכוזים וקביעה נכונה ש- $Q > K_c$, אך המסקנה שגויה:
 - "מאחר ש- $Q > K_c$, נוצרו יותר תוצרים, ולכן עד ההגעה למצב שיווי-משקל קצב התגובה הישירה גדול יותר."
 - "כדי להוריד את ריכוז התוצרים התגובה נוטה למגיב, ולכן כדי לתקן את הפרעה קצב התגובה הישירה מתחזק."
- ♦ טעויות הנובעות מחוסר הבנה לגבי המשמעות של ריכוזי המרכיבים במערכת במצב שיווי-משקל:
 - "קצב התגובה הישירה גדול יותר כי ריכוז המגיבים גדול יותר מאשר ריכוז התוצרים."
- ♦ התייחסות למנת הריכוזים כאל קבוע שיווי משקל וסימון Q כ- K_c :

$$K_c = \frac{0.008}{0.01 \times 0.01} = 80$$

- ♦ אי הבנה של משמעות ה-Q :
- "לתגובה הישירה $K_c = 4.1 \cdot 10^{-4}$, לתגובה ההפוכה $K_c = 80$, לכן קצב התגובה הישירה קטן יותר כי K_c של התגובה קטן יותר."
- ♦ בלבול בין השפעת שינוי ריכוזים להשפעת שינוי טמפרטורה על המערכת במצב שיווי-משקל :
 - " $K_c < Q$. נתון כי התגובה הישירה היא אקסותרמית לכן ככל שנקרר את המערכת קבוע שיווי-משקל יגדל. כדי להגיע לקבוע שיווי-משקל על התגובה להגיב בצורה ההפוכה האנדותרמית. לכן קצב התגובה הישירה קטן מקצב התגובה ההפוכה."

המלצות

מומלץ לתת לתלמידים לתרגל את הנושא בעזרת יישומונים, שהקישורים אליהם נמצאים באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה :

יישומון בנושא שיווי-משקל "הדמיית של תגובת שיווי-משקל" :

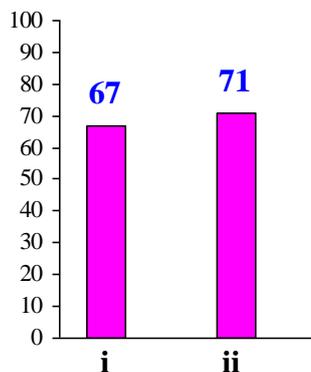
<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=534&ArticleID=4341>

יישומון "תגובות וקצבים" - סימולציה בנושא קצב תגובה :

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=521&ArticleID=4087>

סעיף ד' (הציון 69)

לפניך שני היגדים ii-i הנוגעים לתגובה (3), המתרחשת בכלי סגור. קבע עבור כל אחד מהם אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 67)

במצב שיווי-משקל סך כל המולקולות במערכת הוא קבוע.

התשובה:

קביעה : ההיגד נכון.

נימוק : (שיווי-משקל הוא מצב דינמי). במצב שיווי-משקל קצב התגובה הישירה שווה לקצב התגובה ההפוכה.

א: ביחידת זמן מכל 2 מולקולות של מגיבים נוצרת מולקולה 1 של תוצר, ובו זמנית מכל מולקולה 1 של תוצר נוצרות 2 מולקולות של מגיבים.
א: במצב שיווי-משקל ריכוזי החומרים קבועים, ולכן סך כל המולקולות במערכת הוא קבוע.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון, אך חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו להסביר את המאפיין המיקרוסקופי של מצב שיווי-משקל המתייחס למספר המולקולות במערכת. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשלושה סוגים עיקריים:

- א. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - ◆ נימוק המבוסס על כך שהכלי סגור, מבלי להבין שזהו קריטריון מחייב אך לא מספיק:
 - "נכון. לפי חוק שימור החומר בכלי סגור סך כל המולקולות במערכת הוא קבוע."
 - "נכון, כי התגובה התרחשה בכלי סגור ואין מעבר חומר לסביבה."
 - ◆ אי הבנה של מצב שיווי-משקל:
 - "נכון, כיוון שהמערכת בשיווי-משקל, ולכן אין יותר התרחשויות של תגובה ישירה והפוכה."
 - ◆ נימוק המבוסס על הגדרת מצב שיווי-משקל:
 - "נכון, במצב שיווי-משקל כמות המגיבים ש"נעלמים" שווה לכמות התוצרים ש"נוצרים"."
2. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "לא נכון. מצב שיווי-משקל הוא דינמי. במצב זה לא קיים שינוי מבחינה מאקרוסקופית במערכת, אך מבחינה מיקרוסקופית התגובה הישירה והתגובה ההפוכה מתרחשות בו זמנית, וכך מספר המולקולות במערכת משתנה כל הזמן ואינו קבוע."
 - "לא נכון, כי הגורם הקובע בשיווי-משקל הוא ריכוז החומרים ולא סכום המולקולות."
 - "לא נכון, מכיוון שהתגובה עדיין מתרחשת, אך בקצב שווה בין התגובה הישירה וההפוכה, ולכן מספר המולקולות עולה."
3. קביעה ללא נימוק.

תת-סעיף ii (הציון 71)

הערך של K_c ב- 1000 K יהיה גדול מ- $4.1 \cdot 10^{-4}$.

התשובה:

קביעה: ההיגד לא נכון.

נימוק: התגובה הישירה היא אקסותרמית. בטמפרטורה גבוהה יותר מועדפת התגובה האנדותרמית שהיא התגובה הפוכה. לכן K_c בטמפרטורה של 1000 K יהיה קטן מ- $4.1 \cdot 10^{-4}$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון כיצד משפיע השינוי בטמפרטורה על ערכו של קבוע שווי-משקל, אך חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר את הקביעה: תגובה אנדותרמית מועדפת בטמפרטורה גבוהה יותר, ולכן עבור תגובה אקסותרמית קבוע שווי-משקל יהיה קטן יותר בטמפרטורות גבוהות. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשלושה סוגים עיקריים:

א. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

- "לא נכון. טמפרטורה לא משפיעה על קבוע שווי-משקל. היא רק משפיעה על קצב התגובה ועל הזמן עד הגעה לשווי-משקל."

- "לא נכון, כי יש קשר הפוך בין הערך של קבוע שווי-משקל לטמפרטורה."

ב. קביעה שגויה וניסיון לנמקה - חוסר הבחנה בין גורמים תרמודינמיים לבין גורמים קינטיים:

- "נכון. בטמפרטורה גבוהה יותר קצב התגובה מהיר יותר. כתוצאה מכך ייצור התוצרים מוגבר. הטמפרטורה משפיעה לא רק על הקצב אלא גם על הריכוזים, כך שהיא משפיעה על ערך K_c . לכן ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר, ריכוז התוצרים יהיה גבוה יותר, ולכן ערך K_c יהיה גדול יותר."

- "נכון. התגובה אקסותרמית ותהיה מועדפת בטמפרטורות נמוכות. ככל שנעלה את הטמפרטורה התגובה המועדפת תהיה ההפוכה, כלומר האנדותרמית. יהיו יותר תוצרים לעומת מגיבים ולכן K_c יגדל."

ג. קביעה ללא נימוק.

המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושאי 30%

נושא חובה: אנרגיה ודינמיקה 1

יישומונים:

סימולציה בנושא שיווי-משקל, מט"ח - הילקוט הדיגיטלי, אתר המפמ"ר:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/Mivnyot/

יישומון "הדמייה של תגובת שיווי-משקל", אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=534&ArticleID=4341>

יישומון "תגובות וקצבים" - סימולציה בנושא קצב תגובה, אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=521&ArticleID=4087>

סרטונים:

"אנרגיית שפעול"

<https://www.youtube.com/watch?v=VbIaK6PLrRM>

"Catalysts"

<https://www.youtube.com/watch?v=KYD5LNVWne8>

סרטון "תכנן תגובה מפוצצת" ודפי הנחייה, אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=282&ArticleID=6261>

שינויים במערכת הנמצאת במצב שיווי-משקל ותגובת המערכת לשינויים אלה:

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

הערכה חלופית:

הכנת פוסטר דיגיטלי בנושא "מדוע מתרחשות תגובות כימיות". מפתחות המשימה: נעמה בני, אסתי זמלר, ד"ר מרים כרמי, שלי רפ. דפי הנחייה לפעילות נמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=492&ArticleID=4662>

פעילות בנושא "שיווי-משקל" עם דפי הנחייה. פיתחו רחל אידלמן ושרה אקונס. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=6348>

פעילות בנושא "מדוע מתרחשות תגובות כימיות": "היבטים תרמודינמיים וקינטיים בתגובות כימיות" עם דפי הנחייה. פיתחה ד"ר מרים כרמי. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=6351>

כתבה

כתבה: "המכוננית שמפיקה דלק בעצמה - ולא מזהמת": מיום משותף ישראל-פלסטני מפתח טכנולוגיה חדשנית לעולם הרכב: מכוננית המייצרת את הדלק בעצמה. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

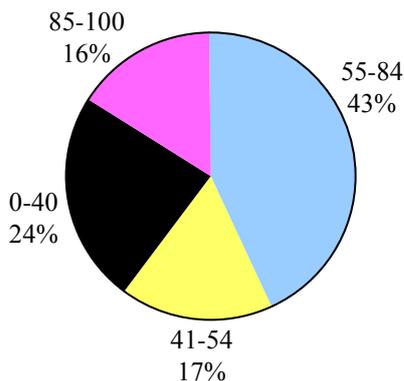
<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=6786>

ברוס ותרכובותיו

שאלה 3

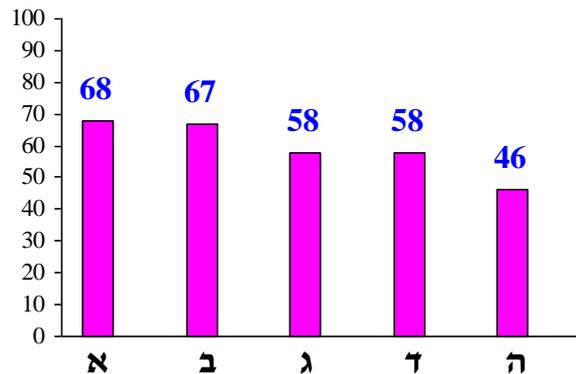
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 4% מהתלמידים



ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 61

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להשוות בין אופן ההכנה של חומרי הגלם בשתי השיטות: $\text{CaCO}_3(\text{s})$ נמצא בטבע, ואילו את $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$ יש להפיק מ- $\text{CaCO}_3(\text{s})$; ולקשר בין אופן ההכנה של חומרי הגלם לבין עלות הייצור.
- להשוות בין חומר גלם - מימן ברומי, בתמיסה המימית - תמיסת $\text{HBr}(\text{aq})$, ובמצב גז - $\text{HBr}(\text{g})$.
- לציין סיבות לכך שהיווצרות $\text{CO}_2(\text{g})$ במכל תגובה בתהליך תעשייתי היא חיסרון.
- להסביר כיצד מתגברים במפעל "תרכובות ברום" על החיסרון - היווצרות $\text{CO}_2(\text{g})$ במכל תגובה.
- להסביר את המושגים "המרה" ו"ניצולת".
- להסביר שתגובה מסוג חומצה-בסיס מתרחשת עד תום, ולכן בתהליך הייצור, המבוסס על תגובה מסוג זה, אחוז ההמרה הוא 100%.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים, הכוללים חישוב אחוז ההמרה וחישוב אחוז הניצולת.
- לצייר תרשים של התהליך התעשייתי כשנתונים כל שלבי התהליך.
- להשוות בין שתי שיטות של קבלת תמיסה מרוכזת של חומר יוני מתמיסתו המהולה.

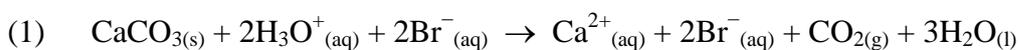
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

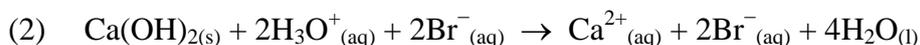
פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בייצור תמיסת סידן ברומי, $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$, במפעל "תרכובות ברום" ברמת חובב. קיימות שתי שיטות לייצור של תמיסת $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$, ובשתייהן אחד מחומרי הגלם הוא תמיסה של חומצת מימן ברומי, $\text{HBr}_{(\text{aq})}$.

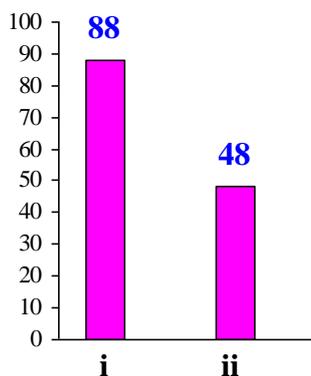
בשיטה הראשונה תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ מגיבה עם אבן גיר, $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$, על פי תגובה (1):



בשיטה השנייה תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ מגיבה עם סידן הידרוקסידי, $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})}$, על פי תגובה (2):



סעיף א' (הציון 68)



תת-סעיף i (הציון 88)

הייצור של תמיסת $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$ בשיטה הראשונה זול יותר. הסבר מדוע.

התשובה:

ייצור תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$ בשיטה הראשונה זול יותר מייצור $\text{CaBr}_2(\text{aq})$ על פי השיטה השנייה, כי $\text{CaCO}_3(\text{s})$ נמצא בטבע, ואילו את $\text{Ca(OH)}_2(\text{s})$ יש להפיק (מאבן גיר).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו להשוות בין הכנת חומרי הגלם בשתי השיטות: $\text{CaCO}_3(\text{s})$ נמצא בטבע, ואילו את $\text{Ca(OH)}_2(\text{s})$ יש להפיק מ- $\text{CaCO}_3(\text{s})$, ולקשר בין אופן ההכנה של חומרי הגלם לבין עלות הייצור. תלמידים מעטים חזרו על נתוני השאלה במקום הסבר:

- "בשיטה הראשונה נוצרת תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$ זולה יותר."
- "תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$ המיוצרת בשיטה השנייה יקרה יותר."

תת-סעיף ii (הציון 48)

מדוע משתמשים בשתי השיטות בתמיסת $\text{HBr}(\text{aq})$ ולא בגז מימן ברומי, $\text{HBr}(\text{g})$?
רשום סיבה אחת.

התשובה:

הסיכוי של המוצק להגיב עם גז הוא קטן.

אן: תוצר התגובה הוא תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$, לכן כדאי להשתמש בחומר גלם שהוא תמיסת $\text{HBr}(\text{aq})$.

אן: תמיסת $\text{HBr}(\text{aq})$ היא תוצר לוואי של תהליכים במפעל, כך שאין צורך להכין אותה במיוחד לייצור תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$.

אן: שימוש ב- $\text{HBr}(\text{g})$ בטיחותי פחות משימוש ב- $\text{HBr}(\text{aq})$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

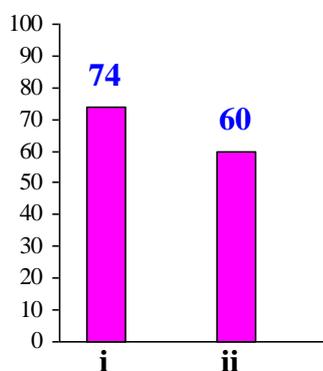
הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להשוות בין חומר הגלם - מימן ברומי, בתמיסה המימית - תמיסת $\text{HBr}(\text{aq})$, ובמצב גז - $\text{HBr}(\text{g})$. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר ידע והבנה של תהליכים תעשייתיים, וכתוצאה מכך, חוסר יכולת לערוך השוואה בין חומרי הגלם. התלמידים שטעו כתבו הסברים לא הגיוניים הכוללים טעויות רבות בנושא מבנה וקישור:

- "מכיוון שברום במצב גז הוא אינו יציב ומגיב בקלות."
- "כי ל- $\text{HBr}(\text{aq})$ צפיפות גדולה יותר מזו של $\text{HBr}(\text{g})$."

- "משום שמימן ברומי מתנדף יותר בקלות כשהוא גז מאשר מהתמיסה."
 - "כי בתמיסה מימית קל יותר לפרק מימן ברומי ליוני H^+ ו- Br^- ."
- היו תלמידים שהתייחסו לתהליכים תעשייתיים, אך תיארו אותם באופן שגוי:
- "על מנת שלא להשקיע אנרגיה נוספת בהפרדת הברום והמימן."
 - "כי התגובה מתרחשת בכלי מנתי ולא רציף."
 - "מפני שכך נוצרת תמיסת $CaBr_{2(aq)}$, ואילו היו משתמשים ב- $HBr_{(g)}$, היו מקבלים סידן ברומי במצב גז."

סעיף ב' (הציון 67)

החיסרון העיקרי של השיטה הראשונה הוא היווצרות הגז $CO_{2(g)}$.



תת-סעיף i (הציון 74)

ציון סיבה אחת לכך שהיווצרות $CO_{2(g)}$ היא חיסרון.

התשובה:

אחת מן הסיבות:

- פליטת $CO_{2(g)}$ גורמת להגברת הלחץ במכל התגובה.
- $CO_{2(g)}$ סוחף, בין היתר, מגיבים ובכך מוריד את אחוז הניצולת.
- שחרור לסביבה של $CO_{2(g)}$ המכיל $HBr_{(g)}$ עלול להוות סכנה לסביבה.
- שחרור $CO_{2(g)}$ לסביבה עלול לגרום להתגברות אפקט החממה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ציינו סיבות נכונות לכך שהיווצרות $CO_{2(g)}$ בתהליך תעשייתי היא חיסרון, אך היו תלמידים שציינו סיבות לא מתאימות:

- " $CO_{2(g)}$ גורם לחנק."
- " $CO_{2(g)}$ הוא גז רעיל."

תת-סעיף ii (הציון 60)

כיצד מתגברים במפעל על חיסרון זה?

התשובה:

אחת מן הדרכים (לפי התשובה בסעיף הקודם):

- משתמשים במכלים עמידים ללחץ גבוה.
- מעבירים במים את $\text{CO}_2(\text{g})$ היוצא ממכל התגובה. החומרים שנסחפו מתמוססים במים ומוחזרים למכל התגובה.
- אוספים את $\text{CO}_2(\text{g})$, ומשתמשים בו בתהליכים אחרים.

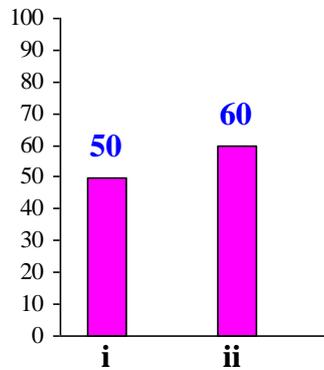
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים, שבתת-סעיף ב i ציינו סיבות נכונות לכך שהיווצרות $\text{CO}_2(\text{g})$ בתהליך תעשייתי היא חיסרון, לא הצליחו להסביר כיצד מתגברים במפעל על חיסרון זה.
- הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה בהתאם לתשובות של התלמידים שטעו שבתת-סעיף ב i:
- ♦ הסיבה שצוינה בתת-סעיף ב i: פליטת $\text{CO}_2(\text{g})$ גורמת להגברת הלחץ במכל התגובה.
 - "צריך לבצע את התהליך במכל פתוח."
 - "מבצעים את התהליך כמנתי, כדי לא תצטבר כמות גדולה של $\text{CO}_2(\text{g})$."
 - ♦ הסיבה שצוינה בתת-סעיף ב i: $\text{CO}_2(\text{g})$ סוחף, בין היתר, מגיבים ובכך מוריד את אחוז הניצולת.
 - "מיחזור ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ להמשך התהליך."
 - "מוסיפים יותר מגיב למכל, כדי שיהיה מספיק מגיב אחרי ש- $\text{CO}_2(\text{g})$ סוחף חלק ממנו."
 - ♦ הסיבות שצוינו בתת-סעיף ב i:
 - שחרור לסביבה של $\text{CO}_2(\text{g})$ המכיל $\text{HBr}(\text{g})$ עלול להוות סכנה לסביבה.
 - שחרור $\text{CO}_2(\text{g})$ לסביבה עלול לגרום להתגברות אפקט החממה.
 - "מקררים את מכל התגובה כדי ש- $\text{CO}_2(\text{g})$ לא ייצא החוצה."
 - "מוסיפים למכל חומר שיגיב עם $\text{CO}_2(\text{g})$."
 - "מגיבים $\text{CO}_2(\text{g})$ עם חומר מתאים, וכל האטומים במולקולות $\text{CO}_2(\text{g})$ הופכים לחלקים ממולקולות חדשות, וכך לא ייווצר במכל $\text{CO}_2(\text{g})$."

סעיף ג' (הציון 58)

בתהליך הייצור לפי השיטה הראשונה, אחוז ההמרה הוא 100%, ואחוז הניצולת הוא 95%.



תת-סעיף i (הציון 50)

הסבר מדוע אחוז ההמרה בתהליך זה הוא 100%.

התשובה:

בתהליך הייצור לפי השיטה הראשונה אחוז ההמרה הוא 100%, כי תגובת (1) היא תגובה מסוג חומצה-בסיס, המתרחשת עד תום.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. מחצית מהתלמידים התקשו להסביר מדוע אחוז ההמרה בתהליך הנתון הוא 100%, כי לא הבינו שתגובת סתירה מתרחשת עד תום, ולכן בתהליך הייצור, המבוסס על תגובה מסוג זה, אחוז ההמרה הוא 100%. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ חזרה על נתוני השאלה במקום הסבר:
- "אחוז ההמרה הוא 100% משום שהשתמשו בכל החומר על מנת ליצור את התרכובת הרצויה."
- "כי אף מולקולה של המגיבים לא נשארה לאחר סיום התגובה."
- ♦ הסבר לא מתאים המצביע על חוסר ידע והבנה של תגובות חומצה-בסיס:
 - "בסביבה חומצית יוני הברום מגיבים עד תום עם אבן גיר."
- ♦ הסבר לא מתאים הנובע מחוסר הבנה של עקרונות תעשייתיים:
 - "אחוז ההמרה בתהליך זה הוא 100%, מכיוון שחומר הגלם הוא אבן גיר, $\text{CaCO}_{3(s)}$, שהוא זול וזמין וניתן להוסיף אותו בעודף על מנת להעלות את אחוז ההמרה."

המלצות

תלמידים רבים התקשו להבחין בין המושגים "המרה" ו"ניצולת" ובין הגורמים המשפיעים עליהן. מומלץ להדגיש שההמרה מתייחסת למגיבים בלבד ולהסביר לתלמידים שיש להבחין בין תגובות המתרחשות עד תום, שבהן יש אפשרות להגיע ל- 100% המרה, לבין תגובות שמגיעות למצב של שיווי-משקל. בתגובות אלה אי אפשר להגיע ל- 100% המרה.

תת-סעיף ii (הציון 60)

למתקן התגובה, שהכיל כמות מתאימה של $\text{CaCO}_3(\text{s})$, הוסיפו 20,000 ליטר תמיסת $\text{HBr}(\text{aq})$ בריכוז 5.47 M. המגיבים הגיבו בשלמות. חשב את הריכוז של תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$ שהתקבלה. פרט את חישוביך. הנח שנפח התמיסה לא השתנה במהלך התגובה.

התשובה:

מספר המולים של HBr שהגיבו: $5.47 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 20,000 \text{ liter} = 109,400 \text{ mol}$

יחס המולים בניסוח התגובה בין CaBr_2 לבין HBr הוא 2:1,

לכן מספר המולים של CaBr_2 שצריכים להתקבל: $\frac{109,400 \text{ mol}}{2} = 54,700 \text{ mol}$

מספר המולים של CaBr_2 שהתקבלו על פי 100% המרה ו- 95% ניצולת:

$\frac{54,700 \text{ mol} \times 95\%}{100\%} = 51,965 \text{ mol}$

הריכוז של תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$ שהתקבלה: $\frac{51,965 \text{ mol}}{20,000 \text{ liter}} (= 2.598 \text{ M}) = 2.6 \text{ M}$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים לבצע חישובים סטויכיומטריים הכוללים חישובים של אחוז ההמרה ואחוז הניצולת. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ ביצוע חישוב ללא שימוש באחוז הניצולת הנתון.
- ♦ חישוב על פי יחס המולים השגוי בניסוח התגובה בין CaBr_2 לבין HBr :
 - "יחס המולים הוא 1:1".

המלצות

חוסר הבנה של המושגים - המרה וניצולת גורם לטעויות גם בשאלות חישוב וגם בשאלות הדורשות יישום, כגון כיצד להגדיל המרה וניצולת. מומלץ לתרגל עם התלמידים חישובים הכוללים חישוב אחוז ההמרה וחישוב אחוז הניצולת או חישובים סטויכיומטריים בהם יש להשתמש באחוז המרה או באחוז ניצולת.

סעיף ד' (הציון 58)

הייצור של תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$ לפי השיטה השנייה, נעשה בשלושה שלבים עיקריים III-I :

I ייצור תמיסת $\text{CaBr}_2(\text{aq})$ על פי תגובה (2).

II סינון התמיסה המתקבלת בשלב I.

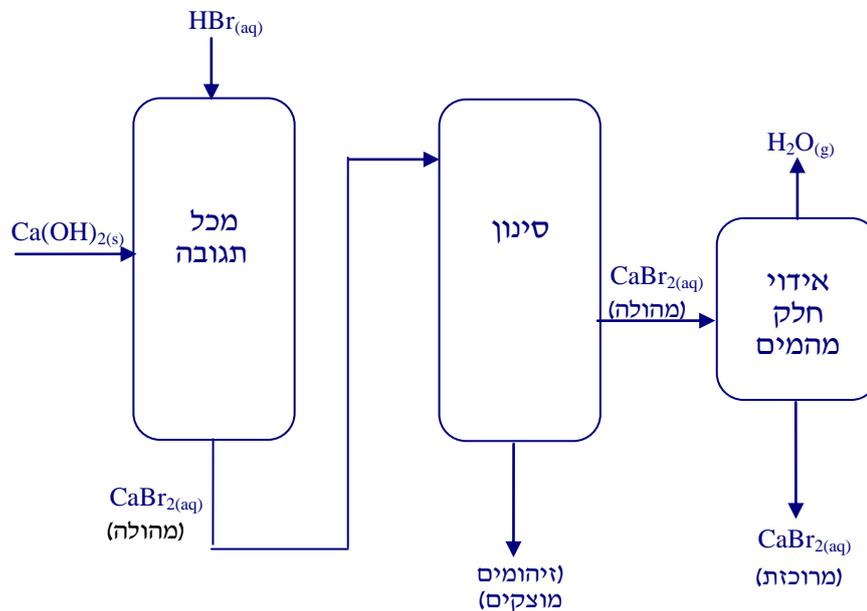
III אידוי של חלק מהמים מהתמיסה כדי לקבל תמיסה מרוכזת יותר, בהתאם לדרישות השיווק.

צייר תרשים של התהליך, המכיל את שלושת השלבים.

ציין בתרשים את הנוסחאות של החומרים הנכנסים לכל מתקן ושל החומרים היוצאים ממנו.

סמן בחצים את כיוון הזרימה של כל אחד מן החומרים.

התשובה:



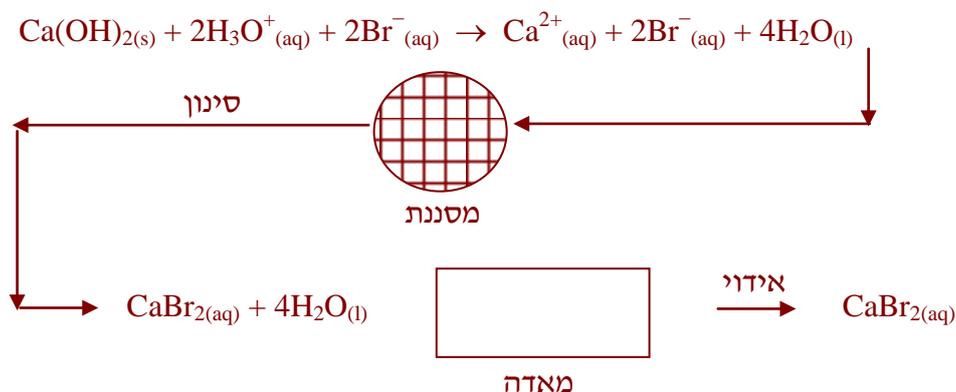
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

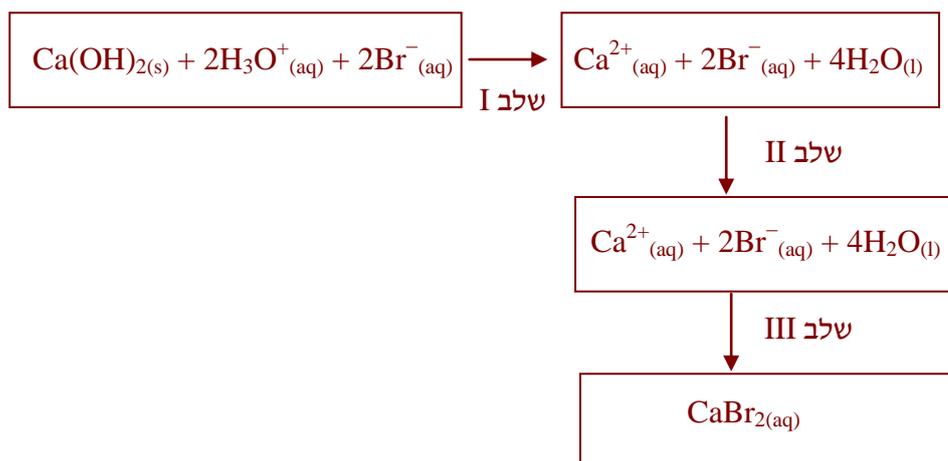
הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לצייר תרשים של התהליך התעשייתי כשנתונים כל שלבי

התהליך. הטעויות האופייניות שאותרו :

- רישום של ניסוח תגובה במקום ציור מתקנים :



- ציור מתקנים נפרדים למגיבים ולתוצרים :



- רישום שמות החומרים, הנכנסים לכל מתקן והיוצאים ממנו, במקום נוסחאות החומרים.
- רישום $\text{CaCO}_{3(s)}$ במקום $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$.

המלצות

תרגול קריאה של תרשימי זרימה וציור תרשימי זרימה על פי תיאור מילולי.

סעיף ה' (הציון 46)

שיטה נוספת לקבלת תמיסת $\text{CaBr}_{2(aq)}$ מרוכזת היא הוספת המוצק $\text{CaBr}_{2(s)}$ לתמיסה מהולה. ציין יתרון אחד לשיטה זו לעומת איודי מים מתמיסה מהולה.

התשובה:

חיסכון באנרגיה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להשוות בין שתי שיטות של קבלת התמיסה המרוכזת של חומר יוני מתמיסתו המהולה. הטעות האופיינית העיקרית היא ציון יתרונות לא מתאימים עקב חוסר הבנה של מהות התהליך המתואר:

- "אידוי מים יכול להוציא יחד איתו את הברום, והוספת המוצק $\text{CaBr}_{2(s)}$ לא דורשת אידוי מים, ולכן אין סכנה שהברום ייצא."
- "היתרון הוא שאנו לא מאבדים תמיסת $\text{CaBr}_{2(aq)}$, אלא מקבלים אותה יותר מרוכזת מאשר באידוי מים מהתמיסה - בו חלק ממסת $\text{CaBr}_{2(aq)}$ יכול להתאדות, ולכן התמיסה תהיה פחות מרוכזת."

המלצות

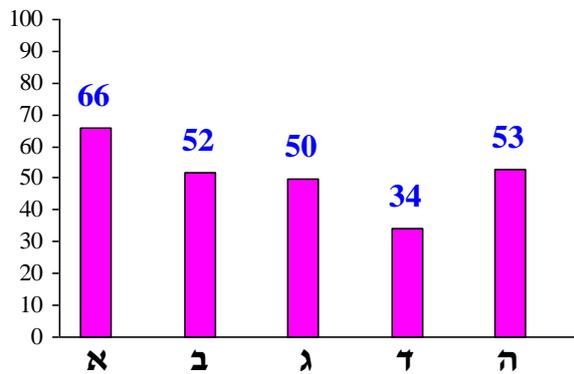
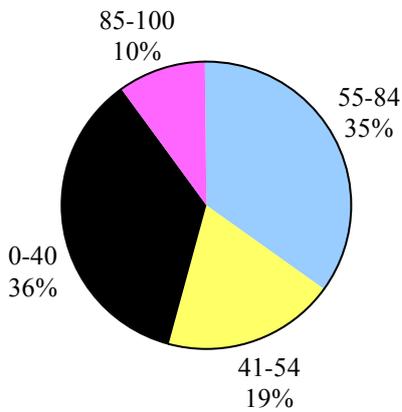
מומלץ לדון עם התלמידים בכל תהליך תעשייתי שנלמד - מהם היתרונות והחסרונות בתכנון של תהליך זה. אפשר לתת לתלמידים נתונים על תהליך לא מוכר ולבקש לצייר שני תרשימי זרימה - תרשים המתאים לביצוע תהליך כרציף ותרשים המתאים לביצוע תהליך זה כמנתי, בליווי הסברים.

שאלה 4

ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 50

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 2% מהתלמידים



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לערוך השוואה בין שיטות השינוע של ברום - לשקול יתרונות וחסרונות של כל שיטה.
- לתאר את אופן השינוע של ברום כיום ואת המכלים שבהם משנעים אותו.
- לקשר בין הטמפרטורה השוררת באזור הקידוח לבין הרכב התמיסות שבהן משתמשים בקידוחי נפט.
- להסביר מהי פעולה סינרגטית וכיצד היא מגבירה את כושר החיטוי של התמיסה.
- להסביר כיצד פועל $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ כמעכב בערה.
- להסביר מדוע $\text{NaBr}_{(s)}$ אינו יכול לשמש מעכב בערה, בהסתמך על ידע והבנה של מנגוני הפעילות של מעכבי בערה.
- להבחין בין מעכב בערה פעיל למעכב בערה מוסף, ולהסביר כיצד פועלים מעכבי בערה מכל אחד משני הסוגים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

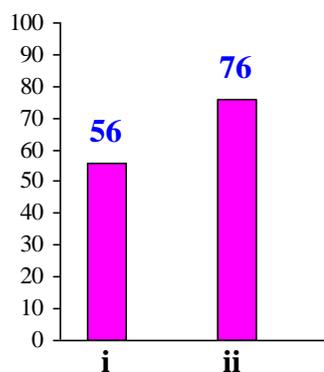
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום	i	א
הבנה	ii	
יישום		ב
אנליזה		ג
יישום	i	ד
יישום	ii	
יישום	i	ה
יישום	ii	

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בשימושים של תרכובות ברום.

סעיף א' (הציון 66)

כיום משנעים ברום, $Br_{2(l)}$, אך בזמן מלחמת העולם השנייה הובילו סידן ברומי, $CaBr_{2(s)}$, באוניות לארץ היעד, ורק שם הפיקו ממנו $Br_{2(l)}$.



תת-סעיף i (הציון 56)

ציין יתרון אחד וחסרון אחד לשינוע $CaBr_{2(s)}$ שימשש מקור ל- $Br_{2(l)}$.

התשובה:

אחד מהיתרונות:

- $\text{CaBr}_{2(s)}$ אינו רעיל (ולכן השינוע בטיחותי יותר).
- $\text{CaBr}_{2(s)}$ אינו משתדך (ולכן אין צורך להשתמש במכלים עשויים מחומרי מבנה מיוחדים; אן: במכלי הובלה יקרים).

- $\text{CaBr}_{2(s)}$ באריזה תופס נפח קטן יותר מ- $\text{Br}_{2(l)}$ במכלי הובלה מיוחדים.

חיסרון:

- התהליך יקר יותר (כי יש לייצר מ- $\text{Br}_{2(l)}$ את $\text{CaBr}_{2(s)}$ וממנו יש להפיק בחזרה את $\text{Br}_{2(l)}$ בארץ היעד).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. כמעט מחצית מהתלמידים לא הצליחו לערוך השוואה בין שיטות השינוע של ברום - לקבוע מהם היתרונות ומהם החסרונות של כל אחת מהשיטות. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר הבנה של התהליכים התעשייתיים - ייצור ברום וייצור סידן ברומי:

- "יתרון - כשיש מספיק חומר כדי להפיק סידן ברומי."
- "יתרון: קשה למצוא ברום בטבע, לכן אפשר להפוך סידן ברומי לברום. זה יתרון, כי $\text{CaBr}_{2(s)}$ זאת תרכובת נפוצה בטבע."
- "חיסרון - כשאינ מספיק סידן ברומי כדי להפיק ברום."
- "חיסרון: לוקח זמן לשנע סידן ברומי."

תת-סעיף ii (הציון 76)

תאר באיזה אופן ובאילו מכלים משנעים את הברום כיום.

התשובה:

כיום משנעים את הברום במצב נוזל ($\text{Br}_{2(l)}$) באמצעות איזוטנקים - מכלים אטומים, העשויים מחומרים עמידים לברום (פלדה מצופה בעופרת או פלדה מצופה בזכוכית ומצוידים במערכות בטיחות ובקרה).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לתאר את השינוע של ברום ואת המכלים שבהם משנעים אותו. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא תשובות חלקיות:

- "השינוע נעשה דרך הים."
 - המכלים הם איזוטנקים."
- בעיה נוספת היא תשובות המצביעות על חוסר ידע והבנה - כיצד נעשה השינוע:
- "כיום ישנן מכונות המייצרות חומרים ללא מגע אדם."
 - "מעבירים סידן ברומי ומגיבים אותו עם תמיסה כלשהי כדי שיתפרק ויתקבל ברום."

המלצות

כדי להמחיש את הסכנות הקיימות מהלך השינוי של ברום, מומלץ לעבור עם התלמידים על הכתבה "דליפת ברום עקב תאונת רכבות ליד דימונה": רכבת מטען התנגשה במרץ 2016 בשלושה קרונות שעמדו על המסילה ליד דימונה, אחד מהם הכיל ברום, חומר מסוכן ונדף. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=6064>

סעיף ב' (הציון 52)

בקידוחי נפט משתמשים בתמיסות המכילות CaBr_2 וגם מלחים נוספים, כמו ZnBr_2 ו- NaBr . קבע אם ההיגד שלפניך הוא נכון או לא נכון. נמק. הרכב התמיסות נקבע, בין היתר, על פי הטמפרטורה השוררת באזור הקידוח.

התשובה:

קביעה: ההיגד נכון.

נימוק: טמפרטורות הגיבוש של התמיסות צריכות להתאים לטמפרטורות השוררות באזורי הקידוח, כדי למנוע התגבשות. טמפרטורת הגיבוש נקבעת על ידי הרכב המלחים בתמיסה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. מחצית מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין הטמפרטורה השוררת באזור הקידוח לבין הרכב התמיסות שבהן משתמשים בקידוחי נפט. רוב התלמידים שטעו קבעו שההיגד נכון, אך התקשו בנימוק. הופיעו נימוקים כלליים, חלקם חוזרים על מה שכתוב בהיגד:

- "אי אפשר להשתמש בתמיסה, שמתאימה למקום קר כמו אלסקה, במקום חם כמו מקסיקו."

- "יש לבחור בתמיסה המתאימה לטמפרטורה השוררת באזור."

המלצות

מומלץ, בנוסף ללימוד הנושא "תרכובות ברום בקידוחי נפט" על פי ספר הלימוד "לא על הברום לבדו" מאת ד"ר מירי קסנר, מכון ויצמן למדע, להרחיב בנושא זה. אתרים מומלצים:

<http://www.bromorim.co.il/?p=203>

דפים על סידן ברומי ועל אבץ ברומי במאגר חומרים, באתר: כימיה ותעשייה כימית בשירות האדם:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/learnchem/>

מומלץ להראות לתלמידים סרטון על תמיסות לקידוחי נפט:

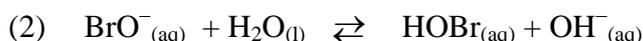
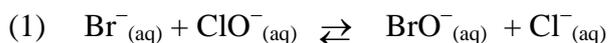
<https://www.youtube.com/watch?v=3hOQ9E2b2HI&list=PLQoax2tM7zg5LsQE1M>

[mRmP1cwTThhW0T](https://www.youtube.com/watch?v=3hOQ9E2b2HI&list=PLQoax2tM7zg5LsQE1M)

סעיף ג' (הציון 50)

תמיסות מימיות של נתרן תת-כלוריתי, $\text{NaClO}_{(aq)}$, משמשות לחיטוי מים בברכות שחייה.

כאשר מוסיפים $\text{NaBr}_{(s)}$ לתמיסת $\text{NaClO}_{(aq)}$ מתרחשות התגובות (1) ו-(2):



הוספת $\text{NaBr}_{(s)}$ לתמיסת $\text{NaClO}_{(aq)}$ מגבירה את כושר החיטוי של התמיסה. הסבר עובדה זו.

התשובה:

עקב הוספת $\text{NaBr}_{(s)}$ נוצרות בתמיסה מולקולות של $\text{HOBr}_{(aq)}$.

כושר החיטוי של מולקולות $\text{HOBr}_{(aq)}$ גבוה מכושר החיטוי של יוני $\text{ClO}^-_{(aq)}$ או יוני $\text{BrO}^-_{(aq)}$.

אנ: זוהי פעולה סינרגטית, כי השילוב של $\text{NaClO}_{(aq)}$ עם $\text{NaBr}_{(aq)}$ מגביר את כושר החיטוי של

התמיסה עקב היווצרות $\text{HOBr}_{(aq)}$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להסביר מהי פעולה סינרגטית וכיצד היא מגבירה את כושר החיטוי של התמיסה. הטעות האופיינית העיקרית בסעיף זה היא ציון יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ כמגבירים את כושר החיטוי של התמיסה:

- "מה שמגביר את כושר החיטוי של התמיסה, זה יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ שנוצרים."

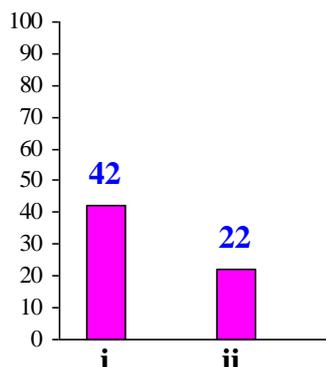
- "נתרן תת-כלוריתי יגיב יותר, כי מוסיפים לתמיסה יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$."

המלצות

בחוברת של ניתוח בגרות משנת 2013 ניתן למצוא את דפי הסיכום בנושא הביוצידיים והשימוש בהם, על פי ספר הלימוד "לא על הברום לבדו" מאת ד"ר מירי קסנר, מכון ויצמן למדע.

סעיף ד' (הציון 34)

אמוניום ברומי, $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$, משמש מעכב בערה מוסף, בעיקר למוצרי עץ ונייר.



תת-סעיף i (הציון 42)

הסבר מדוע $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ יכול לשמש מעכב בערה.

התשובה:

החומר $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ מתפרק בחימום (אן: בטמפרטורות גבוהות). אחד מתוצרי הפירוק הוא הגז $\text{HBr}_{(g)}$. המולקולות של $\text{HBr}_{(g)}$ מגיבות עם רדיקלים חופשיים באזור הבערה ובכך נגרמת האטה בקצב הבערה (אן: נגרם עיכוב הבערה).

אן: $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ מתפרק בחימום לשני גזים: אמוניה, $\text{NH}_3_{(g)}$, ומימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$. שני הגזים מדללים את כמות החמצן בשכבת הגז ובכך גורמים להאטת קצב הבערה (אן: לעיכוב הבערה). אן: הפירוק של $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ זאת תגובה אנדותרמית - נקלט חלק מן האנרגיה המשתחררת בבערה, ובכך נגרמת האטה בקצב הבערה (אן: נגרם עיכוב הבערה).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים לא הצליחו להסביר כיצד פועל $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ כמעכב בערה, כי לא הבינו את המנגנון של פעילותו. הופיעו הסברים שגויים הנובעים מחוסר ידע והבנה של פעילות מעכבי בערה. כמו כן בולטת התייחסות ל- $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ כאל חומר מולקולרי:

- " $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ לא מתפרק בחום ולמולקולות שלו יש שטח גדול."
- " $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ משתלב בפולימר - נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס."

תת-סעיף ii (הציון 22)

הסבר מדוע $\text{NaBr}_{(s)}$ אינו יכול לשמש מעכב בערה.

התשובה:

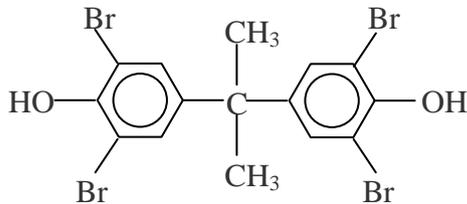
$\text{NaBr}_{(s)}$ אינו מתפרק בטמפרטורות גבוהות, ולכן לא נוצרים רדיקלים של ברום האחראים לעיכוב הבעירה (א): $\text{NaBr}_{(s)}$ אינו מתפרק בטמפרטורות גבוהות לגזים המדללים את כמות החמצן בשכבת הגז).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך ביותר. חלק מהתלמידים דילגו על תת-סעיף זה. תלמידים רבים לא הצליחו להסביר מדוע $\text{NaBr}_{(s)}$ אינו יכול לשמש מעכב בערה, בהסתמך על ידע והבנה של פעילות מעכבי בערה. כמו כן הופיעו טעויות בתיאור המבנה של $\text{NaBr}_{(s)}$:

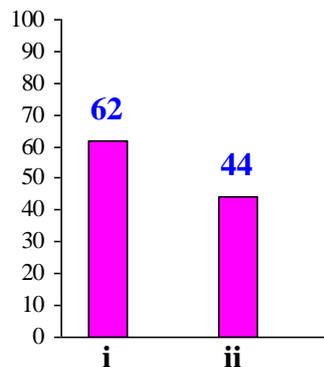
- " $\text{NaBr}_{(s)}$ מתפרק יחד עם הפולימר."
- " $\text{NaBr}_{(s)}$ לא חזק, הוא מתפרק, כי הוא יוצר פחות אינטראקציות ון-דר-ואלס מאשר $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$."
- "נתרן לא מגיב עם חמצן, הבערה נמשכת."



סעיף ה' (הציון 53)

החומר TBBA (טטרה-ברומו-ביספנול A),

יכול לשמש מעכב בערה עבור מוצרים פלסטיים העשויים מפולימרים.



תת-סעיף i (הציון 62)

לפניך שלושה היגדים a-c .

קבע אילו מן ההיגדים מתייחסים ליכולת של TBBA לשמש מעכב בערה מוסף.

a במולקולה של TBBA יש ארבעה אטומי ברום.

b במולקולה של TBBA יש שתי קבוצות -OH .

c במוצר פלסטי בין המולקולות של TBBA ובין המולקולות של הפולימר נוצרים כוחות משיכה.

התשובה:

היגדים a ו-c .

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע אילו היגדים מתייחסים ליכולת של TBBA לשמש מעכב בערה מוסף. תלמידים אלה התקשו להבחין בין מעכב בערה פעיל למעכב בערה מוסף, ולהסביר כיצד פועלים מעכבי בערה מוספים, ולכן קבעו שכל ההיגדים מתאימים.

תת-סעיף ii (הציון 44)

TBBA יכול לשמש גם מעכב בערה פעיל. הסבר מדוע.

התשובה:

במולקולה של TBBA יש שתי קבוצות הידרוקסיליות (אנ: קבוצות -OH).

באמצעות הקבוצות האלה המולקולות של TBBA יכולות להתקשר בקשרים קוולנטיים עם המונומרים המכילים קבוצות -COOH, שמהם נוצר הפולימר, ולהפוך לחלק בלתי נפרד משרשרות הפולימר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להסביר מדוע TBBA יכול לשמש גם כמעכב בערה פעיל.

הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ תיאור השילוב של מעכב בערה מוסף בפולימר:
 - "TBBA משתלב בשרשרות הפולימר."
 - "בין המולקולות של TBBA ובין המולקולות של הפולימר נוצרות אינטראקציות ון-דר-וואלס."
- ◆ הסבר כללי ללא ציון של קבוצות פונקציונליות:
 - "TBBA מגיב עם המונומרים ונוצר פולימר."

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.

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. 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. 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. מומלץ להזכיר לתלמידים את תגובת אסטור שנלמדה במסגרת 70%. אפשר להדגים את התגובה בעזרת מודלים וציורים סכמתיים כגון:

כתבות

כתבה "מדוע הפכו מי הבריכה האולימפית ירוקים?" : מבוכה באולימפיאדת ריו 2016 כאשר מי בריכת השחייה האולימפית הפכו ירוקים פתאום. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף :

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=6437>

כתבה: "מעכבי בערה עם כל דבר" מאת ד"ר מירי קסנר : סוגים שונים של מעכבי בעירה והשימוש בהם. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף :

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/Uploads/foto-in/File/flame%20retardants.pdf>

כתבה : "נמצא כי היסוד ברום חיוני לחיים" : נמצא שברום הוא החומר החיוני להתפתחותן של רקמות בעלי חיים, החל מיצורי ים וכלה בבני האדם. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף :

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4541>

קישורים ל- 9 כתבות בנושא "שריפות ומעכבי בעירה" : כאשר פורצות שרפות גדולות, כולנו רוצים לדעת מה ניתן לעשות כדי לעזור בכיבוי האש. בהקשר זה חשוב לדבר עם התלמידים על תרומת הכימיה לפיתוח חומרים מעכבי בעירה תוך הבנת מנגנון הפעולה שלהם. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף :

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4158>

ניסויים

ניסוי חקר : "מה למעכבי בעירה ולהייטק?" מאת ד"ר מירי קסנר. המרכז הארצי, דף :

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=473&ArticleID=4735>

ניסויים בתגובות שריפה ועיכובן : הפתיל הצף ונייר נדלק. המרכז הארצי, דף :

<http://learnchem.weizmann.ac.il/ArticleList/23>

מידע על תרכובות ברום ועל המפעלים

האתר הלימודי : כימיה ותעשייה, כימיה בשירות האדם :

רשימת חומרים : מאגר גדול של חומרים הכולל מידע על החומרים ועל השימוש בהם :

<http://learnchem.weizmann.ac.il/ChemicalList/1>

מפעלי ים המלח :

<http://learnchem.weizmann.ac.il/Factory/92>

מפעל תרכובות ברום :

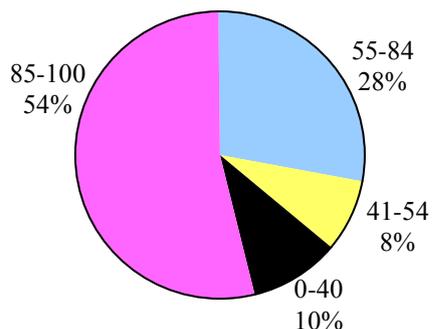
<http://learnchem.weizmann.ac.il/Factory/97>

פולימרים

שאלה 5

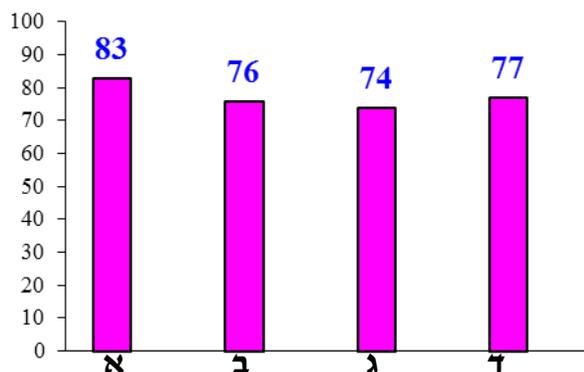
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 24% מהתלמידים



ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 78

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להבחין בין שיטות פלמור - דחיסה וסיפוח, על פי קטעים מייצגים של פולימרים.
- לקבוע, על פי קטע מייצג של פולימר, מהו המונומר / מהם המונומרים שממנו / שמהם הפולימר מתקבל. לרשום נוסחאות מבנה של המונומרים.
- להסביר את המבנה של קופולימר אקראי.
- לקשר בין המבנה של שרשרות הפולימר לבין חוזק הכוחות הבין מולקולריים בין שרשרות הפולימר.
- לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים בין שרשרות הפולימר לבין אחוז הגבישיות של הפולימר.
- לרשום נוסחאות מבנה של תוצרי הידרוליזה מלאה של קופולימר המיוצר בשיטת דחיסה.
- להבחין בין תהליך ההידרוליזה שבו הפולימר מתפרק למונומרים לבין תהליך ההידרוליזה שמתרחש בקבוצות צדדיות שיש בהן קבוצות אסטר או קבוצות אמיד.
- להסביר את המושג "דרגת פלמור" ולקבוע אם דרגת הפלמור של הפולימר משתנה במהלך ההידרוליזה.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

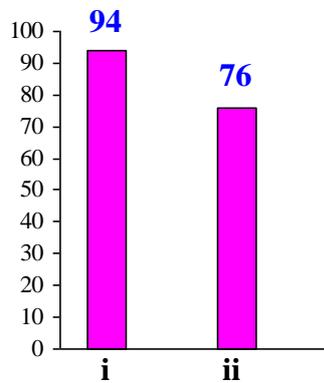
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
יישום	i	ב
יישום	ii	
יישום	i	ג
אנליזה	ii	
יישום	i	ד
יישום	ii	

פתיח לשאלה

בטבלה שלפניך מוצגים קטעים מייצגים של פולימרים אחדים, שבהם נעשה שימוש בניתוחים רפואיים.

שימושים בניתוחים רפואיים	קטע מייצג של פולימר	שם הפולימר	
<p>חוטים לתפרים חיצוניים בניתוחים. חוטים אלה מוציאים מהגוף לאחר כשבוועיים.</p>	$\text{---N---(CH}_2\text{)}_5\text{---C(=O)---N---(CH}_2\text{)}_5\text{---C(=O)---N---(CH}_2\text{)}_5\text{---C(=O)---}$ <p style="text-align: center;">H H H</p>	<p>ניילון 6</p>	<p>(1)</p>
<p>חוטים לתפרים פנימיים בניתוחים. חוטים אלה מתפרקים בגוף לאחר מספר שבועות.</p>	$\text{---ABAAABBAAABBBABAA---}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\text{---O---CH}_2\text{---C(=O)---}$ <p>B</p> </div> <div style="text-align: center;"> $\text{---O---CH---C(=O)---}$ <p style="margin-left: 20px;"> CH₃</p> <p>A</p> </div> </div>	<p>קופולימר אקראי של פולי-חומצה לקטית ופולי-חומצה גליקולית</p>	<p>(2)</p>
<p>דבק רפואי לניתוחים - במקום תפרים חיצוניים.</p>	$\text{---CH}_2\text{---C(CN)(C(=O)OCH(CH}_3\text{)(CH}_2\text{)}_5\text{CH}_3\text{)---CH}_2\text{---C(CN)(C(=O)OCH(CH}_3\text{)(CH}_2\text{)}_5\text{CH}_3\text{)---CH}_2\text{---C(CN)(C(=O)OCH(CH}_3\text{)(CH}_2\text{)}_5\text{CH}_3\text{)---}$	<p>2-אוקטיל-2- ציטואקרילט</p>	<p>(3)</p>
<p>תיקון עצמות - מילוי חלקים חסרים בעצמות.</p>	$\text{---CH}_2\text{---C(CH}_3\text{)(C(=O)O(CH}_2\text{)}_2\text{OH)---CH}_2\text{---C(CH}_3\text{)(C(=O)O(CH}_2\text{)}_2\text{OH)---CH}_2\text{---C(CH}_3\text{)(C(=O)O(CH}_2\text{)}_2\text{OH)---}$	<p>פולי- הידרוקסי- אתיל- מתאקרילט</p>	<p>(4)</p>

סעיף א' (הציון 83)



תת-סעיף i (הציון 94)

קבע באיזו שיטה - דחיסה או סיפוח - הוכן כל אחד מהפולימרים (1)-(4).

התשובה:

פולימר (3)	פולימר (1)
פולימר (4)	קופולימר (2)

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

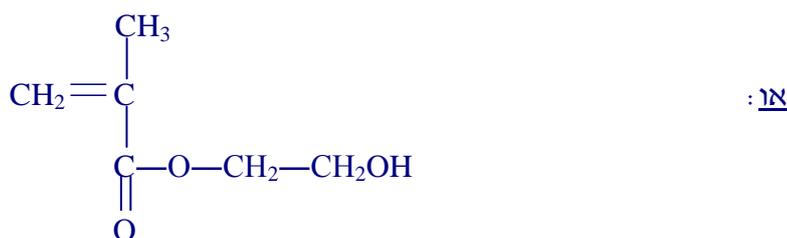
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט ולא הופיעו טעויות. התלמידים לא התקשו להבחין בין שיטות פלמור - דחיסה וסיפוח, על פי קטעים מייצגים של פולימרים.

תת-סעיף ii (הציון 76)

רשום את נוסחאות המבנה של המונומרים עבור שני הפולימרים (1) ו-(4) בלבד.

התשובה:

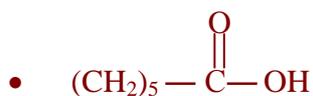


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לקבוע, על פי הקטע המייצג של הפולימר, מהם המונומרים של הפולימרים (1) ו-(4) ולרשום את נוסחאותיהם. הטעויות שאותרו ברישום של נוסחת המונומר של פולימר (1):

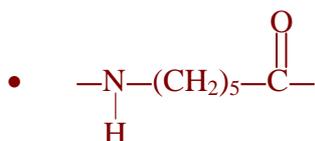
- קביעה נכונה שפולימר (1) מתקבל ממונומר אחד, אך קושי בזיהוי הקבוצות הפונקציונליות במולקולת המונומר:



- קביעה שגויה שפולימר (1) מתקבל משני מונומרים. הסיבה לטעות זו היא קושי לזהות מונומר שבמולקולות שלו יש שתי קבוצות פונקציונליות שונות כגון $-\text{COOH}$ ו- $-\text{OH}$ או $-\text{COOH}$ ו- $-\text{NH}_2$.

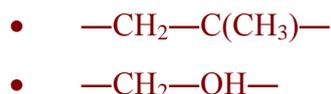


♦ רישום נוסחת היחידה החוזרת של הפולימר במקום נוסחת המונומר.

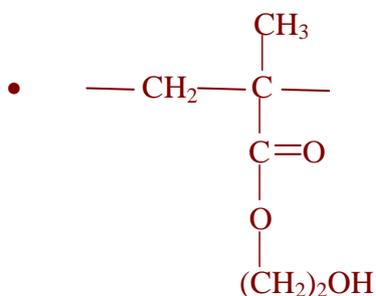


הטעויות שאותרו ברישום של נוסחת המונומר של פולימר (4):

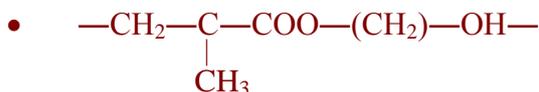
♦ רישום חלקים של היחידה החוזרת:



♦ רישום נוסחת היחידה החוזרת של הפולימר במקום נוסחת המונומר:



ולעיתים רישום שגוי של היחידה החוזרת - הפיכת קבוצה צדדית לחלק מהשרשרת הראשית.



המלצות

מומלץ להיעזר במצגת של ד"ר מלכה יאיון "שיטות פלמור - סיפוח ודחיסה", המעובדת על פי המצגת של אילנה זוהר. המצגת נמצאת באתר של המרכז הארצי, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=478&ArticleID=6071>

מומלץ להרבות בתרגילים שבהם צריך לעבור ממונומרים לפולימר ולהפך, ולהבחין היטב בין המושגים: פולימר, מונומר, קטע מייצג של פולימר, נוסחת יחידה חוזרת של פולימר ונוסחת פולימר.

כדאי להפנות את תשומת הלב של התלמידים לכך, שכאשר פולימר התקבל בדחיסה משני מונומרים שונים, יופיעו בשמו שני מספרים, כמו ניילון 6,6 או ניילון 6,10. אך כאשר הפולימר התקבל ממונומר אחד, יופיע בשמו רק מספר אחד, כמו ניילון 6 המופיע בשאלה.

שאלה לדוגמה :

נתונים הפולימרים (1)-(5)

נוסחת היחידה החוזרת של הפולימר	שם הפולימר	מס' הפולימר
$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	פוליאתיילן (PE)	(1)
$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$	פוליפרופילן (PP)	(2)
$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$	פוליסטירן (PS)	(3)
$-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-$	פוליוויניל אלכוהול (PVA)	(4)
$-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{NH}-$	ניילון 6,6	(5)

- א. רשום קטע מייצג של כל אחד מן הפולימרים הנתונים בטבלה.
 ב. רשום נוסחת הפולימר עבור כל אחד מן הפולימרים הנתונים.
 ג. קבע באיזו שיטה הוכן כל אחד מן הפולימרים הנתונים.
 ד. רשום את נוסחאות המבנה של המונומרים ששימשו להכנה של כל אחד מן הפולימרים הנתונים.

סעיף ב' (הציון 76)

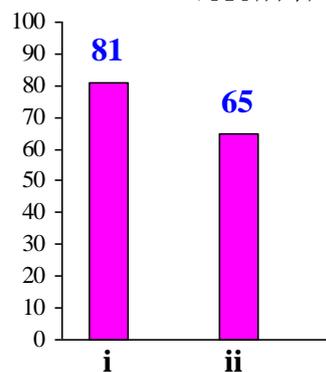
הקופולימר האקראי (2) מורכב מיחידות A ומיחידות B .

במעבדה הכינו שתי דגימות של קופולימר (2) באותם התנאים.

לשתי הדגימות הייתה אותה דרגת פלמור.

בדגימה I היו יותר יחידות A מאשר יחידות B .

בדגימה II היו יותר יחידות B מאשר יחידות A .



תת-סעיף i (הציון 81)

הכוחות הבין מולקולריים בקופולימר שבדגימה II חזקים מהכוחות הבין מולקולריים בקופולימר שבדגימה I. הסבר עובדה זו.

התשובה:

ביחידה B אין קבוצה צדדית שיכולה להפריע לאריזה צפופה ומסודרת של שרשרות הפולימר (אנ: המרחק בין השרשרות קטן יותר).
בקופולימר שבדגימה II יש יותר יחידות B, לכן הכוחות הבין מולקולריים של הקופולימר שבדגימה II חזקים מן הכוחות הבין מולקולריים של הקופולימר שבדגימה I.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים הצליחו לקשר בין המבנה של שרשרות הפולימר לבין חוזק הכוחות הבין מולקולריים בין שרשרות הפולימר. הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבחנה בין שרשרת בודדת לבין צבר שרשרות:

- "למונומר A יש הפרעות לפיתול בגלל קבוצה צדדית $-CH_3$, לכן הכוחות הבין מולקולריים של פולימר II חזקים יותר."

תת-סעיף ii (הציון 65)

קבע אם אחוז הגבישיות של הקופולימר שבדגימה II גבוה מאחוז הגבישיות של הקופולימר בדגימה I, נמוך ממנו או שווה לו.

התשובה:

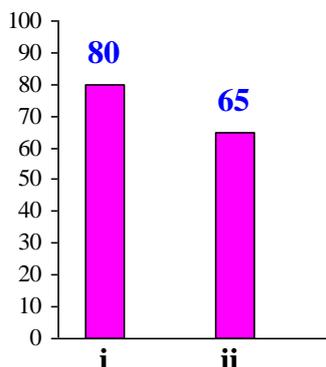
אחוז הגבישיות של הקופולימר שבדגימה II גדול מאחוז הגבישיות של הקופולימר שבדגימה I.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. אחוז הגבישיות של הפולימר מושפע מסדירות מרחבית של השרשרות, נוכחות קבוצות קשיחות בעמוד השדרה בשרשרות, אורל ממוצע של שרשרות, חוזק הכוחות הבין מולקולריים (וגם שיטות עיבוד וקצב קירור הפולימר). במקרה הנתון הגורם המשפיע הוא חוזק הכוחות הבין מולקולריים. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים בין שרשרות הפולימר לבין אחוז הגבישיות של הפולימר, וקבעו שאחוז הגבישיות של הקופולימר בדגימה I גבוה יותר.

סעיף ג' (הציון 74)



תת-סעיף i (הציון 80)

במהלך הניתוח תופרים חתכים פנימיים בגוף, בחוטים העשויים מקופולימר (2). חוטים אלה מתפרקים בגוף במשך כמה שבועות בתהליך הידרוליזה, באמצעות נוזלי הגוף (שרובם מים).
רשום נוסחאות מבנה של התוצרים המתקבלים בהידרוליזה מלאה של קופולימר (2).

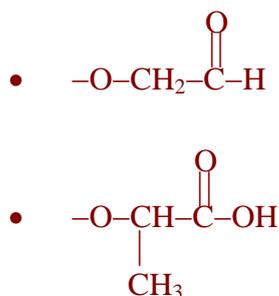
התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים הצליחו לרשום נכון את נוסחאות המבנה של תוצרי הידרוליזה מלאה של הקופולימר המיוצר בשיטת דחיסה. הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר ידע בכימיה אורגנית שעליה מתבסס נושא הפולימרים. לכן הופיעו נוסחאות שגויות המצביעות על חוסר הבנה גם של תהליך דחיסה וגם של תהליך הידרוליזה:



המלצות

מומלץ בתחילת ההוראה של נושא פולימרים לחזור על נושאים רלוונטיים בכימיה אורגנית, כולל תהליכים של דחיסה והידרוליזה, ולתרגל תגובות מתאימות.

תת-סעיף ii (הציון 65)

גם פולימר (4) יכול לעבור הידרוליזה באמצעות נוזלי הגוף, אך ההידרוליזה לא פוגעת בדרגת הפלמור של הפולימר. הסבר עובדה זו.

התשובה:

בפולימר (4) הקבוצות הצדדיות עוברות הידרוליזה ולא עמוד השדרה של הפולימר. לאחר ההידרוליזה מתקבל פולימר בעל עמוד שדרה זהה עם קבוצות צדדיות שונות. לכן אורך השרשרת נותר ללא שינוי, כלומר דרגת הפלמור לא משתנה.

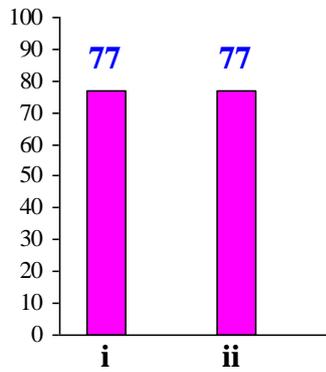
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הבחינו שבפולימר (4) ההידרוליזה מתרחשת בקבוצות אסטר הנמצאות בקבוצות צדדיות, ולכן אורך השרשרות לא משתנה. הטעויות האופייניות הן:
- ♦ חוסר הבחנה בין תהליך ההידרוליזה לתהליך ההמסה במים - התייחסות לכוחות בין מולקולריים: אינטראקציות ון-דר-ואלס וקשרי מימן:
 - "קיימים קשרים בין מולקולריים חזקים שלא מתאפשר למולקולות המים לחדור בין השרשרות."
 - "אינטראקציות ון-דר-ואלס בפולימר (4) חזקות, כי השרשרות פרושות."
 - ♦ חוסר הבחנה בין הידרוליזה המתרחשת בקבוצות צדדיות של הפולימר לבין הידרוליזה חלקית:
 - "רק חלק מן השרשרות הפולימר עובר הידרוליזה."
 - ♦ חוסר הבנה של משמעות המושג "דרגת פלמור":
 - "המסה המולרית של הפולימר אינה משתנה וגם לא המסה המולרית של היחידה החוזרת ובכך דרגת הפלמור לא משתנה."

סעיף ד' (הציון 77)

פולימר (3) מתקבל מהמונומר בעת ההדבקה של פצע הניתוח.

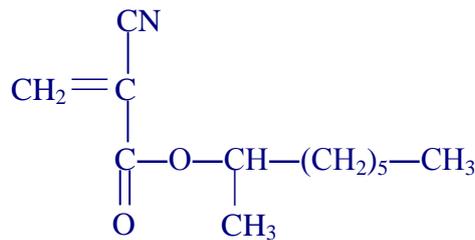
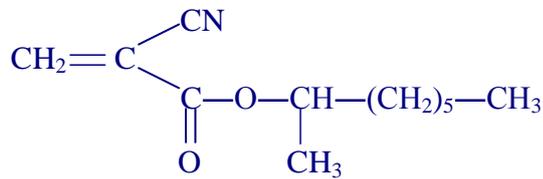


תת-סעיף i (הציון 77)

רשום את נוסחת המבנה של המונומר.

התשובה:

מונומר של פולימר (3):



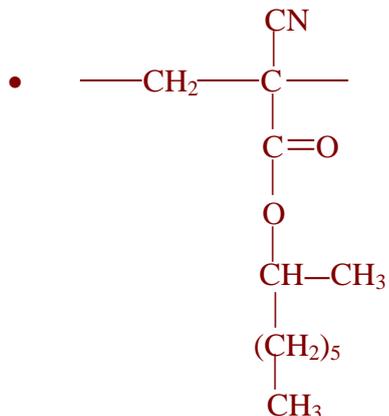
א:

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

ניתוח טעויות אופייניות

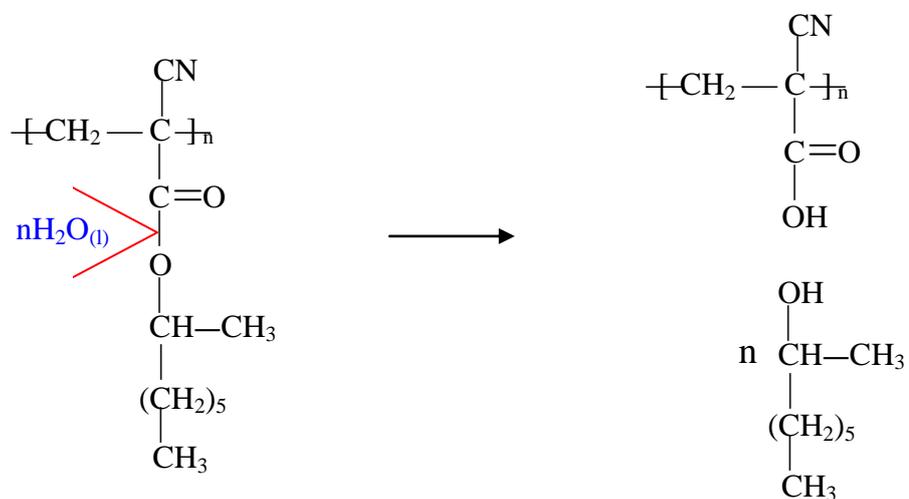
רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחת המונומר של פולימר (3). הטעויות האופייניות שאותרו:

♦ רישום נוסחה של היחידה החוזרת במקום נוסחת המונומר:



המלצות

מומלץ לנסח עם התלמידים את תהליך ההידרוליזה ולציין באיזה מקום במולקולת הפולימר פוגעת מולקולת המים:

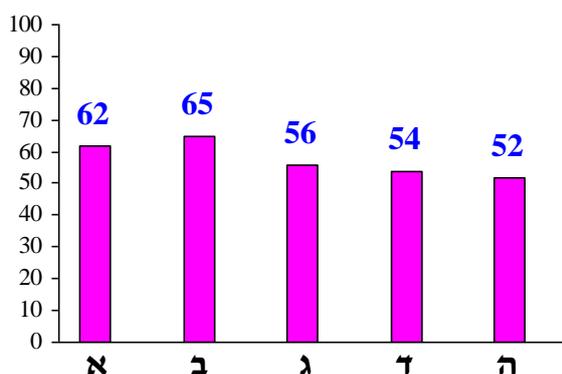
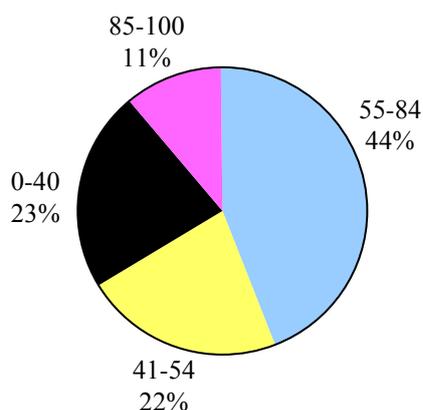


שאלה 6

ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 59

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 26% מהתלמידים



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להבחין בין שיטות פלמור - דחיסה וסיפוח, על פי קטעים מייצגים של פולימרים.
- לקבוע, על פי הקטע המייצג של הפולימר, מהו המונומר / מהם מונומרים שממנו / שמהם הפולימר מתקבל. לרשום נוסחאות מבנה של המונומרים.
- להסביר את המבנה של קופולימר אקראי.
- להבחין בין נוסחאות שונות המתייחסות לאותו פולימר: נוסחאות מונומרים שמהם התקבל הפולימר, נוסחת היחידה החוזרת של הפולימר, נוסחת הקטע המייצג של הפולימר, נוסחת הפולימר.
- להסביר את ההבדל בין ערכי ה-Tg של שני פולימרים - לנתח את השפעת הגורמים השונים על ערכי ה-Tg של הפולימרים.
- לקשר בין כושר ספיגת המים על ידי הפולימר לבין נוכחות של קבוצות טעונות בפולימר.
- לקשר בין כמות היזם לבין מספר שרשרות הפולימר שנוצר לבין:
 - מספר השרשרות בפולימר שנוצר.
 - האורך הממוצע של שרשרות הפולימר שנוצר.
- לקבוע אם הפולימר הנתון מתאים לייצור סיבים - על פי התכונות שצריכים להיות לפולימר המתאים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

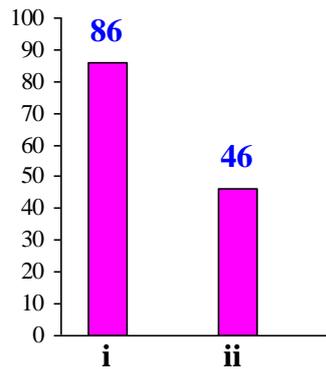
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
יישום	i	ב
יישום	ii	
יישום		ג
הבנה	i	ד
אנליזה	ii	
יישום		ה

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בפולימרים המכילים קבוצה סולפונית, SO_3^- , בקבוצות הצדדיות. בטבלה שלפניך מוצגים קטעים של שלושה פולימרים (1)-(3) וערכים של הטמפרטורה הזגוגית, T_g .

הטמפרטורה הזגוגית T_g ($^{\circ}\text{C}$)	נוסחת המבנה לקטע של הפולימר	מספר הפולימר
100	$\begin{array}{c} \dots-\text{CF}_2-\text{CF}-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\dots \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CF}_2 \\ \\ \text{CF}_2 \\ \\ \text{SO}_3^- \end{array}$	(1)
140	$\begin{array}{c} \dots-\text{CF}_2-\text{CF}-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\dots \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CF}_2 \\ \\ \text{CF}-\text{CF}_3 \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CF}_2 \\ \\ \text{CF}_2 \\ \\ \text{SO}_3^- \end{array}$	(2)
152	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{C}_6\text{H}_4 \quad \text{C}_6\text{H}_4 \quad \text{C}_6\text{H}_4 \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{SO}_3^- \quad \text{SO}_3^- \quad \text{SO}_3^- \end{array}$	(3)

סעיף א' (הציון 62)



תת-סעיף i (הציון 86)

קבע עבור כל אחד מן הפולימרים (1) ו-(3) אם הוא נוצר בפלמור של מונומר אחד או בפלמור של שני מונומרים.

התשובה:

פולימר (1) נוצר בפלמור של שני מונומרים.

פולימר (3) נוצר בפלמור של מונומר אחד.

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

ניתוח טעויות אופייניות

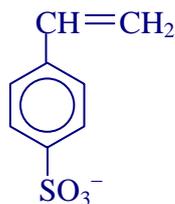
הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון מהם המונומרים שמהם נוצרו הפולימרים הנתונים. תלמידים מעטים קבעו שפולימר (1) נוצר ממנומר אחד. תלמידים אלה לא הבינו שמדובר בקופולימר.

תת-סעיף ii (הציון 46)

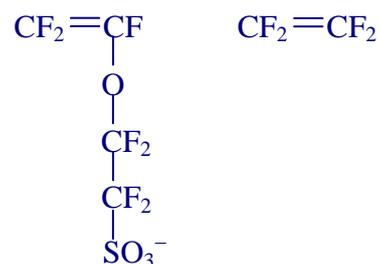
רשום נוסחאות מבנה למונומרים שמהם נוצרו שני הפולימרים (1) ו-(3).

התשובה:

מונומר של פולימר (3):



מונומרים של פולימר (1):

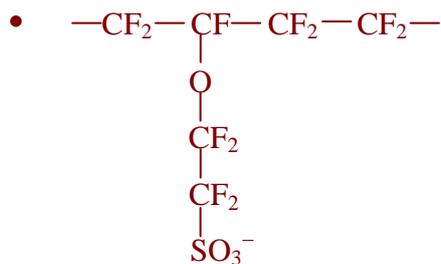
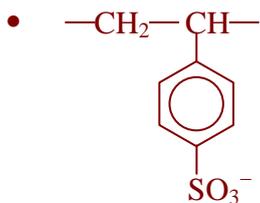


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

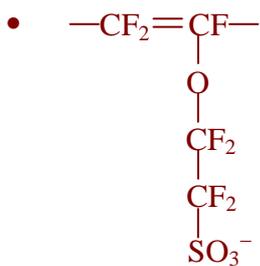
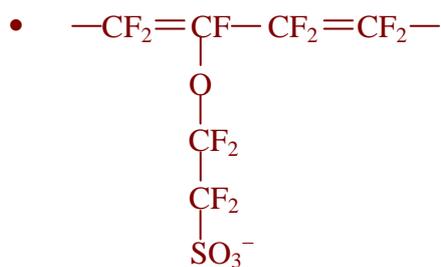
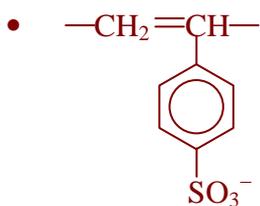
ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. הטעויות האופייניות שאותרו:

♦ רישום הנוסחאות ליחידות החוזרות של הפולימרים במקום נוסחאות המונומרים:



♦ רישום נוסחאות מבנה למונומרים עם תוספת קווי המשך:

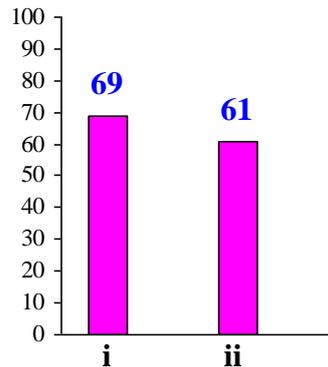


♦ רישום מונומר אחד בלבד לפולימר (1).

המלצות

מומלץ לתרגל מעבר בין הנוסחאות: מקטע מייצג ליחידה חוזרת ולמונומר ולהפך, ולהבהיר לתלמידים את ההבדלים.

סעיף ב' (הציון 65)



תת-סעיף i (הציון 69)

הסבר מדוע ערך ה-Tg של פולימר (2) גדול מערך ה-Tg של פולימר (1).

התשובה:

בשרשרות של פולימר (2) יש קבוצות צדדיות גדולות (או: ארוכות) יותר, ההפרעות לפיתול האקראי גדולות יותר, ולכן ה-Tg גבוה יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר את ההבדל בין ערכי ה-Tg של שני פולימרים - לנתח את השפעת הגורמים השונים על ערכי ה-Tg של הפולימרים. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ התייחסות להסתעפויות שאינן קיימות בפולימרים הנתונים:
 - "ערך ה-Tg של פולימר (2) גדול מערך ה-Tg של פולימר (1) כיון שלפולימר (2) יש יותר הסתעפויות."
- ♦ הסבר שגוי של השפעת הגורמים השונים על ערכי ה-Tg של הפולימרים:
 - "שרשרות של פולימר (2) פרושות יותר, מה שמגדיל את הסיכוי לפיתול האקראי."
 - "בשרשרות של פולימר (2) קבוצות צדדיות גדולות יותר, לכן הפיתול האקראי גדול יותר."
- ♦ התייחסות לחלקים של הקבוצה הצדדית כאל קבוצה צדדית נפרדת:
 - "בפולימר (2) יש קבוצות צדדיות CF_3 ..."
 - "הקבוצה הצדדית $CF-CF_3$ בפולימר (2)..."

תת-סעיף ii (הציון 61)

הסבר מדוע ערך ה- T_g של פולימר (3) גדול מערך ה- T_g של פולימר (2).

התשובה:

בשרשרות של פולימר (3) יש קבוצות צדדיות נפחיות יותר בתדירות גבוהה יותר, לכן ההפרעות לפיתול האקראי גדולות יותר, ולכן ה- T_g גבוה יותר

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

ניתוח טעויות אופייניות

- ♦ הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר את ההבדל בין ערכי ה- T_g של שני פולימרים - לנתח את השפעת הגורמים השונים על ערכי ה- T_g של הפולימרים. הטעויות האופייניות שאותרו:
 - ♦ הסבר שגוי של השפעת הגורמים השונים על ערכי ה- T_g של הפולימרים:
 - "שרשרות של פולימר (3) ישירות יותר, לכן הפיתול האקראי גדול יותר."
 - "קבוצות צדדיות נפחיות בפולימר (3) מגדילות את הפיתול האקראי."
 - ♦ התייחסות לאחוז הגבישיות של הפולימר - חוסר ידע שהפיתול האקראי מתרחש רק באזורים האמורפיים:
 - "קבוצות צדדיות בשרשרות של פולימר (3) מעלות את אחוז הגבישיות, ולכן גם ערך ה- T_g עולה."
 - ♦ חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:
 - "טבעות בנזן מעלות את ה- T_g , כי דרושה יותר אנרגיה כדי לפרק את הקשרים בין טבעת בנזן לשלד של הפולימר."

המלצות לסעיף ב'

מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים המכילים השוואה בין ערכי ה- T_g של הפולימרים השונים. אפשר לבחור בפולימרים המתאימים להשוואה מתוך הטבלה בעמודים 183-185 בספר הלימוד: פולימרים סינתטיים חומרים כבקשתך, מאת ואוה מילנר, מכון ויצמן למדע. מומלץ להרגיל את התלמידים לכתוב הסברים מלאים וברורים.

סעיף ג' (הציון 56)

גזים, המשמשים להרדמת חולים בניתוחים, יכולים להכיל מים. פולימר (2) משמש לספיגת המים מגזים אלה. הסבר מדוע פולימר (2) סופג מים.

התשובה:

בשרשרות של פולימר (2) יש קבוצות צדדיות טעונות. הקוטב החיובי של מולקולות המים נמשך למטען השלילי של הקבוצות SO_3^- .

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. כמעט מחצית התלמידים התקשו לקשר בין כושר ספיגת המים על ידי הפולימר לבין נוכחות של קבוצות טעונות בפולימר. שתי הטעויות האופייניות העיקריות שאותרו הן:
- ♦ התייחסות ליצירת קשרי מימן בין שרשרות הפולימר לבין מולקולות המים:
 - "נוצרים קשרי מימן בין מולקולות הפולימר לבין מולקולות המים."
 - "פולימר (2) סופג מים בגלל שהפולימר נוצר בשיטת דחיסה. בשיטה זו מוסיפים מים למונומר והם יוצרים קשרי מימן עם הפולימר."
 - ♦ חוסר הבחנה בין תהליך ספיגת המים על ידי הפולימר לתהליך ההידרוליזה של הפולימר:
 - "פולימר (2) סופג מים כי הוא עובר הידרוליזה."

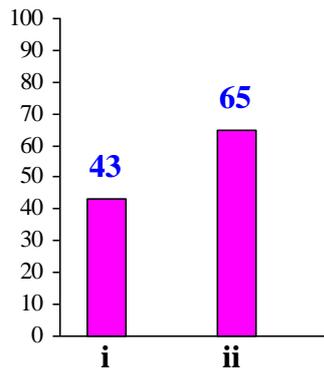
המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את המשמעות של ספיגת מולקולות קטנות על ידי שרשרות הפולימר, ואת ההבדל בין המסת חומר מולקולרי וחומר יוני במים לעומת ספיגת המים על ידי פולימר. מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי מספר 9 המופיע בספר הלימוד "פולימרים סינתטיים חומרים כבקשתך" מאת נאוה מילנר, מכון ויצמן למדע. הניסוי מתאר ספיגת מים על ידי חיתול. כמו כן אפשר לצפות בסרטון "החומר המופלא הנמצא בתוך חיתולים" המופיע באתר של מכון דוידסון:

<http://davidson.weizmann.ac.il/online/scienceathome/chemistry/%D7%94%D7%97%D7%95%D7%9E%D7%A8-%D7%94%D7%9E%D7%95%D7%A4%D7%9C%D7%90-%D7%A9%D7%91%D7%97%D7%99%D7%AA%D7%95%D7%9C%D7%99%D7%9D>

סעיף ד' (הציון 54)

במעבדה הכינו שתי דגימות, I ו-II, של פולימר (3), מכמויות שוות של מונומר. להכנת דגימה I השתמשו ב- 1 גרם יזם, ולהכנת דגימה II השתמשו ב- 5 גרם יזם. קבע עבור כל אחד מן ההיגדים i-ii אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 43)

היחידה החוזרת של הפולימר בדגימה I קצרה מהיחידה החוזרת של הפולימר בדגימה II.

התשובה:

קביעה: היגד לא נכון.

נימוק: בשתי הדגימות מתקבל אותו פולימר, לכן יחידה חוזרת של הפולימר בדגימה I זהה ליחידה חוזרת של הפולימר בדגימה II.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים לא הבינו את המושג "יחידה חוזרת" או שלא הבינו שמדובר ביחידה חוזרת של אותו פולימר. הופיעו טעויות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "היגד נכון. אם מוסיפים פחות יזם, נוצרות השרשרות קצרות יותר, ולכן גם היחידה החוזרת קצרה יותר."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - "היגד לא נכון. לדגימה I הוסיפו פחות יזם, לכן השרשרות יהיו ארוכות יותר, והיחידה החוזרת תהיה ארוכה יותר."

תת-סעיף ii (הציון 65)

דרגת הפלמור הממוצעת של הפולימר בדגימה I גדולה מדרגת הפלמור הממוצעת של הפולימר בדגימה II.

התשובה:

קביעה: היגד נכון.

נימוק: ככל שכמות היזם קטנה יותר (מתחילות לצמוח פחות שרשרות), כך מספר השרשרות בפולימר המתקבל קטן יותר, והן ארוכות יותר, דרגת הפלמור גדולה יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין כמות היזם שמוסיפים בתהליך הפלמור לבין מספר שרשרות הפולימר שנוצר לבין מספר שרשרות והאורך הממוצע של שרשרות הפולימר שנוצר. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ חוסר הבחנה בין אורך השרשרת לבין אורך היחידה החוזרת של הפולימר:
 - "נכון. ככל שהיחידה החוזרת ארוכה יותר, מסתה המולרית גם גדולה יותר, וכך גם דרגת הפלמור."
- ♦ חוסר הבחנה בין שרשרת הפולימר ליחידה החוזרת של הפולימר ולמונומר שממנו התקבל הפולימר:
 - "נכון. ככל שכמות היזם קטנה יותר, כך כמות המונומרים גדולה יותר וכך דרגת הפלמור הממוצעת גדולה יותר."

המלצות

מומלץ בסיכום הנושא "פולימרים" לחזור עם התלמידים על המושגים: שרשרת הפולימר, יחידה חוזרת של שרשרת הפולימר, קטע מייצג של הפולימר. על מנת להתגבר על קשיי למידה בנושא של השפעת היזם על האורך הממוצע של שרשרות הפולימר מומלץ לבצע ניסוי מעבדה מס' 3 בעמוד 33 בספר הלימוד "פולימרים סינתטיים חומרים כבשתד" מאת נאוה מילנר, מכון ויצמן למדע. לאחר הניסוי מומלץ לדון עם התלמידים בקשר בין האורך הממוצע של שרשרות הפולימר לבין תכונות הפולימר. על מנת להבין כיצד כמות היזם משפיעה על אורך השרשרות מומלץ לפתור שאלה 6 בעמוד 42, בספר הלימוד. אפשר לסכם את כללי ההשפעה של כמות היזם על שרשרות הפולימר בטבלה הבאה:

M	DP	אורך יחסי של שרשרות הפולימר שנוצרו	מספר יחסי של שרשרות הפולימר שנוצרו	כמות יחסית של יזם המוספת בפלמור
קטנה	נמוכה	קצר	גדול	כמות גדולה
גדולה	גבוהה	ארוך	קטן	כמות קטנה

המלצות נוספות מובאות בסוף הניתוח של השאלות בנושא הפולימרים.

סעיף ה' (הציון 52)

פולימר (3) אינו מתאים לייצור סיבים. הסבר מדוע.

התשובה:

בפולימר (3) יש קבוצות צדדיות נפחיות (בתדירות גבוהה) המפריעות לאריזה צפופה של שרשרות הפולימר, ולכן הפולימר אינו מתאים לייצור סיבים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. כמחצית מהתלמידים לא הצליחו להסביר מדוע הפולימר הנתון אינו מתאים לייצור סיבים. הטעויות האופייניות שאותרו:
- ♦ חוסר ידע והבנה מהן הדרישות מהפולימר כדי שיתאים לייצור סיבים. התייחסות למסיסות במים, ליצירת קשרי מימן עם המים:
 - "פולימר (3) אינו מתאים לייצור סיבים, כי הוא לא מתמוסס במים ולא תופח במים בגלל האריזה הצפופה והמסודרת שלו."
 - "פולימר (3) אינו מתאים לייצור סיבים, מכיוון שאין לו מוקדים ליצירת קשרי מימן. כדי שפולימר יוכל לשמש לייצור סיב עליו להיות הידרופילי." - ♦ התייחסות לחוסר גמישות של הפולימר:
 - "פולימר (3) אינו מתאים לייצור סיבים, כי הוא גבישי מאוד ועם קשרים בין מולקולריים רבים. לכן קשה למתוח אותו."

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את משמעות המבנה הסיבי של פולימר - ברמת המיקרו וברמת המאקרו. מומלץ לבנות רשימה של תכונות פולימרים המתאימים לייצור סיבים תוך דיון כיתתי.

המצאות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושאי 30%

נושא בחירה: פולימרים

מצגות:

ד"ר מלכה יאיון עיבדה וערכה את המצגת שפיתחה בעבר אילנה זוהר לפי הספר של נאוה מילנר "פולימרים סינתטיים חומרים כבקשתך" בהוצאת מכון ויצמן למדע. המצגת עברה עריכה והרחבה וחולקה למספר מצגות על פי פרקי הספר. המצגות מתאימות להוראת הנושא בכיתה. המצגות נמצאות באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=482&ArticleID=6067>

פרק 1: שיטות פלמור - סיפוח ודחיסה

פרק 2: דרגת פילמור של פולימרים, מסה מולרית ממוצעת, מרחק בין קצות השרשרת, היערכות מרחבית של מקרומולקולות

פרק 3: גורמים המגבילים את הפיתול האקראי

פרק 4: Tm ו-Tg

פרק 5: צילוב

סרטונים:

סרטון: "החומר המופלא הנמצא בתוך חיתולים", המופיע באתר של מכון דוידסון:

<http://davidson.weizmann.ac.il/online/scienceathome/chemistry/%D7%94%D7%97%D7%95%D7%9E%D7%A8-%D7%94%D7%9E%D7%95%D7%A4%D7%9C%D7%90-%D7%A9%D7%91%D7%97%D7%99%D7%AA%D7%95%D7%9C%D7%99%D7%9D>

סרטון: הרצאה בנושא "חומרים דנטליים".

הרצאה מאת פרופ' חנה דודיוק, ראש המחלקה להנדסת פלסטיקה ופולימרים, שנקר. נושא ההרצאה: חומרים דנטליים ופולימרים רפואיים בכלל. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=283&ArticleID=6267>

סרטון "מדפסת תלת מימד חדשה"

הדפסה תלת מימדית חדשה מתוך נוזל!! חשבתם שראיתם כבר הכל? תחשבו שוב!
המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=282&ArticleID=4024>

קישור לאתר החברה ובו הסבר:

<http://carbon3d.com/>

מומלץ לצפות בהרצאה של TED שמסבירה את הכימיה - עד כמה שניתן בלי לפגוע בסודות החברה:

<https://www.youtube.com/watch?v=ihR9SX7dgRo>

סרטון "פולימרים ידידותיים לסביבה". המרכז הארצי למורי הכימיה, דף 9:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=282&ArticleID=5117>

קישור:

<http://vimeo.com/11077939>

סרטון וידאו באנגלית פשוטה, המסביר את הטכנולוגיה ה"ירוקה" בייצור פולימרים ידידותיים לסביבה - יתרונות וחסרונות. הסבר המושגים ברמה ההמיקרוסקופית וברמת הסמל: אנרגיה, תרמוכימיה, ביופלסטיק, סביבה, חומר מתכלה, אוצרות טבע, מיחזור, פלסטיק, תירס, שינוי אקלים.

הערכה חלופית:

פעילות: השפעת היזם על שרשרת הפולימר - למידה בשילוב עבודה עם מודלים

כותב חומר הלמידה המקורי: צוות הכתיבה של ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד תשע"ד, עריכה והתאמה: זיוה בר-דב.
מתאים למושגים מתוך תוכנית הלימודים: שיטת פילמור - סיפוח, מונומר, יחידה חוזרת של פולימר, יזם רדיקלי, פילמור עם יזם, דרגת פילמור ממוצעת של פולימר, מסה מולרית ממוצעת של פולימר, השפעת יזם על דרגת פילמור של פולימר באופן איכותי.
המרכז הארצי למורי הכימיה, דף 9:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=6344>

פעילות: פוליאוריתאן - הקשר לצבע המוצר.

פיתוח: יסמין חמוד, דועא נאסר ואתיר סעדיה, הנחייה: ד"ר אורית הרשקוביץ, הטכניון.
קשר לתכנית הלימודים: מיועד לתלמידי י"ב הלומדים פולמרים או כימיה פיסיקלית.
פעילות לתלמידים ומדריך למורה, כולל תשובות לשאלות והערכה חלופית - בניית מצגת והערכתה. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף 9:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=293&ArticleID=4687>

פעילות: כימיה ותרופות.

פיתוח: נאדיה ראשייד, הנחייה: ד"ר אורית הרשקוביץ, הטכניון.
קשר לתכנית הלימודים: פולימרים, טעם של כימיה, חמצון-חיזור, מבנה וקישור.
פעילות לתלמידים הכוללת הנחיות למורה, תשובות לשאלות ופעילות של הערכה חלופית - בניית מצגת ומחווון להערכתה. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף 9:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=293&ArticleID=4682>

חידון: שבור את הצופן בפולימרים.

כתבה: ד"ר מלכה יאיון, תיכון "קציר", רחובות. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף 9:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=412&ArticleID=4934&SearchParam=>

פעילות דיבייט: מדפסת תלת ממד - מדמיון למציאות.

מפתחת: חגית מישקין, הטכניון, ייעוץ, סיוע בפיתוח ומתן הערות: עדינה שינפלד, עריכה ועיבוד:
ד"ר אורית הרשקוביץ, הטכניון. הפעילות כוללת דפי הנחיה לתלמיד ולמורה.
המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=322&ArticleID=4670>

כתבות

כתבה "אריזות מזון אכילות מחלבון חלב": מדענים מציגים כעת אריזה העשויה מחלבוני חלב שאפילו ניתנת לאכילה. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=6653>

כתבה "ביו-חומר להדפסה תלת-ממדית של עצמות": מהנדסים הצליחו לפתח דיו למדפסת תלת-ממדית המאפשר ייצור של שתלי עצמות סינתטיות המעודדות צמיחה מחדש והתפתחות של תאי עצם. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=6652>

כתבה "פלסטיק חזק במיוחד וניתן למחזור" - מדענית במרכז המחקר של IBM באלמדן שבקליפורניה, גילתה משפחה חדשה של פולימרים תרמוסטטיים, שהם חומרים פלסטיים חזקים באופן יוצא מן הכלל המשמשים במוצרים שונים, מסמארטפונים ועד כנפי מטוסים. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=5128>

כתבה "מדענים ביבם פיתחו סוג חדש של פולימרים חזקים בעלי כושר התאוששות עצמית - בעזרת כלי כימיה חישובית" - החומרים החדשים מאופיינים בחוזק גבוה, עמידות בפני ממיסים, יכולת לתקן בעצמם סדקים המתגלים בהם, ואפשרות לשלב חומרים מרוכבים אחרים, על מנת להבטיח חוזק גבוה עוד יותר. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4538>

חומר עזר נוסף

נמצא באתר של ד"ר יהושע סיון:

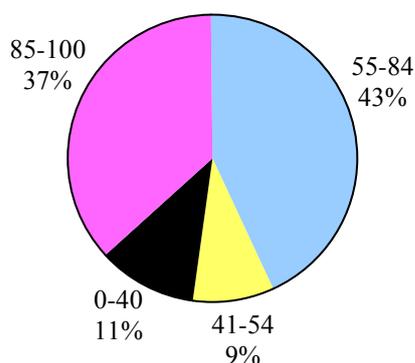
http://chimianet.zefat.ac.il/BrowseCategories.asp?FormName=Tree&category_id=173

כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

שאלה 7

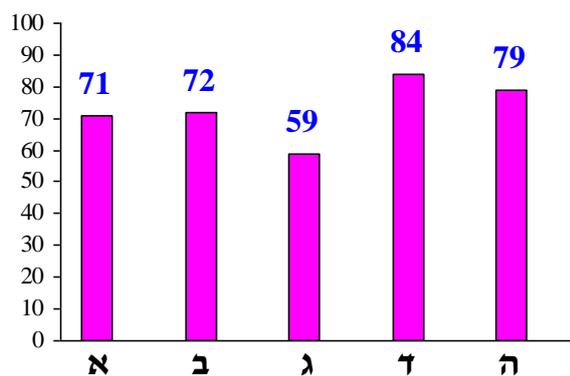
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 10% מהתלמידים



ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 72

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לציין מאפייני מבנה של מולקולות צבען.
- לקשר בין צבע החומר לבין ספקטרום הבליעה של החומר.
- לקבוע באיזה אורך גל יש להאיר את מולקולות הצבען כדי לגרום לעירור אלקטרוני שלהן.
- לרשום היערכות אלקטרוניים במולקולת חמצן במצב אלקטרוני יסודי.
- לקשר בין אורך הגל של הקרינה ואנרגיית הפוטון של הקרינה - לחשב את אורך הגל כשנתונה אנרגיית הפוטון של הקרינה.
- לזהות תחומים של אורכי גל השייכים לאור הנראה, אולטרא-סגול ואינפרא-אדום.
- לקבוע סדר קשר במולקולה.
- לקבוע תחום אורכי גל שבהם מולקולות בולעות קרינה - בהתאם לנתונים.
- לקשר בין בליעת קרינה לבין עירור אלקטרוניים במולקולות.

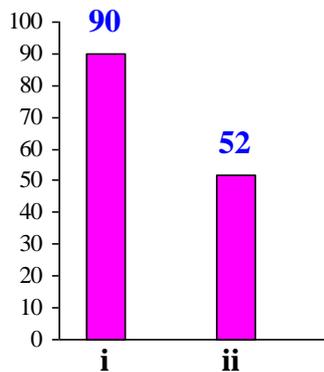
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

טיפול פוטודינמי באמצעות אור בתחום הנראה מאפשר להרוס גידולים סרטניים מסוימים, בלי ניתוח ובלי תופעות לוואי.

סעיף א' (הציון 71)



תת-סעיף i (הציון 90)

בשלב הראשון של הטיפול מזריקים לאזור הגידול הסרטני תרכובת פחמן צבעונית (צבֶּען) שהמולקולות שלה נקלטות בעיקר בתאים הסרטניים. ציין שני מאפייני מבנה של מולקולות הצבען.

התשובה:

- במולקולות יש קשרים כפולים מצומדים.
- במולקולות יש מספר רב של קשרים כפולים מצומדים (אז: כרומופור ארוך).

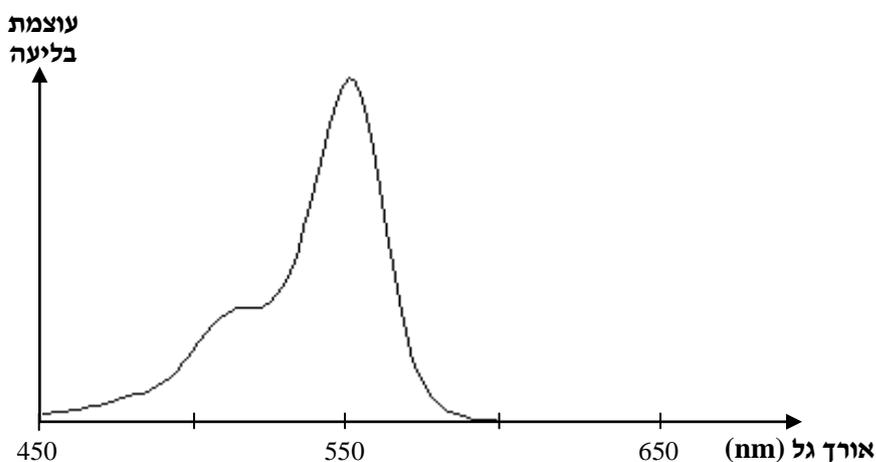
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לציין שני מאפייני מבנה. חלקם לא ידעו להבחין בכך שמדובר בשני מאפיינים וציינו אותם כמאפיין אחד.

תת-סעיף ii (הציון 52)

לפניך ספקטרום הבליעה של צבען שמשמשים בו בטיפולים מסוג זה. על פי ספקטרום הבליעה, קבע מהו הצבע של צבען זה. נמק.



התשובה:

קביעה: צבע אדום.

נימוק: הבליעה המקסימלית היא 550 nm (בקירוב), בתחום הירוק של האור הנראה. החומר מפזר אורות של שאר אורכי הגל בתחום האור הנראה, לכן צבע החומר נראה כמו הצבע המשלים בגלגל הצבעים, כלומר אדום.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך.

תלמידים רבים טעו וחשבו שאם הבליעה היא ב- 550 ננומטר הצבע שרואים הוא ירוק. תלמידים אלו בלבלו בין אור נבלע לאור מפוזר ואולי גם לאור נפלט.

המלצות

מומלץ מתחילת הוראת הנושא לחדד את ההבחנה בין ספקטרום פליטה, הנוצר בתהליך הפליטה ממקור אור, לבין ספקטרום בליעה, הנוצר בתהליך הבליעה של הקרינה על ידי צבען. מומלץ לתרגל עיבוד נתונים מתוך ספקטרום בליעה לעומת ספקטרום פליטה.

סעיף ב' (הציון 72)

בשלב השני של הטיפול מאירים את התאים הסרטניים, שקלטו את מולקולות הצבען, בקרינה באורך גל מתאים. מולקולות הצבען בולעות את הקרינה ועוברות עירור אלקטרוני. באיזה אורך גל, 543 nm או 650 nm , יש להאיר את מולקולות הצבען כדי לגרום לעירור אלקטרוני שלהן? נמק.

התשובה:

קביעה: 543 nm .

נימוק: על פי ספקטרום הבליעה, הצבען בולע קרינה בתחום הירוק. לכן יש להאיר באור הירוק - 543 nm (על פי הספקטרום, הצבען לא בולע כלל ב- 650 nm).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לקבוע באיזה אורך גל יש להאיר את מולקולות הצבען כדי לגרום לעירור אלקטרוני שלהן. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה - בלבול בין אורך הגל המוקרן (הנפלט) לבין הצבע המשלים בצבענים:

• "יש להאיר באורך גל 650 nm מפני שכדי שיגרום לעירור האלקטרוני צריך להאיר בצבע המשלים והוא האדום."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי. הסבר המתייחס לאנרגיה של הקרינה במקום לתחום הבליעה המתאים לצבען:

• "יש להאיר באור הירוק, 543 nm כי יש יחס הפוך בין אורך גל לאנרגיה, ולאורך גל 543 nm יש אנרגיה גבוהה יותר מאשר ל- 650 nm , לכן הוא יצליח לגרום לעירור."

היו תלמידים אשר קבעו נכון בסעיף א, אבל טעו בסעיף ב וציינו שיש להאיר באורך גל 650 nm .

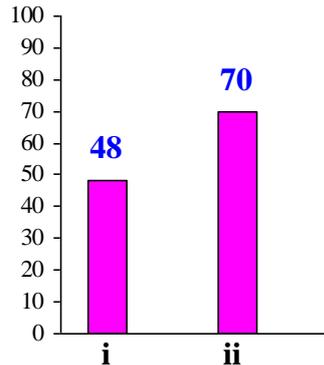
המלצות

במסגרת פעילות הערכה חלופית ניתן להציע לתלמידים להכין פוסטר מדעי דיגיטלי המקשר בין המושגים של העברה, בליעה ופליטה של אור ע"י התייחסות לצבעם של גופים מסוגים שונים.

הנחיות, פירוט ומידע בסיסי נמצא בהמלצות לנושא: כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה, לאחר ניתוח השאלות בנושא זה.

סעיף ג' (הציון 59)

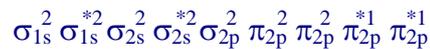
הקרינה הנפלטת ממולקולות הצבען המעוררות נבלעת על ידי מולקולות החמצן, O_2 , הנמצאות ברקמות. מולקולות חמצן אלה עוברות עירור. מולקולות החמצן המעוררות פועלות כחמצן חזק, ולכן הן הורסות את רקמות הגידול הסרטני שבסביבתן.



תת-סעיף i (הציון 48)

רשום את היערכות האלקטרונים במולקולת החמצן במצב אלקטרוני יסודי.

התשובה:



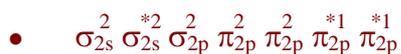
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. יותר ממחצית מהתלמידים לא הצליחו לרשום נכון את היערכות האלקטרונים במולקולת החמצן במצב אלקטרוני יסודי. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ♦ רישום של היערכות אלקטרונים ללא ההיערכות באורביטלים המנוונים:
 - $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^2 \pi_{2p}^{*2}$
 - ♦ רישום היערכות אלקטרונים באורביטלים אטומיים, ברוב המקרים היערכות שגויה:
 - $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^0$
 - ♦ רישום האורביטלים המולקולריים בלבד ללא האכלוס:
 - $\sigma_{1s} \sigma_{1s}^* \sigma_{2s} \sigma_{2s}^* \sigma_{2p} \pi_{2p} \pi_{2p}^* \pi_{2p}^*$

♦ רישום היערכות אלקטרוניים בדיאגרמה החל מ- σ_{2s} :



♦ רישום היערכות אלקטרוניים לפי הנלמד ברמה של 3 יחידות לימוד:



♦ רישום נכון של אכלוס אלקטרוניים, אבל בדיאגרמת רמות אנרגיה, ולאחר מכן העתקה שגויה להיערכות אלקטרוניים באורביטלים מולקולריים - ללא התייחסות לאורביטלים מנוונים.

המלצות

מומלץ לתרגל רישום של היערכות אלקטרוניים לאטומים בודדים ולמולקולות בהתאם לאכלוס בדיאגרמות המתאימות.
מומלץ להדגיש את קיומם של שני האורביטל ים המולקולאריים הראשונים, למרות שאינם מופיעים בדיאגרמה.

תת-סעיף ii (הציון 70)

ציין את אורביטלי ה-HOMO וה-LUMO בהיערכות האלקטרוניים במולקולת חמצן במצב אלקטרוני יסודי.

התשובה:

HOMO - שני אורביטלי π_{2p}^*

LUMO - σ_{2p}^*

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

ניתוח טעויות אופייניות

במקרים רבים אובחנה טעות נגררת לפי רישום האורביטלים בסעיף קודם גם כאשר הרישום התייחס לאורביטלים אטומיים.
דוגמאות:

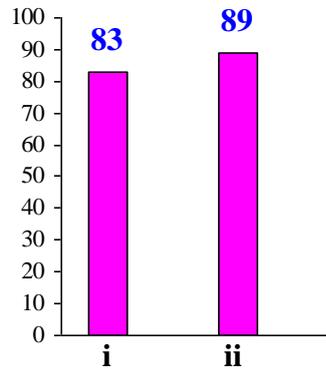
• σ_{2p}^* - HOMO π_{2p}^* - LUMO

• π_{2p} - HOMO π_{2p}^* - LUMO

• $2p_x^2 2p_y^2 2p_z^0$ - HOMO $1s^2 2s^2$ - LUMO

• $\sigma_{1s} \sigma_{2s} \sigma_{2p} \pi_{4p}$ - HOMO $\sigma_{1s}^* \sigma_{2s}^* \sigma_{4p}^* \sigma_{2p}^*$ - LUMO

סעיף ד' (הציון 84)



תת-סעיף i (הציון 83)

האנרגיה הדרושה לעירור מולקולה אחת של חמצן היא $1.566 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
חשב את אורך הגל של הקרינה המתאימה לעירור של מולקולת חמצן. פרט את חישוביך.

התשובה:

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

$$\lambda = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec} \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{1.566 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 1.27 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1270 \text{ nm}$$

$$(E_{\text{eV}} = \frac{1240}{\lambda_{\text{nm}}} \quad \lambda_{\text{nm}} = \frac{1240}{E_{\text{eV}}})$$
$$1.566 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0.97875 \text{ eV}$$

אנ:

$$\lambda_{\text{nm}} = \frac{1240}{0.97875 \text{ eV}} = 1267 \text{ nm}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים לא התקשו לקשר בין אורך הגל של הקרינה ואנרגיית הפוטון של הקרינה - לחשב את אורך הגל כשנתונה אנרגיית הפוטון של הקרינה. טעויות שאותרו הן:

- טעויות חישוב.
- אי התאמת יחידות, בעיקר טעויות במעבר היחידות ממטרים לננומטרים.

תת-סעיף ii (הציון 89)

קבע אם הקרינה באורך הגל שחישבת בתת-סעיף d היא בתחום האולטרה סגול, בתחום הנראה או בתחום האינפרא אדום.

התשובה:

בתחום האינפרא אדום.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את תחום הקרינה - בהתאם לנתונים.

סעיף ה' (הציון 79)

קבע עבור כל אחד משלושת ההיגדים c-a שלפניך אם הוא נכון או לא נכון.

- a סדר הקשר במולקולת חמצן במצב אלקטרוני יסודי הוא 1.
- b מולקולות החמצן בולעות קרינה בתחום הנראה.
- c בעת בליעת הקרינה בתחום הנראה, אלקטרונים במולקולות הצבען עוברים מאורביטל ה-HOMO לאורביטל בעל אנרגיה גבוהה יותר.

התשובה:

קביעות:

היגד a - לא נכון

היגד b - לא נכון

היגד c - נכון

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים הצליחו לקבוע אם ההיגדים נכונים או לא נכונים. כמעט ולא הופיעו טעויות בקביעה לגבי היגד c. הטעויות שאותרו:

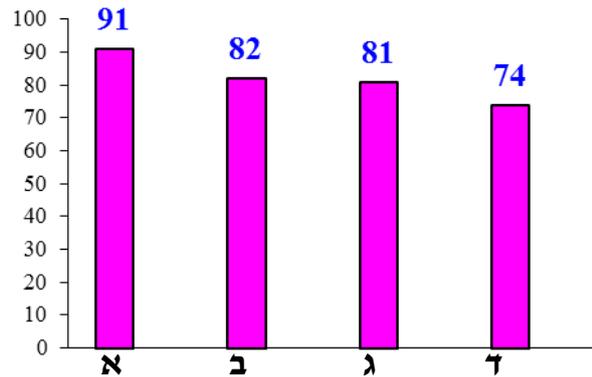
טעויות בקביעה לגבי היגד a, כתוצאה מטעויות בחישוב סדר הקשר במולקולות החמצן.

טעויות בקביעה לגבי היגד b, כתוצאה מקושי לקשר בין המידע המופיע בסעיפים קודמים לבין השאלה. חלק מהתלמידים לא הפעילו שיקול דעת בהבנה שאם האוויר מכיל חמצן ואנו לא רואים אותו, פירוש הדבר שאינו בולע קרינה בתחום האור הנראה.

שאלה 8

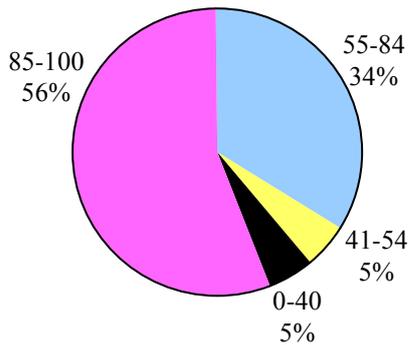
ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 82

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



פיזור ציונים

בחרו בשאלה 15% מהתלמידים



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לקבוע את צבע האור הנראה לעין על פי אורך הגל הנתון בספקטרום פליטה.
- לקשר בין אורך הגל של הקרינה ואנרגיית הפוטון של הקרינה - לחשב את אנרגיית הפוטון של הקרינה כשנתון אורך גל.
- לקשר בין תדירות הקרינה לאורך הגל של הקרינה - לחשב את אורך הגל של הקרינה כשנתונה תדירות הקרינה.
- לקשר בין אורך הגל של הקרינה הנפלטת לצבע האור הנראה לעין.
- לרשום היערכות אלקטרוניים של אטום במצב יסודי ושל אטום במצב מעורר.
- לבחור בשלוש דיודות פולטות אור שמחיבורן תתקבל נורה המאירה באור לבן - על פי צבעי היסוד של האור: אדום, ירוק וכחול.
- להסביר את המבנה הבסיסי של דיודה פולטת אור ואת אופן פעולתה.
- לנתח ספקטרום בליעה נתון כדי לקבוע אם הוא מתאים לחומר מסוים על פי צבע האור שנבלע על ידי החומר.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

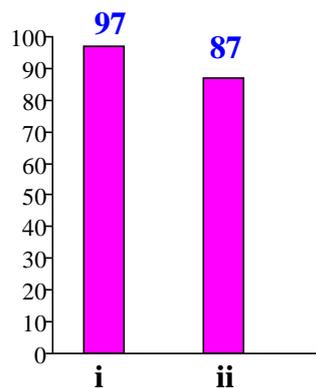
השאלה עוסקת בקרינה הנפלטת מנורות שונות.

סעיף א' (הציון 91)

נורות כספית שימשו בעבר להארה בפנסי רחוב.

שני הקווים העיקריים בספקטרום הפליטה של נורת כספית בתחום הנראה הם באורכי גל:

466 nm ו- 546 nm .



תת-סעיף i (הציון 97)

קבע עבור כל אחד מאורכי הגל בספקטרום הפליטה מהו צבע האור הנראה לעין.

התשובה:

$\lambda = 466 \text{ nm}$ - כחול.

$\lambda = 546 \text{ nm}$ - ירוק.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים לא התקשו לקבוע את צבע האור הנראה לעין על פי אורך גל בספקטרום הפליטה.

אותרו טעויות בודדות:

קביעה כי מתקבל הצבע המשלים על פי גלגל הצבעים.

• "466 nm הצבע הנראה לעין, בבליעת אורך גל זה הוא כתום"

• "546 nm הצבע הנראה לעין, בבליעת אורך גל זה הוא אדום"

המלצות

מומלץ להדגיש לתלמידים את ההבדלים בין תהליך פליטה לבין תהליך בליעה, כולל את ההבדל בין גופים מאירים מסוגים שונים (שמש, נר, נורת ליבון, נורת פלואורסנט, נורת הלוגן, נורת מימן ועוד) פולטים אור, לבן או צבעוני. אנו רואים את הקרינה באורכי הגל שהגוף המאיר פולט. לעומת זאת כאשר אנו רואים חפצים צבעוניים, שמכילים חומר צבעוני, שנקרא צבען (פיגמנט). חומר זה בולע קרינה בחלק מאורכי הגל של האור הנראה. אורכי הגל שאינם נבלעים מפוזרים לכל הכיוונים ומגיעים גם לעינינו. אנו רואים את החפץ בצבע, המתאים לאורכי הגל שבהם הקרינה פוזרה והגיעה לעינינו, שהוא בעצם הצבע המשלים בגלגל הצבעים.

תת-סעיף ii (הציון 87)

חשב את אנרגיית הפוטון המתאימה לכל אחד משני אורכי הגל הנתונים. פרט את חישוביך.

התשובה:

אנרגיית הפוטון המתאימה לאורך גל 466 nm:

$$(E = \frac{hc}{\lambda})$$
$$E = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec} \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{466 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 4.27 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$(E_{\text{eV}} = \frac{1240}{\lambda_{\text{nm}}}) \quad E_{\text{eV}} = \frac{1240}{466 \text{ nm}} = 2.66 \text{ eV}$$

א:

אנרגיית הפוטון המתאימה לאורך גל 546 nm :

$$E = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec} \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{546 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 3.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{eV}} = \frac{1240}{546 \text{ nm}} = 2.27 \text{ eV}$$

או :

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

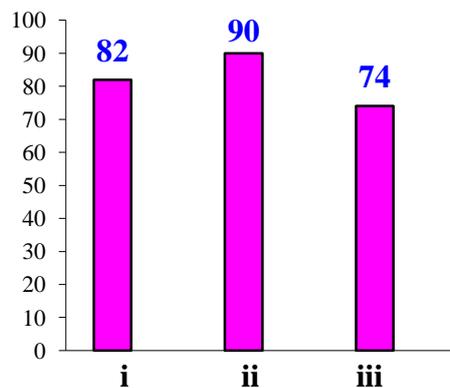
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקשר בין אורך הגל של הקרינה ואנרגיית הפוטון של הקרינה - לחשב את אנרגיית הפוטון של הקרינה כשנתון אורך גל. הטעויות המעטות שאותרו :

- אי התאמת יחידות - במעבר מננומטר למטר.
- אי רישום יחידות.

סעיף ב' (הציון 82)

יש שלטי פרסומת מאירים שהם נורות שבהן אטומי ניאון מעוררים. שתיים מהתדירויות העיקריות של הקרינה הנפלטת משלט ניאון מאיר הן : $4.83 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, $4.27 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$



תת-סעיף i (הציון 82)

באיזה צבע נראה לעין שלט ניאון מאיר : אדום או כחול? פרט את חישוביך, ונמק.

התשובה:

קביעה:

שלטי ניאון מאירים נראים לעין בצבע אדום (אנ: כתום).

נימוק: כי אורכי גל אלה הם בתחום האור האדום (אנ: כתום) - על פי גלגל הצבעים.

חישובים:

$$\left(\lambda = \frac{c}{\nu}\right)$$
$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{4.81 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{sec}}} = 0.621 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 621 \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{4.27 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{sec}}} = 0.703 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 703 \text{ nm}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים ידעו לקשר בין תדירות הקרינה לאורך הגל של הקרינה - לחשב את אורך הגל של הקרינה כשנתונה תדירות, ולקשר בין אורך הגל של הקרינה לצבע האור הנראה לעין. הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא קביעה כי מתקבל הצבע המשלים על פי גלגל הצבעים - כחול:

- "צבע כחול מכיוון שתחומי ספקטרום הפליטה מתקרבים יותר לצבע כחול שהוא 492-455 nm."

תת-סעיף ii (הציון 90)

רשום את היערכות האלקטרונים באטום ניאון במצב אלקטרוני יסודי.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את היערכות האלקטרונים באטום ניאון במצב אלקטרוני יסודי. הטעויות האופייניות שאותרו:

רישום נוסחאות שגויות:

- $1s^2 2s^2 3s^2 3p^1_x 3p^1_y 3p^1_z$

- ◆ רישום היערכות לפי הנלמד ברמה של 3 יחידות לימוד :
- Ne (2) 6
- ◆ רישום נוסחת ייצוג אלקטרונית במקום היערכות אלקטרוניים של אטום במצב אלקטרוני יסודי.

תת-סעיף iii (הציון 74)

רשום אפשרות אחת להיערכות האלקטרוניים באטום ניאון במצב אלקטרוני מעורר.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו ברישום היערכות האלקטרוניים באטום ניאון במצב אלקטרוני מעורר. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ רישום היערכות אלקטרוניים ביון שלילי במקום באטום במצב אלקטרוני מעורר :
- $1s^2 2s^2 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$
- $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$
- ◆ רישום נוסחת ייצוג אלקטרונית במקום היערכות אלקטרוניים באטום במצב אלקטרוני מעורר.

המלצות

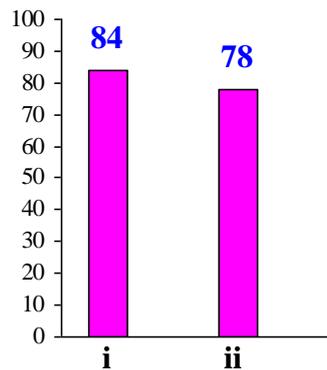
מומלץ לתרגל רישום היערכות אלקטרוניים באטומים במצב אלקטרוני יסודי ובמצב אלקטרוני מעורר.

סעיף ג' (הציון 81)

נורות חסכוניות מסוימות, הפולטות אור לבן, מיוצרות על ידי חיבור שלושה סוגים שונים של דיודות פולטות אור (LED).

בטבלה שלפניך נתונים אורכי הגל של הקרינה שנפלטת מחמש דיודות פולטות אור.

מספר הדיודה הפולטת אור	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
אורך גל (nm)	390	480	500	650	810



תת-סעיף i (הציון 84)

בחר מהטבלה שלוש דיודות פולטות אור שמחיבורן תתקבל נורה המאירה באור לבן. נמק את בחירתך.

התשובה:

קביעה: (2), (3), (4)

נימוק: כדי לקבל נורה המאירה באור לבן יש לחבר שלוש דיודות פולטות אור: הדיודה הפולטת אור אדום, הדיודה הפולטת אור ירוק, הדיודה הפולטת אור כחול. (אדום, ירוק וכחול הם שלושת צבעי היסוד של האור).
לכן שלוש הדיודות שאפשר לחבר הן (2), (3), (4).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים בחרו נכון בשלוש דיודות פולטות אור שמחיבורן תתקבל נורה המאירה באור לבן - על פי צבעי היסוד של האור: אדום, ירוק וכחול.
הטעות האופיינית היא קביעה שגויה וניסיון להנמקה:

- "שלוש הדיודות הן 3, 4, 5. אורות שנפליטים באורכי גל שלפי גלגל הצבעים נמצאים זה מול זה (3 ירוק ו-4 אדום), ומחיבורן הוא הצבע הלבן. אורך הגל 5 אינו בתחום הנראה, ולכן לא משפיע על צבעו. ולכן חיבור של שלוש דיודות אלה ייתן צבע לבן."

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים כי לאור שלושה צבעי יסוד: אדום, ירוק וכחול, שבעזרתם אפשר ליצור את כל צבעי האורות.

ניתן לתרגל זאת בעזרת הפעילות של מטח:

<http://science.cet.ac.il/science/colors/color2.asp>

תת-סעיף ii (הציון 78)

- לפניך שני היגדים a , b . קבע איזה היגד, a או b , הוא נכון. הסבר מדוע פסלת את ההיגד האחר.
- a בדיודות פולטות אור מתרחש בעת פעולתן מעבר אלקטרונים מפס ההולכה לפס הערכיות.
- b בדיודה (5) פער האנרגיה בין פס ההולכה לפס הערכיות הוא הגדול ביותר.

התשובה:

קביעה: היגד a - נכון.

הסבר: היגד b - אינו נכון. אורך הגל של האור הנפלט מדיודה פולטת אור (5) הוא הארוך ביותר. לכן פער האנרגיה בין פס ההולכה לפס הערכיות (אנ: פער האנרגיה האסור) הוא הקטן ביותר, כי יש יחס הפוך בין אורך גל לאנרגיה של הפוטון (אנ: על פי הנוסחה: $E = \frac{hc}{\lambda}$)

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

ניתוח טעויות אופייניות

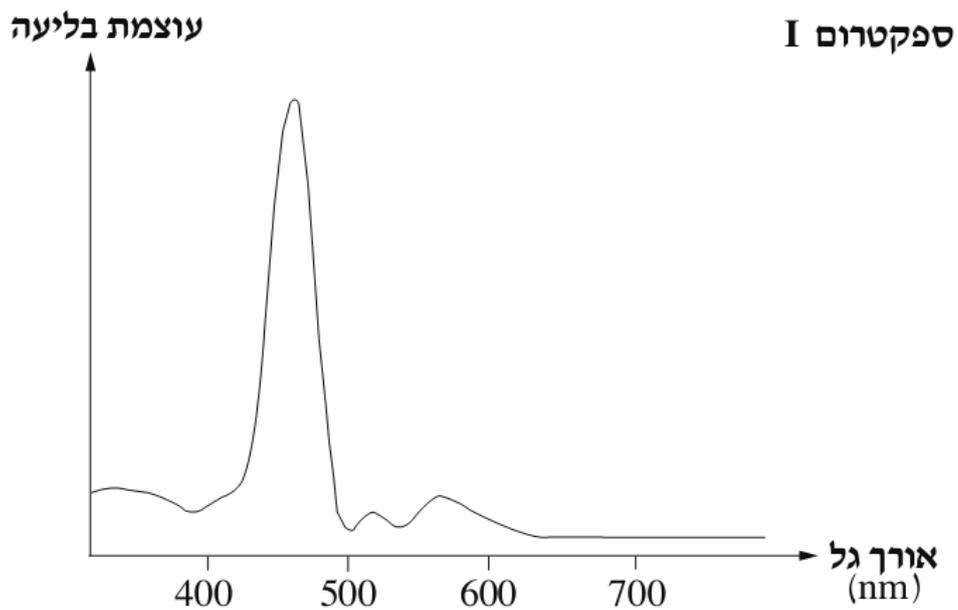
- הציון בינוני. רוב התלמידים הכירו את המבנה הבסיסי של דיודה פולטת אור ואת אופן פעולתה, אך חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות שאותרו:
- ♦ קביעה שגויה וניסיון להנמקה:
 - "b - נכון. a - היגד לא נכון, מכיוון שהתהליך הוא הפוך - אלקטרונים עוברים מפס הערכיות לפס ההולכה."
 - ♦ קביעה נכונה ונימוק שגוי:
 - "a - נכון. b - לא נכון, כי אורך הגל של האור הנפלט מדיודה פולטת אור (5) הוא הארוך ביותר, ולכן פער האנרגיה האסור הוא הגדול ביותר."

המלצות

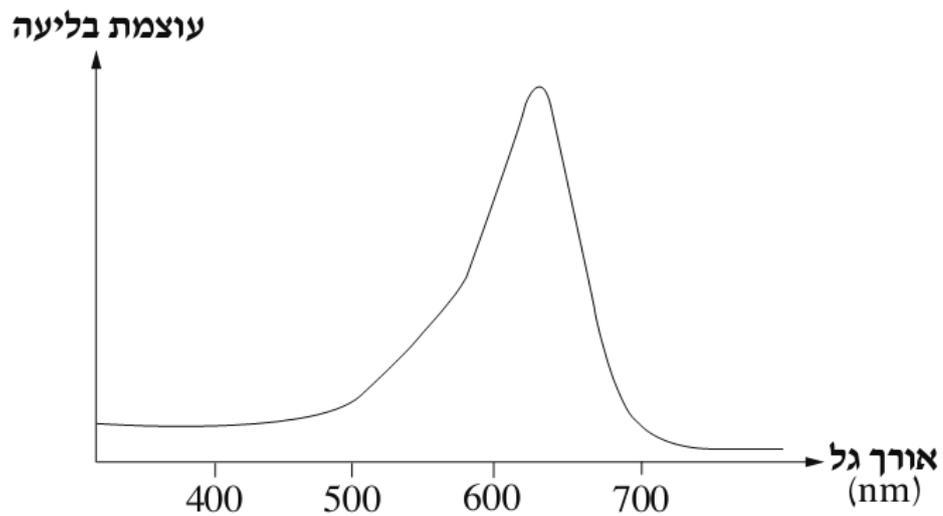
מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד פועלת דיודה פולטת אור ומהו הקשר בין האנרגיה לאורך גל של הקרינה (יחס הפוך). מומלץ לתרגל את השאלות בעמוד 101 - זמן תרגול 5, מספר הלימוד "כימיה מכול וחול, מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה", ד"ר עירית ששון, רותי שטנגר, פרופ' יהודית דורי, פרופ' אורי פסקין, הטכניון.

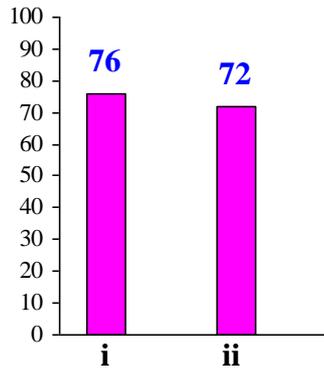
סעיף ד' (הציון 74)

בתנאים מתאימים אפשר לשמר מזון בלי חומרים משמרים, על ידי הקרנתו באור הנפלט מ-LED כחול. האור נבלע על ידי פוֹרְפִירִינִים, שהם תרכובות הנמצאות בתאי החיידקים. בליעת האור גורמת לשרשרת תגובות שבעקבותיהן נהרסים תאי החיידקים שבמזון.
לפניך שני ספקטרום:



II ספקטרום





תת-סעיף i (הציון 76)

קבע איזה משני הספקטרה הוא ספקטרום הבליעה של פורפירין. נמק.

התשובה:

קביעה: ספקטרום I.

נימוק: פורפירינים בולעים קרינה בתחום האור הכחול.

בספקטרום I הבליעה המקסימלית היא בתחום האור הכחול.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לנתח את ספקטרה הבליעה הנתונים כדי לקבוע איזה מהם מתאים לפורפירין - על פי צבע האור שנבלע על ידי הפורפירין. הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא קביעה שגויה הנובעת מהתייחסות לאור בצבע משלים כקובע את צבע החומר:

- "ספקטרום II מתאים לפורפירין, כיוון שפורפירין בולע צבע כחול. על מנת שתהיה בליעה של הצבע הכחול ספקטרום הבליעה צריך היות בתחום של הצבע הנגדי לכחול בגלגל הצבעים, ז.א. הכתום. ספקטרום II בולע בתחום הצבע הכתום ולכן הוא מתאים."
- "אור כחול נבלע על ידי פורפירין - נבלע באורך גל 455-492 nm (על פי גלגל הצבעים). פורפירין הוא "המשלים" של הצבע הכחול, לכן זהו הצבע הכתום. לבצע הכתום אורכי גל 597-622 nm."

תת-סעיף ii (הציון 72)

האם אפשר להשתמש ב-LED אדום לשימור מזון? נמק.

התשובה:

קביעה: לא.

נימוק: על פי ספקטרום I, פורפירינים אינם בולעים קרינה בתחום האור האדום.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא קביעה שגויה הנובעת מקריאה שגויה של הספקטרה:

"כן, על פי ספקטרום II פורפרין בולע צבע אדום."

המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושאי 30%

נושא בחירה: כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

ישומונים:

ניתן לתרגל חיבור אורות בעזרת הפעילות של מוח:

<http://science.cet.ac.il/science/colors/color2.asp>

מיקרוגל - סימולציה מבית היוצר של PhET. ישומון זה מאפשר לקבל המחשה של פעולת קרינה אלקטרומגנטית על אנרגית התנועה הרטציונית של מים. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=543&ArticleID=4388>

נורות ניאון ונורות פריקות אחרות - סימולציה מבית היוצר של PhET. מתאים מאוד להמחשה בפרק הראשון בנושא. מעבר רמות אלקטרוניות באטומים בודדים ובאטומים רבים, חזרה מרמה מעוררת לרמת היסוד. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=543&ArticleID=4392>

ראיית צבע - סימולציה מבית היוצר של PhET. הישומון מציג מנורות בצבעים שונים ומסננים בצבעים שונים. המחשה המאפשרת לשלב נורה אחת עם מסננים שונים. ניתן לשלב עם השאלות מסוג: באיזה צבע יראה חפץ כלשהו תחת מנורה. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=543&ArticleID=6709>

אינטראקציה בין קרינה לחומר - סימולציה מבית היוצר של PhET.

הקרנת מולקולות שונות באורכי גל שונים. ניתן לבחור במולקולות כמו: מים, פתמן דו-חמצני, פתמן חד חמצני, אמוניה, חנקן ועוד, והקרנתן ב-4 אורכי גל שונים: אור נראה, גלי המיקרו, אינפרא אדום ואולטרא סגול. ניתן לעקוב אחרי התנודות האופייניות לכל מולקולה. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=543&ArticleID=6736>

מוליכים למחצה - בישומון מהאתר של מכון דוידסון אפשר ללמוד על מבנה המוליך למחצה מבחינת סידור רמות האנרגיה ומעבר האלקטרונים בחומר. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=543&ArticleID=4090>

הערכה חלופית:

במסגרת פעילות הערכה חלופית ניתן להציע לתלמידים **להכין פוסטר מדעי דיגיטלי** המקשר בין המושגים של העברה, בליעה ופליטה של אור ע"י התייחסות לצבעם של גופים מסוגים שונים. הנחיות להכנת פוסטר דיגיטלי ודוגמת מחוון להערכה ניתן למצוא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=492&ArticleID=4662>

מידע בסיסי:

כלל העצמים הנקלטים על ידי העין שלנו מתחלקים לשניים: גופים מאירים (מקורות אור) וגופים אשר מגיע אליהם אור ממקור אור. ללא מקור אור, לא מתקיים תהליך ראייה. **גוף מאיר** - גוף אשר עבר עירור מסוג כלשהו - חשמלי, כתוצאה מתגובה כימית, עקב בליעת קרינה וכדומה. הגוף מאיר כתוצאה מתהליך פליטה, חלק מהאנרגיה נפלטת מהגוף בצורה קרינתית בתחום האור הנראה (אך לא רק בתחום זה). צבעו של הגוף הוא בתחום אורכי הגל הנפלט. ההבדל בין גוף מאיר לשאר הגופים הוא שאת הגוף המאיר ניתן לראות גם כאשר אין מקור אור פועל בקרבתו.

גופים אשר מגיע אליהם אור ממקור אור: כדי לראות גופים שאינם גופים מאירים נדרש מקור אור. האור המגיע נבלע, מועבר או מפוזר על ידי הגוף. גופים אלו נראים בעיקר בזכות התליך בליעה - לא של אור בתחום הנראה.

גוף שחור - בולע קרינה בכל אורכי הגל באור הנראה. שחור אינו צבע, הוא נראה על רקע צבעים אחרים.

גוף לבן אטום - מחזיר את כל הקרינה בתחום אורכי הגל של האור הנראה ויוצר במוחנו תחושה של צבע לבן (אין תהליך בליעה) באור נראה.

גוף צבעוני אטום - אינו מעביר גלי אור בתחום הנראה. הוא בולע חלק מאורכי הגל בתחום האור הנראה ומחזיר או מפזר את שאר אורכי הגל. השילוב שלהם יוצר במוחנו את הצבע של הגוף. בדרך כלל אנו עוסקים בגופים שבולעים קרינה בתחום מסוים של אורכי גל. שאר הצבעים מפוזרים ויוצרים במוחנו תחושת צבע של הצבע המשלים בגלגל הצבעים. קיימים גם מקרים שבהם הגוף בולע קרינה בתחום רחב של אורכי גל ומפזר אך ורק את הצבע הנקלט כצבע של הגוף.

גוף צבעוני שקוף - מעביר קרינה בתחום הנראה. הוא בולע חלק מאורכי הגל בתחום האור הנראה ומעביר את שאר אורכי הגל. השילוב שלהם יוצר במוחנו את הצבע של הגוף. בדרך כלל אנו עוסקים בגופים שבולעים קרינה בתחום מסוים של אורכי גל. שאר הצבעים עוברים (חלק מפוזרים) ויוצרים במוחנו תחושת צבע של הצבע המשלים בגלגל הצבעים.

גוף שקוף חסר צבע - מעביר את כל הקרינה בתחום האור הנראה. בולע בתחום שאינו נראה כגון אולטרא סגול או אינפרא אדום.

פעילות: אורביטלים מולקולריים ודיאגרמת רמות אנרגיה של מולקולה, מאת מיכל ברונשטיין-טוחן
בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ ופרופ. יהודית דורי, הטכניון. (המצגת היא בהשראת מצגות של רותי שטנגר וירדן קדמי). שתי פעילויות מתוקשבות מודרכות, מבוססות על סימולציות של יצירת אורביטלים מולקולריים ודיאגרמת רמות אנרגיה של מולקולה. מצגת מוערת קצרה על אורביטלים מולקולריים. בתחתית כל שקף (בחלק של ההערות) יש הרחבה והסבר למורה. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=6338>

כתבות

כתבה "סוג חדש של מוליך-למחצה"

מוליכים למחצה הינם אבני הבניין של האלקטרוניקה המודרנית. ביישומן הזה תוכלו ללמוד על מבנה המוליך למחצה מבחינת סידור רמות האנרגיה ומעבר האלקטרונים בחומר. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=5262>

כתבה "האם תם עידן הסיליקון? טרנזיסטורים בלי מוליכים למחצה"

צוות החוקרים הצליח לפתח משטחים של ננו-שפופרות בור ניטריד שהיו חומרים מבודדים ולפיכך יכלו להיות עמידים במיוחד לזרם חשמלי. הם התחילו להעביר זרם חשמלי באופן סלקטיבי כשהוספו להם ננו נקודות זהב. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

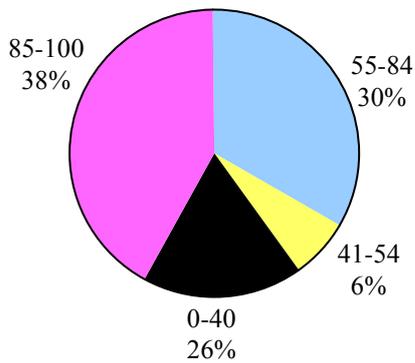
<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4484>

כימיה אורגנית מתקדמת

שאלה 9

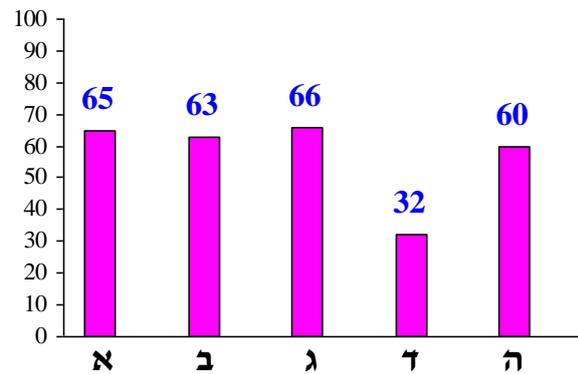
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 3% מהתלמידים



ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 60

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לקבוע את סוג המנגנון בתגובות התמרה ואלמינציה על סמך המידע הנתון.
- לרשום נוסחאות מבנה לאלקן ולאתר.
- להסביר כיצד תוצרי תגובה מאפשרים לדרג חוזק של נוקלאופילים.
- לרשום מנגנון לתגובת אלימינציה.
- להסביר מדוע העלאת טמפרטורה גורמת להעדפת תגובת האלימינציה.
- להסביר את השפעת השינוי של ריכוז המגיב על קצב תגובה מסדר שני.
- לזהות נוקלאופיל נפחי ולקבוע שבנוכחותו מתרחשת רק אלימינציה.
- להסביר שיוני ברום הם נוקלאופיל חלש ולנסח תגובת התמרה בנוכחותם.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בתגובות של 2-כלורופרופאן, $\text{CH}_3\text{-CH(Cl)-CH}_3$, עם נוקלאופילים שונים.

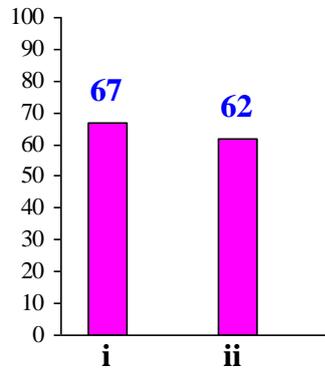
לכל אחד מארבעה כלים (1)-(4) הכניסו תמיסה של 2-כלורופרופאן בממס מתאים. הכלים מצויים באותה טמפרטורה.

לכל אחד מהכלים הוסיפו תמיסה של נוקלאופיל, והתרחשה תגובה. בטבלה שלפניך מוצג מידע על הממס, על הנוקלאופיל שהוסיפו לכל כלי ועל תוצרי התגובות.

תוצר/תוצרי התגובה*	נוסחת הנוקלאופיל	הממס	הכלי
A ו- B	CH_3O^-	מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	(1)
A בלבד	OH^-	מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	(2)
?	$(\text{CH}_3)_3\text{CO}^-$	t-בוטאנול, $(\text{CH}_3)_3\text{COH}_{(l)}$	(3)
C בלבד	Br^-	מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	(4)

* A, B, C הן אותיות המייצגות תרכובות שונות.

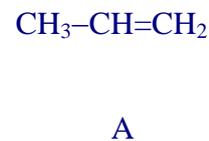
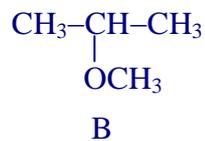
סעיף א' (הציון 65)



תת-סעיף i (הציון 67)

טמפרטורת הרתיחה של תוצר A נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של תוצר B.
רשום נוסחאות מבנה לשני התוצרים, A ו-B, בתגובה שהתרחשה בכלי (1).

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע את סוג המנגנון בתגובות התמרה ואלמינציה על סמך המידע הנתון ולרשום את נוסחאות התוצרים. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ רישום נכון של נוסחאות מבנה של אלקן ושל אתר, אך החלפה בין A ל-B. במקרה זה התלמידים הבינו שמדובר הן בתגובת התמרה והן בתגובת אלמינציה, אך לא שמו לב או לא הבינו את משמעות המידע אודות טמפרטורת הרתיחה של שני התוצרים.
- ♦ רישום נוסחת מבנה שגויה של תוצר B:

- $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3\text{O}$
- $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CHCl})\text{CH}_3$

- ◆ קביעה שתוצר A הוא כוהל. הסיבה לכך היא כנראה התייחסות לכלי (2) שבו הנוקלאופיל הוא יון הידרוקסיל והוא זה שהתמיר את יון הכלור שעזב (זה כמובן גרר שגיאה בקביעת המנגנון בסעיף הבא, שבו התלמידים לא התבקשו לנמק). שגיאה זו היא תוצאה של הבנה שגויה של הנתונים בשאלה (תלמידים מתורגלים בתרגילים רבים להתייחס ליון ההידרוקסיד כמתמיר יותר מבסיס).

המלצות

מומלץ לחזור על חומר מכיתה י"א, שאולי קצת נשכח, בנושא של מבנה וקישור, הן בהקשר של תכונות חומרים והן בהקשר של קשרים קוולנטיים - בין אילו אטומים נוצרים קשרים, מספר הקשרים שאטום יכול ליצור.

מומלץ לעזור לתלמידים לשפר את הבנת הנקרא - לתרגל שימת לב לנתונים ולמשמעותם ושימת לב לשאלה - מה בדיוק נדרש בה.

כדאי לתרגל השואה בין המנגנונים המתחרים, תוך שימת לב להבדלים בתנאים, ושילובים שונים של תנאי התגובה.

תת-סעיף ii (הציון 62)

ציין באיזה מנגנון התקבל כל אחד משני התוצרים בכלי (1).

התשובה:

תוצר A - E2

תוצר B - S_N2

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

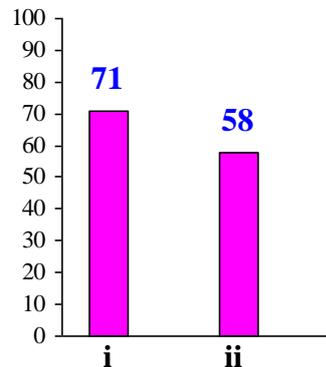
ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים קבעו נכון שתוצר A התקבל במנגנון E2, אך קבעו שתוצר B התקבל במנגנון S_N1, ויש ששגו גם בקביעת המנגנון לקבלת A וקבעו לגביו מנגנון S_N2.

המלצות

מומלץ לחדד את ההבדלים בתנאים להתרחשות התמרה בשני המנגנונים. גם כאן יש צורך בתרגול של מיומנות ההשוואה בין המנגנונים המתחרים.

סעיף ב' (הציון 63)



תת-סעיף i (הציון 71)

בממס מתאנול, יוני $\text{OH}^- (\text{CH}_3\text{OH})$ הם בסיס חזק מיוני $\text{CH}_3\text{O}^- (\text{CH}_3\text{OH})$.
הסבר כיצד אפשר להסיק זאת לפי המידע על התגובות בכלים (1) ו-(2).

התשובה:

(לתגובת האלימינציה דרוש בסיס חזק.)

בנוכחות יוני $\text{OH}^- (\text{CH}_3\text{OH})$ מתרחשת תגובת אלימינציה בלבד, בעוד שבנוכחות יוני $\text{CH}_3\text{O}^- (\text{CH}_3\text{OH})$ מתרחשת גם תגובת התמרה וגם לתגובת אלימינציה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הסבירו נכון כיצד תוצרי תגובה מאפשרים לדרג חוזק של נוקלאופילים, אך חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ חזרה על הנתונים במקום הסבר:
- "מכיוון שהתוצר הוא A בלבד."
- "אפשר להסיק זאת משום שבתגובה בכלי (1) התקבלו שני תוצרים ובכלי (2) רק תוצר אחד."
- ♦ הסבר לא רלוונטי. היו תלמידים שהסבירו מדוע בממס מתאנול יוני ההידרוקסיד הם בסיס חזק ו/או יוני מתוקסיד הם בסיס חלש - על סמך קשרי המימן שהם יוצרים עם הממס, על סמך מבנה היון מבחינת חלק הידרופובי, ענן אלקטרוני וכדומה, ללא התייחסות לנתונים בטבלה:
- "OH⁻ בסיס חזק מ-CH₃O⁻ בממס מתאנול, מכיוון שהם קושרים יותר קשרי מימן עם הממס הפרוטי, וכך נפגעת ההתקפה הנוקלאופילית שלהם, אבל יכולים לתקוף מימן חומצי באלקיל הליד."

- "ליוני CH_3O^- יש חלק הידרופובי, לחלק זה ענן אלקטרוניים גדול יחסית וקשה לו לתקוף את האלקיל הליד."

המלצות

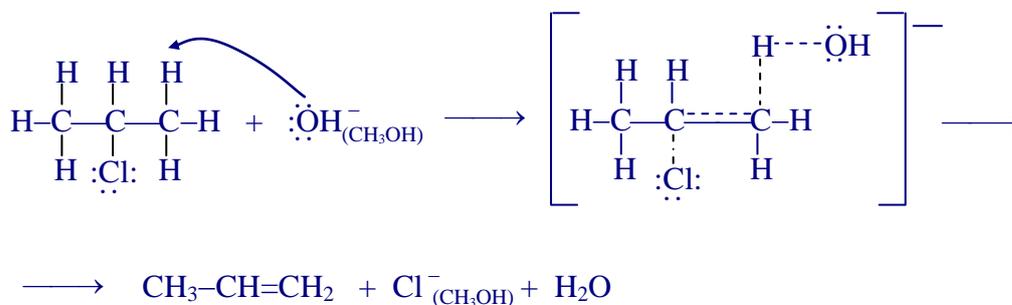
גם כאן נראה שעיקר הבעיה היא אוריינות - הבנת הנקרא, הבנת השאלה, הבנת משמעות הנתונים. חלק מהתלמידים מתקשים להסביר על פי הבנת הנקרא. הם רגילים לתת הסברים לתשובות שלהם באופן כללי, אך מתקשים לבחור הסבר ממוקד מנתון מסוים, על סמך תוצאה של ניסוי למשל. מומלץ לערוך עם התלמידים טבלה שבה ירשמו בטור אחד את הנתונים בשאלה ובטור השני את המשמעות - מה אני מסיק מהנתון. לדוגמה:

הנתון	המסקנה / המשמעות
הכלים מצויים באותה טמפרטורה	הטמפרטורה איננה הגורם להבדל בין הכלים
בכלי (1) התקבלו שני תוצרים	בכלי זה התרחשו שתי תגובות שונות

תת-סעיף ii (הציון 58)

רשום את המנגנון של התגובה שהתרחשה בכלי (2).

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך, בעיקר לנוכח העובדה שרישום מנגנונים הוא די טכני ושאלות כאלה חוזרות על עצמן שנה אחר שנה. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ רישום שגוי של מצב המעבר מבחינת הקשרים שנוצרים ושניתקים.
- ♦ רישום מצב המעבר ללא סוגריים מרובעים.
- ♦ אי ציון זוגות האלקטרוניים הלא קושרים, הן בנוקלאופיל התוקף, הן על הקבוצה העוזבת והן במצב המעבר.

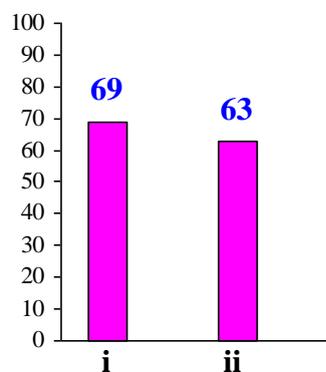
- ♦ אי ציון המים ו/או יוני הכלור כתוצרים נוספים בתהליך.
- ♦ אי ציון הממס ליד היונים.

המלצות

הציון הנמוך בכתיבת המנגנון קצת מפתיע ומראה שחסר תרגול ברמה הטכנית. מומלץ בזמן התרגול להקפיד על כל הפרטים הנדרשים.

סעיף ג' (הציון 66)

לפניך שני היגדים ii-i. קבע עבור כל היגד אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 69)

העלאת הטמפרטורה בכלי (1) גורמת להגדלת האחוז של תוצר A בתערובת התגובה.

התשובה:

קביעה: נכון.

נימוק: לתגובת האלימינציה יש אנרגיית שפעול גבוהה יותר מתגובת ההתמרה (כי, בין היתר, בתגובת האלימינציה ניתקים יותר קשרים קוולנטיים מאשר בתגובת התמרה). עקב העלאת הטמפרטורה מועדפת תגובת האלימינציה (א): תגובת האלימינציה מתרחשת במידה רבה יותר) ואחוז התוצר A (א): האלקן) בתערובת התוצרים גדל.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו להסביר מדוע העלאת הטמפרטורה גורמת להעדפת תגובת האלימינציה. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ קביעה נכונה ללא נימוק.
- ♦ קביעה שגויה ללא נימוק.

- ◆ קביעה שגויה וניסיון לנמקה :
- "העלאת הטמפרטורה תגרום להגדלת קצב התגובה, אך אין לכך השפעה על אחוז/סוג התוצר שמתקבל."

המלצות

- מומלץ להדגיש לתלמידים שלטמפרטורה יש השפעה כפולה :
- קצב התגובות (שתי התגובות מתרחשות מהר יותר בטמפרטורה גבוהה יותר).
- תגובת אלימינציה מועדפת בשל הבדל באנרגיית השפעול.

תת-סעיף ii (הציון 63)

הגדלת הריכוז של יוני OH^- (CH_3OH) בכלי (2) גורמת להגדלת קצב התגובה.

התשובה:

קביעה: נכון.

נימוק: קצב תגובת האלימינציה במנגנון E2 תלוי גם בריכוז האלקיל הליד (א): החומר המותקף) וגם בריכוז הנוקלאופיל.
 $v = k[\text{RCI}][\text{OH}^-]$ (א: זאת תגובה מסדר שני).
 לכן הגדלת הריכוז של הנוקלאופיל תגרום להגדלת קצב התגובה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. רוב התלמידים קבעו שההיגד נכון, אך חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר את השפעת השינוי של ריכוז המגיב על קצב תגובה מסדר שני.
- הטעויות האופייניות שאותרו :
- ◆ קביעה נכונה ללא נימוק.
 - ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק שאינו כולל התייחסות לתגובה מסדר שני, אלא רק אמירה כללית שהעלאת ריכוז המגיב מעלה את קצב התגובה.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים מהו ההבדל בין מנגנון מסדר ראשון למנגנון מסדר שני (הן בתגובות התמרה והן בתגובת אלימינציה) מבחינת ההשפעה של שינוי הריכוז של כל אחד משני המגיבים על קצב התגובה, ומה המשמעות של תגובה חד שלבית ותגובה רב שלבית.

הנושא קצב תגובה נלמד בחלק מהכיתות בכיתה י"א, ולכן בתחילת הוראת כימיה אורגנית יש צורך לערוך חזרה מעמיקה בנושא.

סעיף ד' (הציון 32)

רשום את נוסחת המבנה לתוצר / לתוצרים של התגובה שהתרחשה בכלי (3).

התשובה:

(התקבל תוצר A בלבד.)

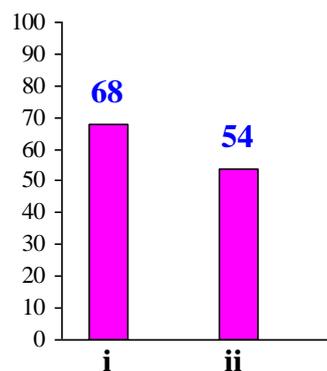


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך ביותר. תלמידים רבים דילגו על סעיף זה. חלק ניכר מהתלמידים שענו רשמו תוצר של התמרה, אחרים רשמו שני תוצרים - גם של התמרה וגם של אלימינציה. כמו כן הופיעו טעויות נוספות שונות כגון: נוסחת קטון, נוסחת t-בוטאנול ועוד.

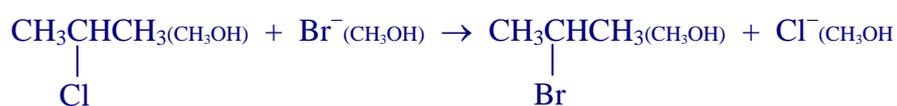
סעיף ה' (הציון 60)



תת-סעיף i (הציון 68)

נסח את התגובה שהתרחשה בכלי (4).

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. למרות שהשאלה נראית די פשוטה, הופיעו לא מעט טעויות.

הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ כתיבת מנגנון (נכון או שגוי).
 - ♦ רישום נוסחת התוצר בלבד, ללא תגובה.
 - ♦ אי רישום הממס ליד האלקיל הליד המגיב ו/או התוצר ו/או ליד היונים התוקפים ו/או העוזבים.
 - ♦ ניסוח תגובה ללא האלקיל הליד נתון:
- $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)} + \text{Br}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{Br}_{(l)} + \text{OH}^-$

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים את רישום התגובות השונות והמנגנונים המתאימים. מומלץ להיעזר בתרגילים הנמצאים בטבלת מיפוי של חומרי למידה, באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=428>

הנושא: כימיה אורגנית מתקדמת; כותרת: דפי עבודה ומבחנים; קבצים: תרגילים לפרקים א', ב', ג' מאת ידידה גוטליב.

תת-סעיף ii (הציון 54)

הסבר מדוע בכלי (4) לא התקבל תוצר A.

התשובה:

יוני Br^- (CH_3OH) הם נוקלאופיל חזק (בעלי יכולת גבוהה לקיטוב עצמי) ובסיס חלש. בנוכחות יונים אלה לא מתרחשת כלל תגובת אלימינציה, ולכן לא מתקבל התוצר A. א: בנוכחות יונים אלה מתרחשת תגובת התמרה בלבד, ולכן לא מתקבל התוצר A (שנוצר בתגובת אלימינציה).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לנמק, למרות שנתוני השאלה מביאים לקביעה שמתרחשת התמרה ויוני הברום מחליפים את יוני הכלור העוזבים.

הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ הסברים חלקיים:
- "לא התקבל תוצר A מפני שהתגובה היא עם יוני ברום."

- "יוני ברום הם נוקלאופיל חזק ובסיס לוואיס חלש."
- ♦ חוסר הבנה של ההבדל בין תגובה שונה (שבה נוצר תוצר שונה) לבין מנגנון שונה (בו נוצר תוצר זהה בדרך אחרת):
- "תוצר A מתקבל במנגנון S_N2 המתאים לנוקלאופיל חזק. Br^- הוא נוקלאופיל חלש המתאים למנגנון S_N1 ולכן יתקבל תוצר שונה."
- ♦ טעות בקביעת הנוסחה של A הובילה להסבר פשטני שכאשר הנוקלאופיל בתגובת התמרה שונה כמובן מתקבל תוצר שונה.

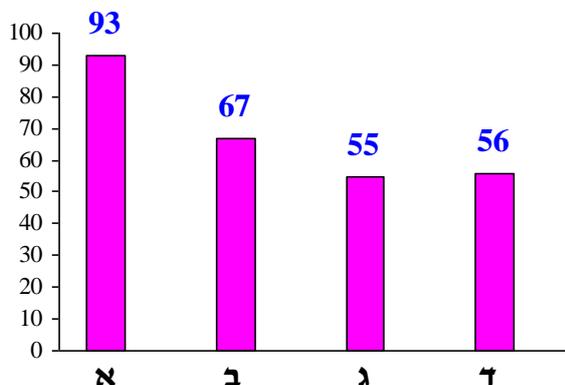
המלצות

מומלץ לעבוד עם התלמידים על כתיבת הסברים מלאים ומדויקים. מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות שבהן יש להבחין בין תגובות שונות לבין מנגנונים שונים של אותה תגובה. בתרגול ההשוואה בין המנגנונים המתחרים יש צורך להתעכב על כל גורם בנפרד ולאחר מכן להשתמש בטבלה המסכמת את ההשוואה.

שאלה 10

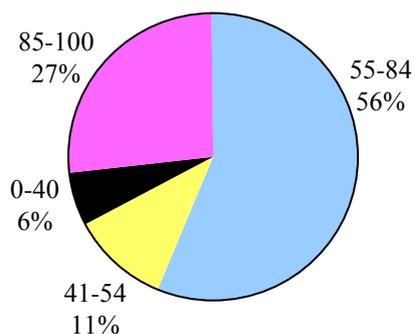
ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 69

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



פיזור ציונים

בחרו בשאלה 7% מהתלמידים



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לזהות ממסים פרוטיים וא-פרוטיים קוטביים.
- להבחין בין ניסוח התגובה לניסוח מנגנון התגובה.
- להסביר באילו תנאים מתרחשות תגובות בכל אחד מן המנגנונים: E_2 , S_{N1} , S_{N2} .
- לנסח תגובת התמרה.
- לקבוע את מנגנון התגובה לפי המגיב והנוקלאופיל.
- להשוות בין ממסים שונים המשתתפים בתגובת S_{N2} .
- להסביר את השפעת הממס על נוקלאופילים שונים באותה תגובה.
- להשוות חוזק נוקלאופיל בממסים שונים בתגובת S_{N2} .
- לנסח מנגנון התגובה S_{N1} .
- להסביר את ההשפעה של ממסים שונים על קצב תגובת S_{N1} .

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בהשפעת הממס על תגובות ההתמרה של אלקיל הלידים.

סעיף א' (הציון 93)

לפניך רשימה של ארבעה ממסים:

אצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$, מים, $\text{H}_2\text{O}(l)$, מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}(l)$,

דו-מתיל פורמאמיד (DMF), $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}(\text{CH}_3)_2(l)$.

קבע אילו מבין הממסים הם ממסים פרוטיים ואילו מהם הם ממסים א-פרוטיים קוטביים.

התשובה:

מים ומתאנול - ממסים פרוטיים.

אצטון ו-DMF - ממסים א-פרוטיים קוטביים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

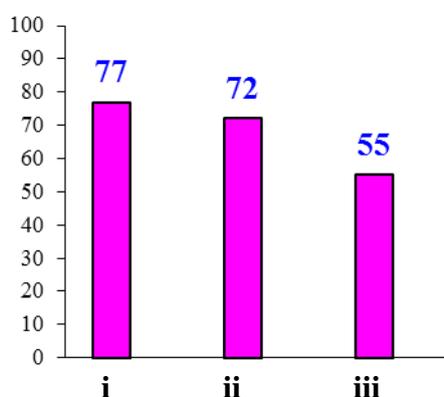
הציון גבוה מאוד, התלמידים הכירו את הממסים השונים וקבעו נכון אילו ממסים הם פרוטיים ואילו א-פרוטיים קוטביים. כמעט ולא אותרו טעויות.

פתיח לסעיפים ב-ד

בטבלה שלפניך מוצג מידע על זמני התגובה של מתיל יודי, CH_3I , עם יוני ברום, Br^- , בשני ממסים: מתאנול ו-DMF, ב- 25°C . הריכוז של כל אחד מהמגיבים היה שווה בשני הממסים.

הממס	מתאנול	DMF
זמן התגובה - הזמן הדרוש להתרחשות התגובה עד תום	12 שעות	8.7 שניות

סעיף ב' (הציון 67)



תת-סעיף i (הציון 77)

נסח את התגובה של מתיל יודי עם יוני $\text{Br}^-(\text{CH}_3\text{OH})$ בממס מתאנול.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ניסחו את התגובה, אך חלק מהתלמידים טעו.

הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ פירוק השלד הפחמני.
- ♦ אי רישום ממס ליוני ברום וליוני יוד.
- ♦ ניסוח מנגנון התגובה במקום ניסוח התגובה.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין ניסוח תגובה לניסוח מנגנון תגובה ולתרגל בכיתה את שתי האפשרויות.

תרגיל לדוגמה:

לפניך המגיבים של חמש תגובות:

- (1) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} + \text{OH}^-_{(\text{aq})} \rightarrow$
- (2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-_{(\text{aq})} \rightarrow$
- (3) $\text{CH}_3\text{CHClCH}_3 + \text{OH}^-(\text{CH}_3\text{SOCH}_3) \rightarrow$
- (4) $\text{CH}_3\text{CHClCH}_3 + \text{OH}^-_{(\text{aq})} \rightarrow$
- (5) $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)(\text{Cl})\text{CH}_3 + \text{NH}_3_{(\text{aq})} \rightarrow$

א. לכל אחת מהתגובות רשום את ניסוח התגובה העיקרית המתרחשת בין המגיבים. ציין את הנוקלאופיל ואת הקבוצה העוזבת.

ב. לכל אחת מהתגובות רשום את מנגנון התגובה, כולל מצב המעבר או תוצר הביניים.

תת-סעיף ii (הציון 72)

באיזה מנגנון מתרחשת תגובה זו?

התשובה:

$\text{S}_{\text{N}}2$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לזהות את סוג המנגנון וכתבו:

• E2

• $\text{S}_{\text{N}}1$

המלצות

מומלץ להיעזר בדגם הוראה בנושא השוואה המוצע בנושא זיהוי תגובות התמרה ואלימינציה: תגובות כימיות לזיהוי חומרי נפץ, תגובות התמרה ואלימינציה, שפיתחו אריאל וינר, ד"ר רחל צימרוט וחייה פרומר. הדגם נמצא בטבלת מיפוי של חומרי למידה, באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=428>

הנושא: כימיה אורגנית מתקדמת; כותרת: דפי עבודה ומבחנים.

תת-סעיף iii (הציון 55)

הסבר מדוע זמן התגובה בממס מתאנול ארוך מזמן התגובה בממס DMF.

התשובה:

בין מולקולות המתאנול, שהוא ממס פרוטי, נוצרים כוחות משיכה חזקים יחסית (א: קשרי מימן) עם יוני הברום (א: עם הנוקלאופיל).

סביב כל אחד מיוני הברום נוצרת מעטפת של מולקולות מתאנול אשר (גורמת למיסוך) מחלישה את יכולת ההתקפה של יוני הברום. לכן זמן התגובה במתאנול ארוך יותר (א: התגובה איטית יותר).

בין מולקולות ה-DMF, שהוא ממס א-פרוטי קוטבי, לא נוצרים כוחות משיכה חזקים יחסית (א: קשרי מימן) עם הנוקלאופיל, ולכן אינן מחלישות את הנוקלאופיל (באותה מידה). לכן יכולת ההתקפה של יוני הברום טובה יותר בממס DMF, וזמן התגובה קצר יותר (א: התגובה מהירה יותר).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר את השפעת הממס על קצב תגובה. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ תשובות חלקיות:
- "ממס פרוטי מחליש נוקלאופיל."
- "התגובה היא S_N2 ולכן DMF מועדף וזמן תגובה איתו מהיר יותר."
- ◆ חוסר הבחנה בין תפקיד הממס לתפקיד נוקלאופיל:
 - "DMF בסיס חלש יותר."
 - "DMF הוא נוקלאופיל חזק יותר, ולכן קל לו לתקוף את החומר המומס."
- ◆ חוסר הבנה של התהליך:
 - "בשלד הפחמני ובנוקלאופיל אין קשרי מימן, ובממס פרוטי יש קשרי מימן, ולכן זה לוקח יותר זמן."
 - "המנגנון S_N2 מעדיף ממסים אפרוטיים, מכיוון שממסים פרוטיים נוטים ליצור קשרים עם האלקיל הליד הראשוני ומפריעים לתגובה להתרחש."

המלצות

מומלץ לבצע עם התלמידים תרגילים המדגישים את ההבדלים בין ממסים שונים ובהשפעתם על מנגנון התגובה, כגון:

- א. נתונים המגיבים של התגובות (1)-(3). עבור כל אחת מהתגובות:
 - i. קבע מהו הנוקלאופיל ומהי הקבוצה העוזבת.
 - ii. רשום את מנגנון התגובה, כולל מצב מעבר או תוצר ביניים.

- (1) $\text{CH}_3\text{CHClCH}_3 + \text{OH}^- (\text{CH}_3\text{SOCH}_3)$
 (2) $\text{CH}_3\text{CHClCH}_3 + \text{OH}^- (\text{aq})$
 (3) $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)(\text{Cl})\text{CH}_3 + \text{NH}_3(\text{aq})$

- ב. i בתגובה (2) הוחלף הממס לממס שבו השתמשו בתגובה (1). מהי ההשפעה של החלפת הממס על קצב התגובה?
 ii האם השינוי בממס בתגובה (2) לעומת תגובה (1) יכול לגרום לכך שמנגנון התגובה יהפוך ל- $\text{S}_{\text{N}}1$?
 iii איזה מנגנון יועדף, אם בתגובה (3) יוחלף הממס מים לממס אפרוטי, כשהנוקלאופיל הוא $\text{CN}^- (\text{aq})$?

פתרונות:

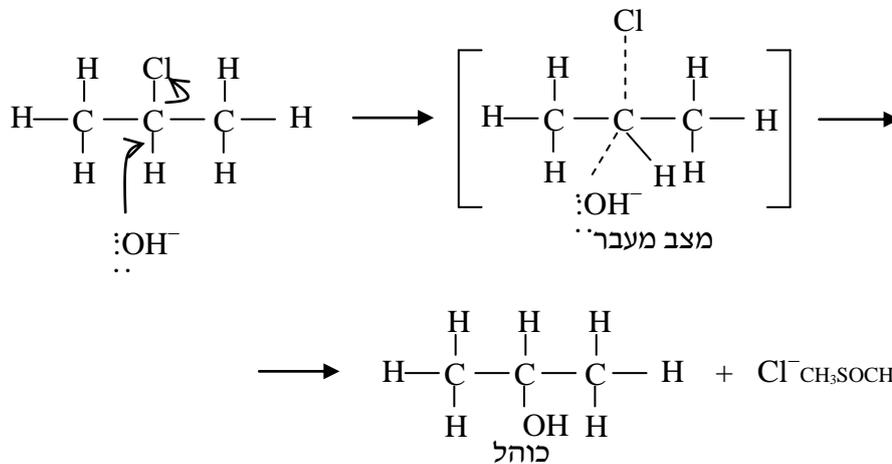
סעיף א':

תגובה (1)

$\text{OH}^- (\text{CH}_3\text{SOCH}_3)$ - נוקלאופיל, בממס אפרוטי

Cl - קבוצה עוזבת על פחמן שניוני

מנגנון התגובה $\text{S}_{\text{N}}2$

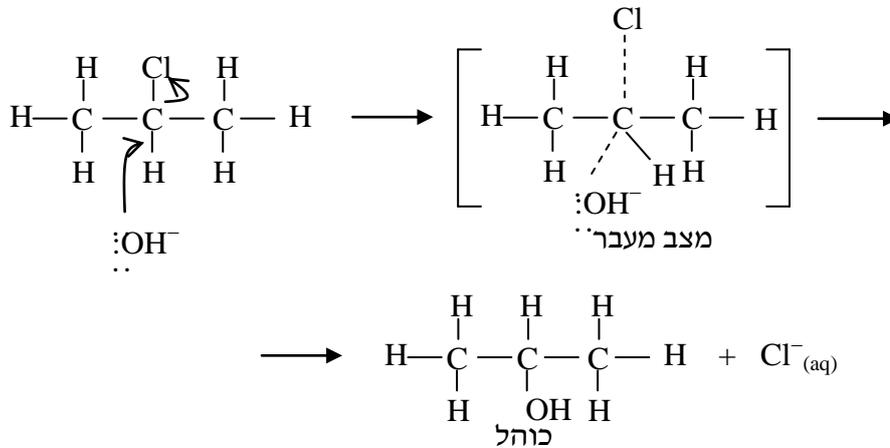


תגובה (2)

$\text{OH}^- (\text{aq})$ - נוקלאופיל, בממס פרוטי

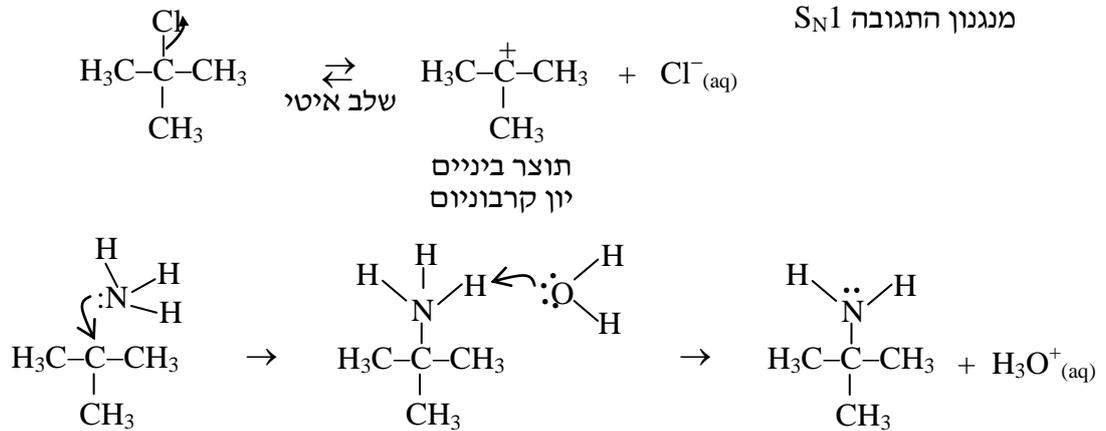
Cl - קבוצה עוזבת על פחמן שניוני

מנגנון התגובה S_N2



תגובה (3)

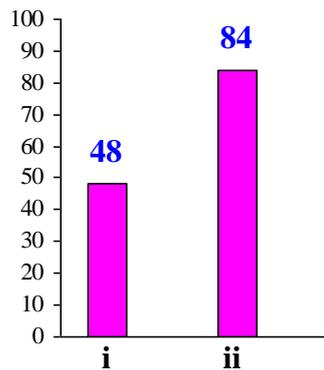
מנגנון התגובה S_N1



סעיף ב' :

- i. הממס הפרוטי - מים מחליש את הנוקלאופיל, כי הוא יוצר מעטפת יציבה של מולקולות ממש סביב הנוקלאופיל. הממס הוא גורם ממסך שמחליש את יכולת ההתקפה של הנוקלאופיל ומקשה עליו לגשת אל אטום הפחמן. המים מגבירים את הפירוק ליונים של האלקיל הליד בשל היכולת שלהם להקיף את היונים השליליים והחיוביים שנוצרים. כך שמולקולות המים מייצבות את יון הקרבוניום. שתי פעולות אלו עשויות לגרום לשינוי המנגנון מ-S_N2 ל-S_N1 (כדי להגדיל את מסיסות האלקיל הליד כדאי להוסיף למים מעט כוהל או אצטון).
- ii. מכיוון שמדובר בפחמן שלישוני שהגישה אליו קשה, לא מספיק נוקלאופיל חזק כדי לשנות את המנגנון. הממס הפרוטי מייצב את יון הקרבוניום ולכן עוזר לשלב האיטי להתרחש. ככלל, התמרה על פחמן שלישוני נעשית במנגנון S_N1 בלבד.
- iii. בתנאים של ממס אפרוטי ונוקלאופיל חזק בריכוז גבוה, התגובה תואט אך עדיין תהיה במנגנון S_N1.

סעיף ג' (הציון 55)



תת-סעיף i (הציון 48)

ביצעו את התגובה בין מתיל יודי ליוני כלור, $\text{Cl}^-(\text{CH}_3\text{OH})$, בממס מתאנול. קבע אם זמן התגובה של מתיל יודי עם יוני $\text{Cl}^-(\text{CH}_3\text{OH})$ היה גדול מ- 12 שעות, קטן מ- 12 שעות או שווה ל- 12 שעות. נמק.

התשובה:

קביעה: גדול מ- 12 שעות.

נימוק: הרדיוס של יוני כלור קטן מהרדיוס של יוני ברום (א): יוני כלור קטנים מיוני ברום; א: ליוני כלור יש פחות אלקטרונים מאשר ליוני ברום). (חוזק הנוקלאופיל מושפע גם מסוג הממס שבו מתבצעת התגובה.) בממס פרוטי, כגון מתאנול, נוצרים כוחות משיכה (א): קשרי מימן) בין הנוקלאופיל לבין מולקולות הממס. כוחות משיכה (א): קשרי מימן) שנוצרים בין יוני כלור לבין מולקולות המתאנול חזקים יותר מכוחות המשיכה שבין יוני ברום למולקולות המתאנול. הממס מגביל במידה רבה יותר את יכולת ההתקפה של יוני כלור (א): גורם למיסוך גדול יותר). בממס פרוטי, כגון מתאנול, יוני כלור הם נוקלאופיל חלש יותר מיוני ברום, ולכן התגובה עם יוני כלור תהיה איטית יותר וזמן התגובה יהיה גדול מ- 12 שעות.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו להסביר את השפעת הממס על קצב תגובה. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ השוואה בין יוני Br^- ו- Cl^- ללא התייחסות לממס.
- ♦ "קטן, מכיוון ש- Cl^- נוקלאופיל טוב יותר, התהליך מהיר יותר."
- ♦ התייחסות לקיטוב עצמי של נוקלאופיל ללא התייחסות לממס.
- ♦ בלבול בין המושגים: נוקלאופיל, בסיס וקבוצה עוזבת.

המלצות

מומלץ לפרט את הסבר השפעת הממס על התגובה. פירוט ההסבר מופיע בעמוד 31, במדריך למורה לספר "מולקולות במסע התחנות שבדרך" מאת אריאלה וינר, חיה פרומר, ד"ר רחל צימרוט, האוניברסיטה העברית בירושלים:

[http://sites.huji.ac.il/science/stc/center/Catalog/Books%20Links/molecules_teachers_guide\(1\).pdf](http://sites.huji.ac.il/science/stc/center/Catalog/Books%20Links/molecules_teachers_guide(1).pdf)

תת-סעיף ii (הציון 84)

זמן התגובה של מתיל יודי עם יוני $\text{Cl}^-_{(\text{DMF})}$ היה 1.4 שניות. קבע איזה נוקלאופיל חזק יותר בממס DMF: $\text{Cl}^-_{(\text{DMF})}$ או $\text{Br}^-_{(\text{DMF})}$.

התשובה:

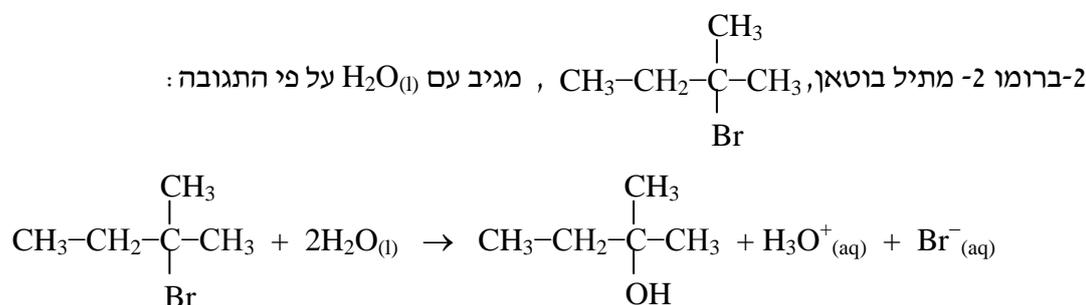
יוני $\text{Cl}^-_{(\text{DMF})}$.

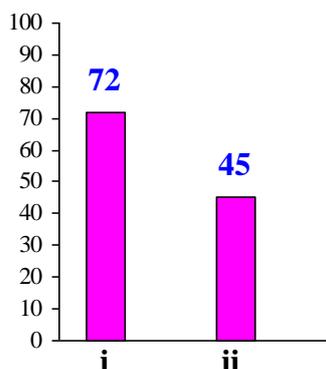
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו להשוות את חוזק הנוקלאופילים. תלמידים מעטים טעו וקבעו שיוני $\text{Br}^-_{(\text{DMF})}$ הם נוקלאופיל חזק יותר.

סעיף ד' (הציון 56)

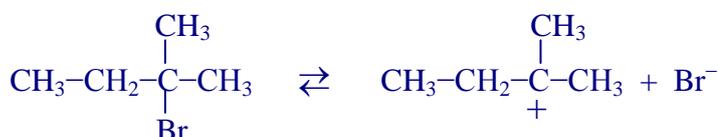




תת-סעיף i (הציון 72)

נסח את השלב הראשון של מנגנון התגובה.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ניסחו את השלב הראשון של מנגנון התגובה, אך חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ טעות בקביעת מנגנון התגובה.
- ♦ קושי של מעבר מנוסחאות כלליות הנלמדות בכיתה לנוסחאות חומרים ספציפיים.
- ♦ אי-רישום מטען על גבי הפחמן בין הקרבונים.
- ♦ רישום שגוי של נוסחת המגיב.
- ♦ רישום שגוי של נוסחת התוצר (תוצר מעבר).
- ♦ רישום תוצרי השלב הראשון ללא ניסוח התגובה (ללא מגיבים).

המלצות

עיקר הקשיים של תלמידים בנושא "כימיה אורגנית מתקדמת" הם לקשר בין נתוני התגובה למנגנון התגובה, דבר שחוזר על עצמו שנה אחר שנה, ובכתיבת המנגנון עצמו. מומלץ להשתמש בחומרי למידה מהשתלמות מורים, המופיעים באתר המרכז הארצי למורי כימיה:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=5077>

המלצה לעבודה עם אנימציות שהציעה שולמית וינטר יכולה לשמש כבסיס להערכה חילופית, אם לאחר מכן נותנים שאלות המבחינות בין מנגנונים שונים.

אנו מביאים את תרגיל הסיכום, שנכתב בשיתוף עם אוטיליה רוזנברג. תודה לאוטיליה על העזרה וההכוונה בכתיבת תרגיל זה. מומלץ להשתמש בתרגיל זה כסיכום למבנית ולהדגיש את ההבדלים בין המנגנונים והתנאים בהם מתרחשות תגובות.

הקדמה לתרגיל:

1. אלקיל הליד שניוני מגיב בדרך כלל במנגנונים E2 ו-S_N2. תגובות אלה מתרחשות בשלב אחד ומתקבלת תערובת תוצרים. הרכב התערובת ייקבע לפי תנאי התגובה: סוג הממס, חוזק הבסיס והטמפרטורה.
2. בתנאים מסוימים (בסיס, נוקלאופיל חלש - ממס), אלקיל הליד שניוני עשוי להגיב במנגנון S_N1. תגובה זו מתרחשת במספר שלבים. כשמדובר בתגובה שבה משתתף אלקיל הליד שניוני, יש לתת לתלמידים רמז לגבי סוג המנגנונים אליו מתכוונים. הרמז יכול להיות מספר שלבי התגובה, אם המגיב פעיל אופטית, רמז לגבי פעילות אופטית של התוצר.
3. כאשר הנוקלאופיל נפחי, קיימת הפרעה מרחבית. לא תתרחש תגובה במנגנון S_N2, גם כאשר האלקיל הליד הוא ראשוני. לכן גם בטמפרטורה נמוכה תתרחש תגובה במנגנון E2, אם כי בקצב איטי.
4. תגובה במנגנון E2 לא יכולה להתרחש כאשר אין אטום מימן על אטום פחמן β.
5. כאשר המגיב הוא אלקיל הליד שלישוני והבסיס חזק, תתרחש תגובה במנגנון E2. כאשר המגיב הוא אלקיל הליד שלישוני והבסיס חלש (ממס), תתרחש תגובה במנגנון S_N1 בטמפרטורת החדר, ובמנגנון E1 כאשר הטמפרטורה גבוהה.

תרגיל בנושא מנגנון תגובה:

בטבלה שלפניך נתונים מגיבים ותנאים המתאימים לתגובות במנגנונים שונים.

תגובה מס'	המגיבים	הממס	הטמפרטורה
1	CH ₃ CH ₂ Br + CH ₃ O ⁻	CH ₃ OH _(l)	25°C
2	CH ₃ CH ₂ Br + CH ₃ O ⁻	CH ₃ OH _(l)	55°C
3	CH ₃ C(CH ₃) ₂ CH ₂ Br + CH ₃ O ⁻	CH ₃ OH _(l)	55°C
4	CH ₃ C(CH ₃)BrCH ₃ + CH ₃ O ⁻	CH ₃ OH _(l)	25°C
5	CH ₃ CHBrCH ₃ + CH ₃ O ⁻	CH ₃ OH _(l)	55°C
6	CH ₃ CH ₂ Br + (CH ₃) ₃ CO ⁻	CH ₃ OH _(l)	25°C
7	(CH ₃) ₃ CCl	H ₂ O _(l)	25°C
8	(CH ₃) ₃ CCl	H ₂ O _(l)	55°C
9	(CH ₃) ₃ CCl + OH ⁻	CH ₃ OH _(l)	55°C
10	CH ₃ CH ₂ CHBrCH ₃ + OH ⁻	CH ₃ OH _(l)	55°C
11	CH ₃ CH ₂ CHCH ₂ + HBr	CH ₃ OH _(l)	25°C
12	CH ₃ CH ₂ CH(OH)CH ₃	H ₃ O ⁺ (aq)/H ₂ O _(l)	25°C

לגבי כל אחת מן התגובות :

א. קבעו מהו המנגנון העיקרי שבו מתרחשת התגובה העיקרית. נמקו את קביעתכם.

ב. רשמו את נוסחת התוצר או התוצרים של התגובה.

פתרון :

התשובות מציינות את הגורמים לכך שהתגובה תתרחש במנגנון שצוין. לגורמים המכוונים יש להוסיף נימוק המתייחס לאנרגיית השפעול של התגובה. בסוף הפתרון יש דוגמה לתשובה מלאה עבור תגובות 1, 2 ו- 5.

גורמים מכוונים	נוסחת התוצר	מנגנון עיקרי	תגובה מס'
אלקיל הליד ראשוני, נוקלאופיל חזק עם שלד פחמימני לא מסועף.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$	$\text{S}_{\text{N}}2$	1
אלקיל הליד ראשוני, נוקלאופיל חזק עם שלד פחמימני לא מסועף. (טמפרטורה גבוהה יותר משנה רק את הקצב של תגובת ההתמרה).	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$	$\text{S}_{\text{N}}2$	2
אלקיל הליד ראשוני, נוקלאופיל חזק עם שלד פחמימני לא מסועף. התגובה תתרחש בקצב איטי יותר מתגובה 2 בגלל שהשלד הפחמימני המסועף של המגיב.	$\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$	$\text{S}_{\text{N}}2$	3
אלקיל הליד שניוני, נוקלאופיל חזק, טמפרטורה נמוכה.	$\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OCH}_3)\text{CH}_3$	$\text{S}_{\text{N}}2$	4
אלקיל הליד שניוני, נוקלאופיל חזק, טמפרטורה גבוהה. מתרחשת גם תגובה במנגנון $\text{S}_{\text{N}}2$.	התוצר העיקרי : $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$ תוצר נוסף $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OCH}_3)\text{CH}_3$	E2	5
אלקיל הליד ראשוני, בסיס חזק עם שלד פחמימני מסועף. יש הפרעה מרחבית. לא תתקיים תגובת התמרה מסדר שני. תתקיים תגובת אלימינציה בקצב איטי בגלל טמפרטורה נמוכה.	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	E2	6
אלקיל הליד שלישוני, נוקלאופיל (בסיס) חלש, טמפרטורה נמוכה.	$(\text{CH}_3)_3\text{COH}$	$\text{S}_{\text{N}}1$	7
אלקיל הליד שלישוני, נוקלאופיל (בסיס) חלש, טמפרטורה גבוהה.	$\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$	E1	8

אלקיל הליד שלישוני, בסיס חזק, טמפרטורה גבוהה. הערה: תגובה זו יכולה להתרחש גם ב- 25°C.	$\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$	E2	9
אלקיל הליד שניוני, בסיס חזק, טמפרטורה גבוהה. (עשוי להיווצר גם תוצר התמרה).	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ ציס וטרנס	E2	10
התוצר מתקבל על פי כלל מרקובניקוב.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHBrCH}_3$	סיפוח	11
שלב ראשון - פרוטונציה, ולאחר מכן תגובה במנגנון E1.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ ציס וטרנס	אל-מיום	12

תשובות מלאות:

תגובה 1: השלד הפחמני של האלקיל הליד הוא ראשוני ואין קבוצות צד גדולות על אטום פחמן β . לכן אין הפרעה מרחבית לתגובה של הנוקלאופיל. הנוקלאופיל חזק ולא מסועף. התגובה תתרחש במנגנון $\text{S}_{\text{N}}2$, כי אנרגיית השפעול של תגובה זו נמוכה יחסית.

תגובה 2: השלד הפחמני של האלקיל הליד הוא ראשוני ואין קבוצות צד גדולות על אטום פחמן β . לכן אין הפרעה מרחבית לתגובה של הנוקלאופיל. הנוקלאופיל חזק ולא מסועף. התגובה תתרחש במנגנון $\text{S}_{\text{N}}2$, כי אנרגיית השפעול של התגובה נמוכה. הטמפרטורה גבוהה ולכן קצב התגובה במנגנון זה יגדל. התגובה כמעט לא תתרחש במנגנון E2 כי אנרגיית השפעול של תגובה זו, בתנאים אלה גבוהה.

תגובה 5: השלד הפחמני של האלקיל הליד הוא שניוני. יש הפרעה מרחבית לתגובה של הנוקלאופיל. הנוקלאופיל, הבסיס חזק, עם שלד פחמימני לא מסועף, הטמפרטורה גבוהה. תתרחש תגובה במנגנון E2 וגם תגובה במנגנון $\text{S}_{\text{N}}2$ (אם כי פחות). אנרגיית השפעול של תגובת אלימינציה מסדר שני גבוהה משל תגובת התמרה מסדר שני. בטמפרטורה של 55°C יש למולקולות אנרגיה קינטית מספקת כדי לעבור את מחסום אנרגיית השפעול. לכן יתרחשו שתי התגובות. תגובת האלימינציה תתרחש במידה רבה יותר, כי יש הפרעה מרחבית להתקפה של הנוקלאופיל על אטום פחמן α ואין הפרעה מרחבית להתקפה של הבסיס על אטום מימן שעל אטום פחמן β .

תת-סעיף ii (הציון 45)

ביצעו את התגובה בשתי תערובות של הממסים: מים ואצטון.
בתערובת הממסים שהכילה 70% מים ו-30% אצטון, התגובה הייתה מהירה יותר מאשר בתערובת הממסים שהכילה 30% מים ו-70% אצטון. הסבר מדוע.

התשובה:

זאת תגובת התמרה במנגנון S_N1 . השלב הראשון הוא השלב האיטי, ולכן הוא השלב הקובע מהירות (אנ: קובע את קצב התגובה).
(המים הם ממס פרוטי, ואילו אצטון הוא ממס א-פרוטי קוטבי).
מולקולות המים מייצבות את יוני הקרבונים, והן מקיפות את היונים החיוביים והשליליים שנוצרים בשלב הראשון של התגובה, ובכך מעודדות היווצרות יונים נוספים (אנ: מעודדות את הפירוק ליונים של אלקיל הלידים).
לכן ככל שאחוז הממס הפרוטי (המים) בתערובת הממסים גדול יותר כך התגובה תהיה מהירה יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד, תלמידים רבים טעו. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ הסבר חלקי.
- ◆ חזרה על נתוני השאלה ללא הסבר:
- "ממס פרוטי עדיף ממס אפרוטי לתגובת S_N1 ".
- ◆ התייחסות למים כאל מגיב:
- "ככל שאחוז המים עולה ריכוז מגיב עולה".
- ◆ התייחסות למים כאל נוקלאופיל שמגיב.
- ◆ התייחסות לקשרים בין הממס לנוקלאופיל ללא קשר לתגובה עצמה.
- ◆ תשובות שלא קשורות כלל לתגובה כגון:
- "נוצרו קשרים בין המים לאצטון שהפריעו לתהליך".
- "שלד פחמני של אצטון גדול ולכן לא יכול לתקוף את הפחמן".

המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושאי 30%

כימיה אורגנית מתקדמת

יישומונים:

אנימציות בנושאי כימיה אורגנית 3D:

<http://www.chemtube3d.com/Main%20Page.html>

מומלץ להציג לתלמידים את הכתבה "כיראליות של מולקולות", מאת ארז גרטי, הכוללת אנימציה וסרטון, דוידסון Online:

<http://davidson.weizmann.ac.il/online/maagarmada/chemistry/%D7%9B%D7%99%D7%A8%D7%90%D7%9C%D7%99%D7%95%D7%AA-%D7%A9%D7%9C-%D7%9E%D7%95%D7%9C%D7%A7%D7%95%D7%9C%D7%95%D7%AA>

סרטונים:

הרצאה מתוקשבת: "הרצאה בכימיה אורגנית": הרצאה מעניינת בקורס בסיסי בכימיה אורגנית מאוניברסיטת יל היוקרתית. למעשה מדובר בסדרת הרצאות של המרצה פרופ' מקברידג' הפופולרי. ניתן להגיע אל שאר ההרצאות בעזרת הקישור להרצאה המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

v=WSYEApgJkh0&playnext_from=TL&videos=WziFa9k0U2E&playnext=1

סרטונים מאת ד"ר גלעד פילוסוף:

Organic Chemistry SN1 nucleophilic substitution mpeg2video:

https://www.youtube.com/watch?v=m4ifTbJzZdU&list=PLksoJ9HI81vv33qtXx24rsJ-uGUHt9g7_&index=5

butane:

https://www.youtube.com/watch?v=dtWFNY_nqEQ&list=PLksoJ9HI81vv33qtXx24rsJ-uGUHt9g7_&index=6

011 ISOMERISM:

https://www.youtube.com/watch?v=AGdlamFhjYA&list=PLksoJ9HI81vv33qtXx24rsJ-uGUHt9g7_&index=10

מבוא להתקפה נוקלאופילית באלקיל הלד :

https://www.youtube.com/watch?v=pdSqqUsbSWY&list=PLksoJ9HI81vv33qtXx24rsJ-uGUHt9g7_&index=16

מצגות

מצגות: "מולקולות במסע" מאת ידידה גוטליב. המרכז הארצי למורי הכימיה, דפים:

הוראת פרק א':

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=408&ArticleID=6076>

הוראת פרק ב':

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=486&ArticleID=6077>

הוראת פרק ג':

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=487&ArticleID=6078>

חומרי למידה

חומרי הלמידה שפותחו במסגרת השתלמות למורים מובילים במרכז הארצי למורי הכימיה, האוניברסיטה העברית בירושלים, מעובד על ידי עדנה פרידמן ואילנה זהר, ירושלים. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=5077>

כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

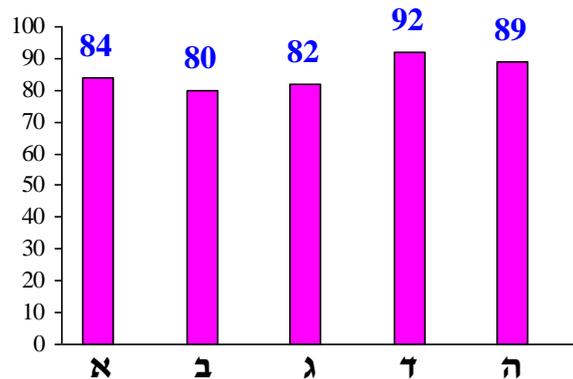
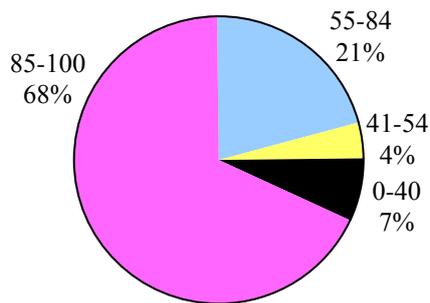
שאלה 11

ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 85

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

פיזור ציונים

בחרו בשאלה 9% מהתלמידים



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

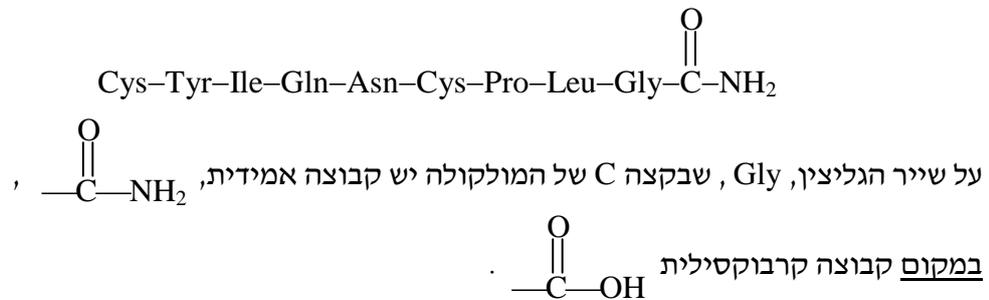
- לבחור מבין נוסחאות המבנה המוצעות בנוסחה הנכונה לקטע המציג את הקשר דו-גפרית בין שני השיירים של ציסטאין, Cys, במולקולה של אוקסיטוצין.
- להסביר את מהות הקשר דו-גופרית וחשיבותו בעיצוב המבנה המרחבי של אוקסיטוצין.
- להשוות בין נוסחאות מבנה של חומצות אמיניות שונות.
- לקבוע את המטען הכולל של פפטיד ב- pH הנתון של תמיסה נתונה.
- לרשום את נוסחת המבנה של פפטיד, כולל מטענים על שיירים של חומצות אמיניות ב- pH=7 של תמיסה נתונה.
- לרשום את רצף הנוקליאוטידים ב-mRNA, המתקבל לאחר התעתוק של רצף ה-DNA הנתון.
- לקבוע את רצף הנוקלאוטידים בקטע ה-mRNA, ממנו נוצר הפפטיד הנתון בתהליך התרגום.
- לרשום את נוסחת הקטע של החלבון המתקבל בתרגום, כולל הקצה האמיני והקצה הקרבוקסילי.
- לרשום אפשרות לרצף הנוקלאוטידים ב-mRNA, שבתהליך התרגום נוצר ממנו הארבע-פפטיד הנתון.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

הפפטיד אוקסיטוצין (Oxytocin) הוא הורמון המופרש מבלוטת יותרת המוח, וממלא תפקיד במערכות גוף רבות. לדוגמה, הוא מגביר את כיווץ הרחם בזמן לידה. במולקולה של אוקסיטוצין יש תשעה שיירים של חומצות אמיניות. לפניך הרצף של החומצות האמיניות במולקולה של אוקסיטוצין:



סעיף א' (הציון 84)

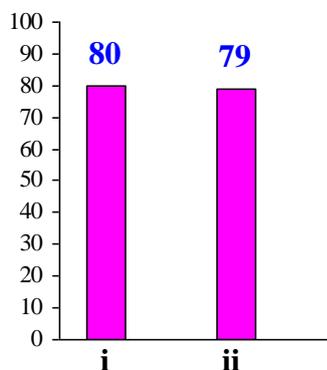
למולקולה של אוקסיטוצין מבנה טבעתי, שנוצר על ידי קשר דו-גפרית בין שני השיירים של ציסטאין, Cys, המצויים במולקולה. לפניך שתי נוסחאות, a ו-b. קבע איזו מן הנוסחאות, a או b, היא הנוסחה הנכונה לקטע המציג את הקשר דו-גפרית בין שני השיירים של ציסטאין, Cys, במולקולה של אוקסיטוצין. נמק.

כמו כן, מומלץ להיעזר במאמר "כיצד החלקת שיער מתרחשת ומדוע חלק מהשיטות הן הפיכות ואחרות לא?", המופיע באתר של מכון דוידסון, בחלק "שאל את המומחה", בעמוד 48:
<http://davidson.weizmann.ac.il/column/askexpert?page=48>

סעיף ב' (הציון 80)

בניסוי מעבדה, בתנאים מתאימים, אוקסיטוצין עבר פירוק חלקי. אחד מתוצרי הפירוק היה ארבע-פפטיד I:

I Asn-Cys-Pro-Leu



תת-סעיף i (הציון 80)

במה שונה מבנה של מולקולת פרולין, Pro, מן המבנה של המולקולות של יתר החומצות האמיניות שמהן נוצר הארבע-פפטיד I ?

התשובה:

במולקולה של החומצה האמינית פרולין אטום החנקן שבקצה האמיני קשור בקשר קוולנטי לאטום הפחמן שבקבוצה הצדדית. נוצר מבנה טבעתי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

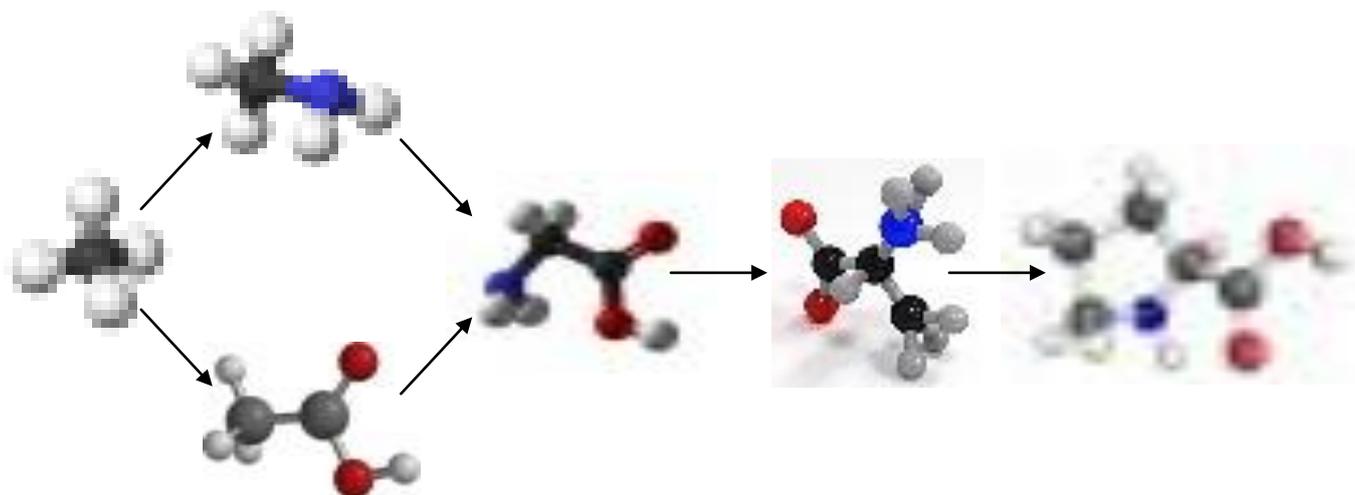
הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לנצל נכון את נתוני השאלה בעזרת טבלת חומצות אמיניות בדפי הנוסחאות. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ טענה שרק המבנה הטבעתי הוא המבנה המרחבי. טעות זו נובעת מחוסר הבנה של מהות המבנה המרחבי:
- "המבנה של מולקולת הפרולין הוא מרחבי ושל יתר חומצות אמיניות לא."

- ◆ חוסר הבנה של המבנה הטבעתי :
- "פרולין שונה כי קבוצת הצד שלו קשורה עם עצמה ולכן לא יוצרת קשרים עם קבוצות צדדיות אחרות."
- ◆ חוסר הבנת של מבנה החומצות האמיניות :
- "הקבוצות הצדדיות נקשרות לקבוצה אמינית בקשר פפטידי."
- "פרולין שונה, כי אין לה מטען חשמלי."

המלצות

מומלץ לשפר את ההבנה במבנה החומצות האמיניות ואף למנוע טעויות שנתגלו בתת-סעיף זה על ידי עבודה עם מודלים, הממחישים את המבנה המרחבי של תרכובות פחמן. מומלץ לעבור עם התלמידים ממודלים של מולקולות פשוטות יותר למודלים של מולקולות חומצות אמיניות (וביניהם מודל מולקולת פרולין) על יד החלפת אטומים וקבוצות אטומים.



תת-סעיף ii (הציון 79)

- לפניך ערכי pKa של הקבוצות החומציות בארבע-פפטיד I :
- pKa של קצה C הוא כ- 3.6 .
- pKa של קצה N הוא כ- 8 .
- קבע מהו המטען הכולל של הארבע-פפטיד I ב- pH = 7 .

התשובה:

המטען הכולל הוא 0 .

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

ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים קבעו נכון את המטען הכולל של פפטיד I ב- $\text{pH} = 7$, אך חלק מהתלמידים מתקשים לבצע מטלה פשוטה זו. הטעות העיקרים היא הקביעה שמטען הפפטיד הוא -1. יתכן שהסיבה לחלק מן הטעויות היא בלבול בין חומצות אמיניות אספרגין, Asn, (המופיע בפפטיד I), שהקבוצה הצדדית במולקולת שלו אינה נושאת מטען, לבין חומצה אספרטית, Asp, (שלא מופיעה בפפטיד I), שהקבוצה הצדדית במולקולת שלה נושאת מטען.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים, שכדי למנוע בלבול בין חומצות אמיניות שונות עם שמות דומים (אספרגין - חומצה אספרטית, גלוטמין - חומצה גלוטמית), יש להיעזר בטבלת החומצות האמיניות שבדפי נוסחאות ולא לסמוך על הזכרון. כדי למנוע טעויות בחישוב המטען הכולל של פפטיד, מומלץ לחזור על השיטה של חישוב המטען הכולל של פפטיד. אפשר להיעזר בשקופיות 26-29 מהמגזת "חומצות אמיניות - תרכובות החיים" מאת גליה גויכברג. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=6834>

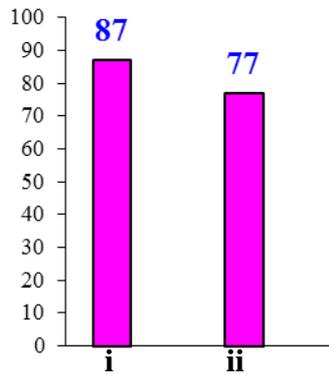
סעיף ג' (הציון 82)

הפפטיד וַאזּוֹפְרֶסִין (vasopressin) הוא הורמון המופרש אף הוא מבלוטת יותרת המוח, והוא אחראי, בין היתר, לווסת את הפרשת השתן. המולקולה של וַאזּוֹפְרֶסִין דומה בהרכב ובמבנה למולקולה של אוקסיטוצין. בשתי המולקולות יש תשעה שיירים של חומצות אמיניות, אך במולקולה של וַאזּוֹפְרֶסִין, במקום Ile ו-Leu, יש שיירים של שתי חומצות אמיניות אחרות. בניסוי מעבדה, בתנאים מתאימים, וַאזּוֹפְרֶסִין עבר פירוק חלקי. אחד מתוצרי הפירוק היה ארבע-פפטיד II:



X מסמל שייר של חומצה אמינית.

המטען הכולל של הארבע-פפטיד II ב- $\text{pH} = 7$ הוא +1.



תת-סעיף i (הציון 87)

נתונות ארבע חומצות אמיניות : Val , Glu , Arg , Asp .

קבע שייר של איזו מבין החומצות האמיניות הנתונות הוא שייר X בארבע-פפטיד II . נמק.

התשובה:

קביעה: שייר של Arg .

נימוק: ב- $\text{pH} = 7$ המטען של הקבוצה בקצה N הוא +1 , והמטען של הקבוצה בקצה C הוא -1 .
מבין החומצות האמיניות הנתונות, רק במולקולה של ארגינין יש קבוצה צדדית המכילה קבוצה טעונה במטען +1 ב- $\text{pH} = 7$ (ולכן ב- $\text{pH} = 7$ המטען הכולל של הארבע-פפטיד II הוא +1).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון שהשייר הוא ארגינין ונימקו את קביעתם.
תלמידים מעטים קבעו נכון אך לא נימקו.

המלצות

מומלץ להרגיל את התלמידים לשים לב לדרישה לנמק את הקביעה. יתכן שחלק מהתלמידים שלא נימקו התקשו לקשר בין מטען של חומצה אמינית בערכים שונים של pH לבין K_a של קבוצות פונקציונליות.

מומלץ להיעזר בשקופיות 34, 45-46, 48-50 מהמגת "חומצות אמיניות - תרכובות החיים" מאת גליה גויכברג. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

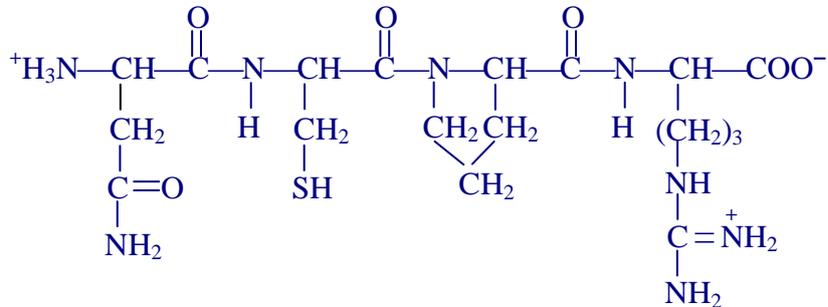
<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=6834>

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה 13 - ניתוח בגרות תשס"ו, שאלה 13 - ניתוח בגרות תשס"א,
ושאלה 12 - ניתוח בגרות תשע"א.

תת-סעיף ii (הציון 77)

רשום ייצוג מלא לנוסחת המבנה של הארבע-פפטיד II ב- pH=7.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים טעו בחלקים שונים של הנוסחה ובמטענים על שיירים של חומצות אמיניות.

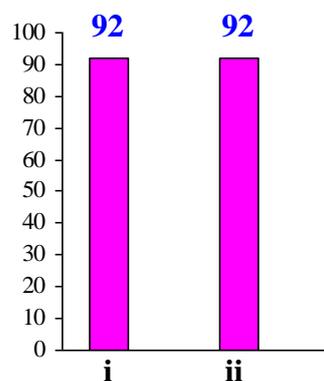
המלצות

מומלץ לתרגל את הרישום של תגובות היווצרות ופירוק של פפטידים מחומצות אמיניות. כמו כן, כדאי לשים לב לדיוק במונחים: פפטיד או חלבון לא בנוי מחומצות אמיניות, אלא נוצר מהן.

סעיף ד' (הציון 92)

לפניך רצף נוקליאוטידים של DNA. לאחר תהליכי תעתוק ותרגום, מתקבל ממנו אחד משני הארבע-פפטידים, I או II.

3' TTA ACA GGT TCC 5'



תת-סעיף i (הציון 92)

רשום את רצף הנוקליאוטידים ב-mRNA, המתקבל לאחר התעתוק של רצף ה-DNA הנתון. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

התשובה:

mRNA: 5' AAUUGUCCAAGG 3'

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. הופיעו טעויות מעטות בקביעת הקצוות.

המלצות

מומלץ להשתמש בתרגילים שבהם יש לקבוע רצף נוקליאוטידים בתהליכי תעתוק ורצף החומצות האמיניות בתהליכי תרגום. למשל:

להלן רצף נוקליאוטידים המייצג קטע של DNA:

...3' GAAATCTACT 5'...

א. רשום את רצף הנוקליאוטידים בקטע של ה-mRNA שיתקבל מתעתוק קטע זה.

ב. סמן את הקצוות 3' ו-5' בקטע ה-mRNA שרשמת.

ג. היעזר בטבלת הצופן הגנטי ורשום את רצף החומצות האמיניות בפפטיד שייבנה על סמך המידע שב-mRNA שרשמת.

מגוון תרגילים דומים אפשר למצוא בניתוחי בחינות בגרות משנים קודמות.

מומלץ גם להשתמש באנימציות שממחישות את התהליך. למשל:

http://highered.mheducation.com/sites/0072507470/student_view0/chapter3/animation_mrna_synthesis_transcription_quiz_1.html

תת-סעיף ii (הציון 92)

קבע אם הארבע-פפטיד, המתקבל בתרגום של רצף ה-mRNA שרשמת בתת-סעיף i, הוא ארבע-פפטיד I או ארבע-פפטיד II. נמק.

התשובה:

קביעה: ארבע-פפטיד II.

נימוק: מתקבל הארבע-פפטיד: Asn-Cys-Pro-Arg, המכיל ארגינין (כפי שנקבע בסעיף ג).

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

ניתוח טעויות אופייניות

ציון גבוה. כמעט ולא לא אותרו טעויות.

סעיף ה' (הציון 89)

רשום אפשרות אחת לרצף הנוקלאוטידים ב-mRNA, שבתהליך התרגום נוצר ממנו הארבע-פפטיד האחר (שלא בחרת בתת-סעיף ד ii). ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

התשובה:

בעזרת טבלה זו אפשר למצוא את כל הצירופים האפשריים לרצף הנוקלאוטידים האפשרי ב-RNA:

אספריגין Asn	ציסטאין Gys	פרולין Pro	לאוצין Leu
AAU	UGU	CCU	UUA
AAC	UGC	CCC	UUG
		CCA	CUU
		CCG	CUC
			CUA
			CUG

דוגמה:

mRNA: 5' AAU UGU CCA UUA 3'

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. הופיעו טעויות מעטות בקביעת קצוות.

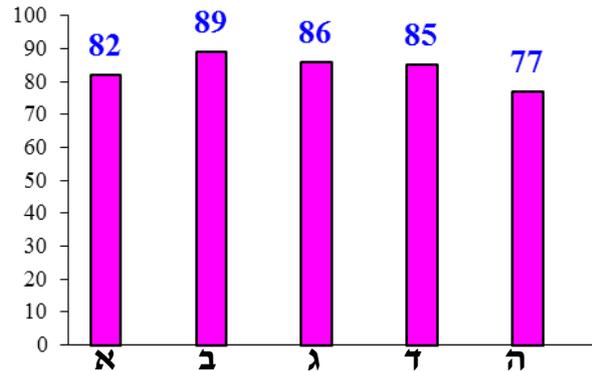
המלצות

מומלץ לתת לתלמידים תרגילים, שבהם יש להשתמש בטבלה של קוד גנטי לקביעת הרצפים של פוליפפטידים על בסיס רצפים של נוקלאוטידים ולהפך. אפשר להשתמש בשאלות ובתשובות שבניתוחי בחינות הברורות בשנים קודמות, כגון תשע"ב, תשע"ד ועוד.

שאלה 12

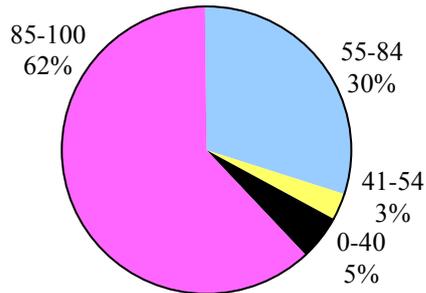
ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 84

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



פיזור ציונים

בחרו בשאלה 13% מהתלמידים



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

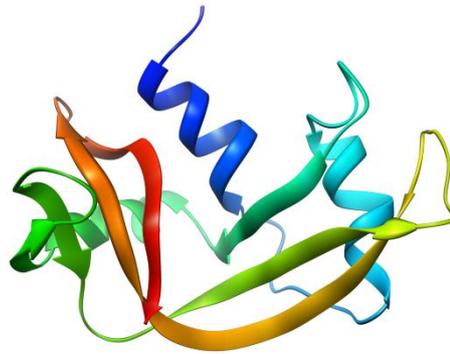
- להסביר שלוש רמות של ארגון החלבון: מבנה ראשוני, מבנה שניוני, מבנה שלישוני.
- לזהות את סוגי הקשרים בכל אחת משלוש רמות הארגון של החלבון.
- לציין את סוגי הכוחות המייצבים את המבנה השלישוני של חלבון.
- להסביר כיצד המבנה המרחבי של המולקולות מאפשר את המסיסות של הריבונוקלאז במים.
- להבחין בין גדיל DNA לגדיל RNA על פי מבנה שונה של נוקלאוטידים.
- לרשום את רצף הקודונים לקטע DNA, ולהפך - על פי רצף הקודונים לרשום נוסחת מבנה של קטע DNA.
- לתרגם את רצף הקודונים ב-RNA לרצף חומצות אמיניות.
- לקבוע שבסליל הכפול בין הגדילים של DNA קיימים קשרי מימן - בין הבסיסים החנקניים שבגדילים שונים.
- להשוות את חוזק הקשרים הקוולנטיים בין הנוקליאוטידים של ה-DNA לבין חוזק קשרי המימן בין הגדילים בסליל הכפול.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

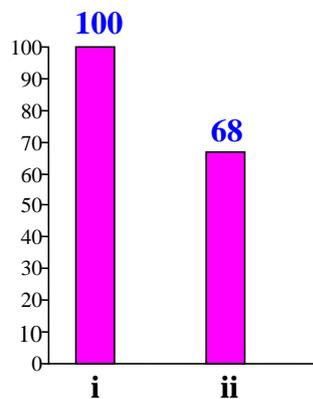
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
יישום	i	ב
יישום	ii	
אנליזה	i	ג
יישום	ii	
יישום		ד
הבנה	i	ה
יישום	ii	

פתיח לשאלה

האנזים ריבונוקלאז (Ribonuclease) הוא חלבון כדורי, שאת המבנה שלו קבע לראשונה הביוכימאי אָנְפִינסֶן, ועל מחקר זה הוא זכה בפרס נובל בכימיה בשנת 1972. באיור שלפניך מוצג מודל של המבנה המרחבי של מולקולת הריבונוקלאז.



סעיף א' (הציון 82)



תת-סעיף i (הציון 100)

הכוחות המייצבים את המבנה השלישוני של חלבון הם כוחות הפועלים בין קבוצות הצד של שיירי החומצות האמיניות. ציין שלושה סוגי כוחות המייצבים את המבנה השלישוני.

התשובה:

שלושה סוגים מבין:

- קשרים יוניים
- קשרי מימן
- אינטראקציות ון-דר-ואלס (א): אינטראקציות הידרופוביות)
- קשרי דו-גפרית

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון 100. לא הופיעו טעויות.

המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים להסביר בין אילו קבוצות אטומים מתקיים כל אחד מסוגי הקשרים המייצבים את המבנה השלישוני, ובין אילו אטומים מתקיימים קשרי דו-גופרית

תת-סעיף ii (הציון 68)

ריבונוקלאז הוא חלבון מסיס במים. הסבר כיצד המבנה המרחבי של המולקולות מאפשר את המסיסות של הריבונוקלאז במים.

התשובה:

הקבוצות הצדדיות הבלתי קוטביות של שיירי חומצות אמיניות פונות כלפי פנים המולקולה כדי להימנע ממגע עם המים. בין קבוצות אלה פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס (א): אינטראקציות ההידרופוביות).

הקבוצות הצדדיות הקוטביות והטעונות פונות כלפי חוץ - אל הסביבה המימית תוך יצירת כוחות משיכה עם מולקולות המים (א): קשרי מימן ומשיכה חשמלית בין יונים למולקולות מים). ולכן מולקולות החלבון מוקפות במולקולות המים, והחלבון מתמוסס.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר כיצד המבנה המרחבי של המולקולות מאפשר את המסיסות של הריבונוקלאז במים. הטעות האופיינית העיקרית היא התעלמות מתפקיד המבנה המרחבי - שהקבוצות הצדדיות הבלתי קוטביות של שיירי חומצות אמיניות פונות כלפי פנים המולקולה כדי להימנע ממגע עם המים, בין קבוצות אלה פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס, וגם שהקבוצות הצדדיות הקוטביות והטעונות פונות כלפי חוץ - אל הסביבה המימית. תשובות רבות מתייחסות לקשרי מימן בלבד בין מולקולות החלבון לבין מולקולות המים:

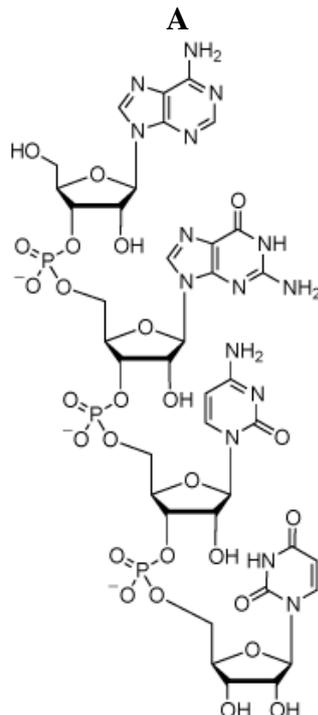
- "מתקיימים קשרים עם מולקולות המים."
- "מתקיימים קשרי מימן עם מולקולות המים."

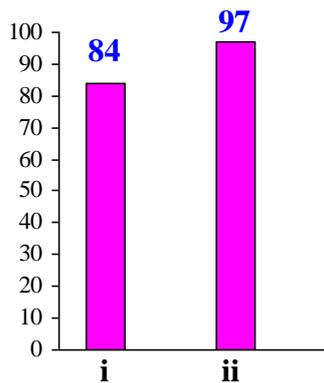
המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את אופן קיפול החלבון וכיצד מבנה כדורי מאפשר לחלבון להיות מסיס במים. מומלץ לבקש מהתלמידים לציין את סוג הקשרים שעשוי להיווצר בין מולקולות החלבון לבין מולקולות המים, ולציין אילו כוחות פועלים ובין אילו אטומים. למשל: פועלים כוחות משיכה חשמליים בין המטען השלילי בקבוצת הצד של חומצה אספרטית לקוטב החיובי של מולקולות המים. מומלץ להדגיש את ההבדל בין כוחות משיכה מסוג זה לבין קשרי מימן.

סעיף ב' (הציון 89)

בנוכחות האנזים ריבונוקלאז מתרחשת הידרוליזה חלקית של גדיל RNA. גדיל ה-RNA מתפרק למולקולות המכילות רצפים קצרים של נוקלאוטידים. לפיכך נוסחת מבנה של מולקולה שהתקבלה בהידרוליזה חלקית של גדיל RNA. נסמן מולקולה זו באות A.





תת-סעיף i (הציון 84)

על פי נוסחת המבנה, הסבר כיצד קבעו שמולקולה A התקבלה בהידרוליזה חלקית של גדיל RNA ולא בהידרוליזה חלקית של גדיל DNA. הבא שני נימוקים.

התשובה:

נימוקים:

- במולקולת A הסוכר הוא ריבוז (ולא דהאוקסיריבוז).
- אחד מהבסיסים החנקניים במולקולת A הוא אורציל.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו להבחין בין מאפיינים של גדיל RNA למאפיינים של גדיל DNA. הטעות העיקרית שאותרה היא ציון של הבדל אחד בלבד בין הגדילים - בסיס חנקני אורציל.

המלצות

מומלץ לחדד את ההבדלים בין גדיל RNA לגדיל DNA, ואת ההבדלים במבנה של שני הסוכרים: ריבוז ודאוקסיריבוז.

תת-סעיף ii (הציון 97)

רשום את רצף הנוקלאוטידים במולקולה A. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

התשובה:

5' AGCU 3'

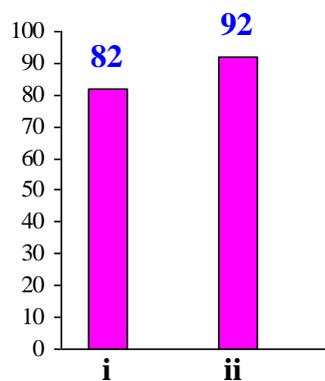
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט ולא אותרו טעויות. תלמידים מעטים טעו בקביעת קצוות.

סעיף ג' (הציון 86)

ברצף שרשמת בתת-סעיף ב ii אפשר למצוא שני קודונים.



תת-סעיף i (הציון 82)

רשום את הרצפים של הנוקלאוטידים בשני הקודונים. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

התשובה:

שני הקודונים:

5' AGC 3'

5' GCU 3'

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים זיהו נכון את שני הקודונים. הטעות העיקרית שאותרה היא רישום

רצף הפוך לזה שרשום בסעיף ב ii :

- 5' UCGA 3'

תת-סעיף ii (הציון 92)

ציין את שתי החומצות האמיניות שאפשר לקבל בתרגום של רצף הנוקלאוטידים הנתון.

התשובה:

קביעה: שתי החומצות האמיניות הן סרין (Ser) ואלנין (Ala).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את שתי החומצות האמיניות. תלמידים מעטים תרגמו את רצף הנוקלאוטידים מקצה 3' לקצה 5', ולכן התקבלה חומצה אמינית ארגינין במקום סרין.

המלצות

מומלץ לתרגל תרגום של רצף קודונים לחומצות אמיניות, ולהדגיש שקודון נקרא רק מקצה 5' לקצה 3'. שאלה לדוגמה:

לפניך שני קטעי של m-RNA.

I. 5' UUU UCU AUG GUC AGU GAA AUA AGU GUC AGA ACC GUC UAU UAA UAU 3'

II. 5' AAA AUG AUU ACC CUG AUC AUC UUU GGU GUA AUG GCG UAG AAG AAU 3'

א. רשום את הרצף של גדיל ה-DNA שממנו הועתק מקטע I של m-RNA. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

ב. רשום את הרצף של החומצות האמיניות המתורגם מקטע II של m-RNA. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

סעיף ד' (הציון 85)

רשום את רצף הנוקלאוטידים בקטע של גדיל ה-DNA, שממנו נוצר, בתהליך התעתוק, הרצף שרשמת בתת-סעיף ב ii. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

התשובה:

3' TCGA 5'

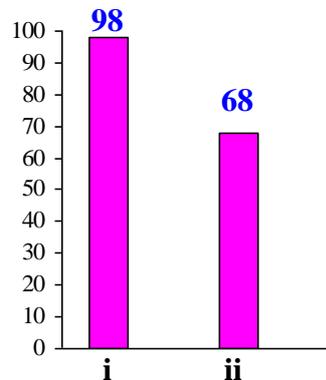
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את רצף הנוקלאוטידים בקטע של גדיל ה-DNA. הטעות העיקרית שאותרה היא קביעה שגויה של קצוות.

סעיף ה' (הציון 77)

בחימום ל- 100°C הסליל הכפול של ה- DNA מתפרק לשני גדילים נפרדים.



תת-סעיף i (הציון 98)

אילו קשרים בסליל הכפול של ה- DNA מתפרקים ב- 100°C ?

התשובה:

קשרי מימן (בין הבסיסים החנקניים שבגדילים שונים).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו שבסליל הכפול של ה- DNA בין הבסיסים החנקניים שבגדילים שונים קיימים קשרי מימן. תלמידים בודדים טעו וכתבו:

- קשר פפטידי
- קשר אמיד

תת-סעיף ii (הציון 68)

בחימום ל- 100°C גדיל ה- DNA אינו מתפרק לנוקלאוטידים. הסבר מדוע.

התשובה:

הקשרים בין הנוקלאוטידים בגדיל DNA הם קשרים קוולנטיים (אן : פוספואסטריים), שהם חזקים בהרבה מקשרי מימן שבין הגדילים. לכן נדרשת אנרגיה גדולה יותר, והתהליך יתרחש בטמפרטורה גבוהה יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

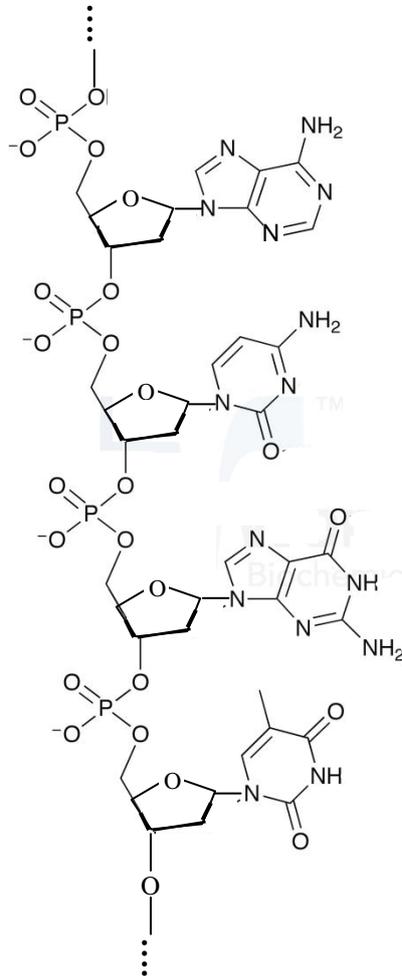
הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא ערכו השוואה בין חוזק הקשרים הקוולנטיים לקשרי מימן וגם התקשו להבחין בין קשרים פוספואסטריים, הקיימים בין נוקלאוטידים של ה-DNA, לבין קשרים פפטידיים בין שיירי חומצות אמיניות בחלבון:

- "קשר פפטידי לא מתפרק."
- "קשר אמידי הוא קשר חזק."

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בחוזק הקשרים בין קשרי מימן לקשרים קוולנטיים. שאלה לתרגול:

לפניך קטע מתוך גדיל DNA.



- רשום את רצף הנוקלאוטידים בגדיל הנתון. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.
- ציין את סוג הקשרים הנוצרים:
 - בין קבוצת זרחה לסוכר
 - בין סוכר לבסיס חנקני.

- ג. רשום את רצף הנוקלאוטידים בגדיל המשלים לגדיל ה-DNA הנתון.
- ד. מהו סוג הקשרים בין שני הגדילים?
- ה. אילו קשרים חזקים יותר: הקשרים בין קבוצת זרחה לסוכר או הקשרים בין שני הגדילים? נמק.
- ו. רשום את רצף הנוקלאוטידים בגדיל ה-mRNA המועתק מגדיל הנתון של ה-DNA. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושאי 30% כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

יישומונים

כדי להמחיש את תהליך הדנטורציה מומלץ להשתמש באנימציות:

http://highered.mheducation.com/sites/0072943696/student_view0/chapter2/animation_protein_denaturation.html

<http://www.sumanasinc.com/webcontent/animations/content/proteinstructure.html>

מומלץ להציג לתלמידים אנימציות הממחישות היווצרות מיצלות שונות וכוחות בין מולקולריים בתוך המיצלות, ובין מולקולות המיצלות לבין מולקולות המים שבסביבה המימית, מבנה המיצלות ומבנה קרום התא. קישורים לאנימציות:

<https://www.youtube.com/watch?v=JvKpJhEMb60>

<https://www.youtube.com/watch?v=VpaeI0FeiEA>

סרטונים

סרטון על פענוח הרצח של עו"ד ענת פלינר המתאר ביקור במעבדות מז"פ:

<https://www.youtube.com/watch?v=FE9Bfbkek-Q>

מצגות

מומלץ להיעזר במצגת "התבטאות הגנים: הרכבת חלבונים", המבוססת על המצגת של אלישבע גבע "תרגום". עריכה: גליה גויכברג, אורית מולוידזון ונאוה תמם:

www1.amalnet.k12.il/mzgalil/kimia/resources%20reserve/%201%20הגנים%20התבטאות.ppt

כתבות

כתבה "חלבונים ממוחזרים" - חלבונים בלויים או פגומים, או כאלה שאין בהם יותר צורך, מפורקים ומורכבים מחדש באופן תמידי כמעט בכל תאי גופנו. עם המכונות המבקרות את התהליך הזה נמנה צבר מולקולרי גדול, הסיגנלוזום, אשר מורכב משמונה חלבונים. הוא משחרר את הפקודה המובילה בסופו של דבר לסימון החלבון על-ידי יוביקוויטין. המאמר מאפשר הרחבה יישומית לנושא. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=5125>

כתבה "קיצור תולדות האהבה" - מתוך: מאגר מדע, דוידסון און-ליין, מאת ד"ר ליאת יקיר. ההורמון שיוצר את רגש אהבה הוא אוקסיטוצין, שמכונה גם "ההורמון החברתי". מקורותיו האבולוציוניים טמונים כבר בתולעים, שמהם הוא הגיע אלינו, בני האדם, דרך הדגים, הזוחלים והיונקים האחרים. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4030>

כתבה "קולגן מצמחי טבק"

פרופ' עודד שוסיב הצליח לייצר כמויות גדולות של קולגן אנושי מצמחי טבק. הוא הצליח להחדיר חמישה גנים אנושיים האחראים על ייצור הקולגן ל-DNA של צמחי הטבק ובכך לגרום לצמח לייצר קולגן. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4518>

כתבה "שיטה חדשה לצפייה בחלבונים בזמן התקפלותם"

צוות כימאים מאוניברסיטת פנסילבניה הצליח לפתח שיטה, שבה ניתן לראות את החלבונים מתקפלים "בזמן אמת", שיטה שתוכל להוביל להבנה טובה יותר של הקיפול הנכון והשגוי של חלבונים. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4333>

מאמר "החלבון, היציבות והאבולוציה" מאת מאיה שולדינר, שפורסם ב"גליליאו" גיליון 39, 2000:

<http://telem.openu.ac.il/courses/c20214/protstab-g.htm>

לקבלת מידע על שימוש בבדיקות DNA לזיהוי פלילי, מומלץ להיעזר ב**כתבה "הפשע הופך פחות משתלם"** מאת תובל בן יחזקאל, הנמצאת באתר של מכון דוידסון, בדף:

http://davidson.weizmann.ac.il/online/maagarmada/life_sci/%D7%94%D7%A4%D7%A9%D7%A2-%D7%94%D7%95%D7%A4%D7%9A-%D7%9C%D7%A4%D7%97%D7%95%D7%AA-%D7%9E%D7%A9%D7%AA%D7%9C%D7%9D

ובכתבות נוספות באתרים שונים, לדוגמה:

http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%91%D7%93%D7%99%D7%A7%D7%AA_%D7%A1%D7%9E%D7%A0%D7%99_DNA7%

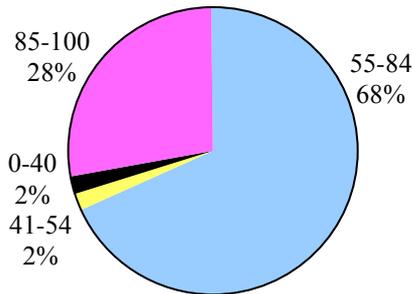
<http://www.amalnet.k12.il/sites/genetic/articles.asp?url=gar0006.htm&bid=5&tat=6>

כימיה של הסביבה

שאלה 13

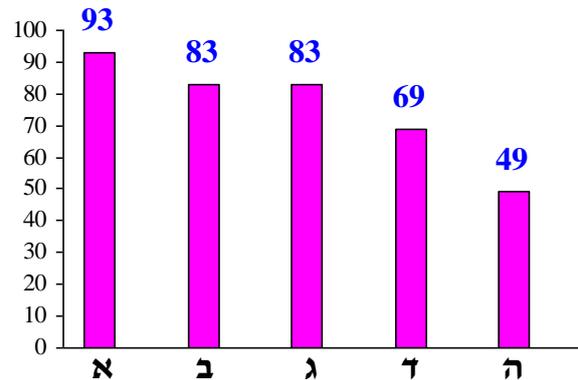
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 2% מהתלמידים



ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 76

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר את השיטה לקביעת הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ במי שתייה באמצעות טיטרציה עם תמיסת EDTA, בנוכחות האינדיקטור קסילנול כתום למרות שהם לא מכירים קביעה זו באופן ישיר, על התלמידים להשליך את העקרונות שלמדו על קביעה דומה.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים, כולל השימוש ביחידות שונות לקביעת הריכוז של יונים בתמיסה.
- להסביר כיצד קובעים את ריכוז היונים במים בשיטה ספקטרופוטומטרית.
- להשוות בין שתי השיטות לקביעת ריכוז יונים בתמיסה - להעריך יתרונות וחסרונות של כל שיטה.
- לקרוא נתונים מגרף הכיול ולהשתמש בהם כדי לקבוע את ריכוז היונים בתמיסה הנבדקת.
- לקשר בין ריכוז היונים בתמיסה לבין מספר הפוטונים הנבלעים על ידי התמיסה.
- לתכנן ניסוי במעבדה כדי לקבוע את הריכוז של יונים בתמיסה.

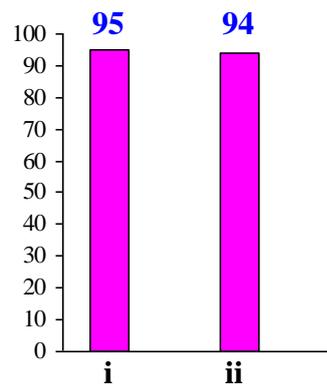
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

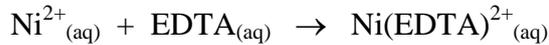
נחל בצפון הארץ זוהם בשפכים המכילים יוני ניקל, $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$. מים שבהם ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ גבוה מ- 0.02 ppm פוגעים בבריאות האדם, ולכן אסורים לשתיה. אחת השיטות לקביעת ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ במי שתייה היא טיטרציה עם תמיסת EDTA, בנוכחות האינדיקטור קסילנול כתום. במעבדה קבעו את ריכוז יוני ה- $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ במי הנחל על פי השלבים האלה:

סעיף א' (הציון 95)



תת-סעיף i (הציון 95)

לדגימה של מי הנחל שנפחה 25 מ"ל, הוסיפו 25 מ"ל של תמיסת EDTA_(aq) בריכוז 0.001 M. תמיסת EDTA_(aq) הוספה בעודף, כדי שכל יוני ה-Ni²⁺_(aq) יגיבו ליצירת יוני תצמיד, על פי התגובה:



חשב את מספר המולים של EDTA ב- 25 מ"ל תמיסה. פרט את חישוביך.

התשובה:

מספר המולים של EDTA ב- 25 מ"ל תמיסה:

$$0.001 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.025 \text{ liter} = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט ולא נמצאו טעויות.

תת-סעיף ii (הציון 94)

הוסיפו את האינדיקטור קסילנול לאחר הוספת EDTA_(aq) לתמיסה שנוצרה. צבע התמיסה השתנה לאדום. טיטרו את העודף של EDTA_(aq) על ידי תמיסת יוני אבץ, Zn²⁺_(aq), בריכוז 0.001 M. יוני Zn²⁺_(aq) יוצרים עם EDTA תצמיד Zn(EDTA)²⁺_(aq). נקודת הסוף של הטיטרציה נקבעה על פי שינוי צבע התמיסה מאדום לצהוב. לטיטרציה נדרשו 22 מ"ל של תמיסת יוני Zn²⁺_(aq). חשב את מספר המולים של יוני Zn²⁺_(aq) ב- 22 מ"ל תמיסה. פרט את חישוביך.

התשובה:

מספר המולים של יוני Zn²⁺_(aq) ב- 22 מ"ל תמיסה:

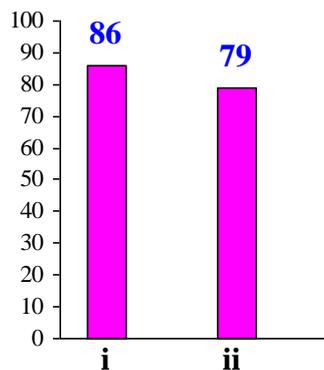
$$0.001 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.022 \text{ liter} = 2.2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט ולא נמצאו טעויות.

סעיף ב' (הציון 83)



תת-סעיף i (הציון 86)

כדי לחשב את מספר המולים של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה, יש להחסיר את מספר המולים של יוני $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$ ממספר המולים של EDTA, שהוסיפו לדגימת מי הנחל. חשב את הריכוז המולרי של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה. פרט את חישוביך.

התשובה:

מספר המולים של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה:

$$2.5 \cdot 10^{-5} \text{ mol} - 2.2 \cdot 10^{-5} \text{ mol} (= 0.3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}) = 3.0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

הריכוז המולרי של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה:

$$\frac{3.0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{0.025 \text{ liter}} = 1.2 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יי שום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את מספר המולים של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה - על פי הנתונים בשאלה, ואת הריכוז המולרי של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה, אך היו תלמידים שטעו. הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא שימוש בנפח לא נכון של התמיסה: משתמשים בנפח 0.072 ליטר במקום 0.025 ליטר, ז.א. מחברים נפחים של כל התמיסות המקוריות:

- $\frac{3.0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{0.072 \text{ liter}} = 4.2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

תת-סעיף ii (הציון 79)

חשב את הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה ביחידות ppm. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$59 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של יוני ניקל:

הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה ביחידות ppm:

$$1.2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 59 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 7.08 \cdot 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{liter}} = 7.08 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} = 7.08 \text{ ppm}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים חישובו נכון את הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה ביחידות ppm,

אך חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ טעויות ביחידות ואי-התאמת יחידות.
- ♦ ביצוע חלק מהחישוב ודילוג על ערך הריכוז במ"ג לליטר:
- ♦ חישוב מספר המולים של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה במקום הריכוז.

המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים - לאחר כל ניסוי, שכולל טיטרציה, לכתוב בדו"ח מעבדה, מול תצפיות בכל אחד מהשלבים, את הפירוש - מה מתרחש בשלב זה. מומלץ בעת ביצוע טיטרציה, להזכיר לתלמידים מדוע מוסיפים תמיסה מביורטה על ידי טפטוף. ביצוע מעשי של הניסוי יכול לסייע להבנת מגבלות השיטה הוולומטרית, במיוחד אם התלמיד כותב את דו"ח המעבדה על פי הדרישות של מעבדת חקר ברמה II.

סעיף ג' (הציון 83)

לאחר הטיהור של מי הנחל, החליטו לבדוק את ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ במים בשיטה ספקטרוטומטרית ולא בטיטרציה. הסבר מדוע.

התשובה:

לאחר הטיהור הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ במי הנחל נמוך מריכוזו לפני הטיהור. שיטת הטיטרציה אינה מתאימה לקביעת ריכוזים נמוכים.

בשיטה ספקטרוֹפוטומטרית אפשר לקבוע ריכוז נמוך מאוד של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ במי הנחל בדיוק רב יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים הבינו שאחרי הטיהור של מי הנחל, יש לבדוק את ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ במים בשיטה מדויקת יותר - בשיטה ספקטרוֹפוטומטרית, אך חלק מהתלמידים התקשו בהסבר. הטעות האופיינית העיקרית בסעיף זה היא תיאור השיטות במקום השוואת הדיוק שלהן:

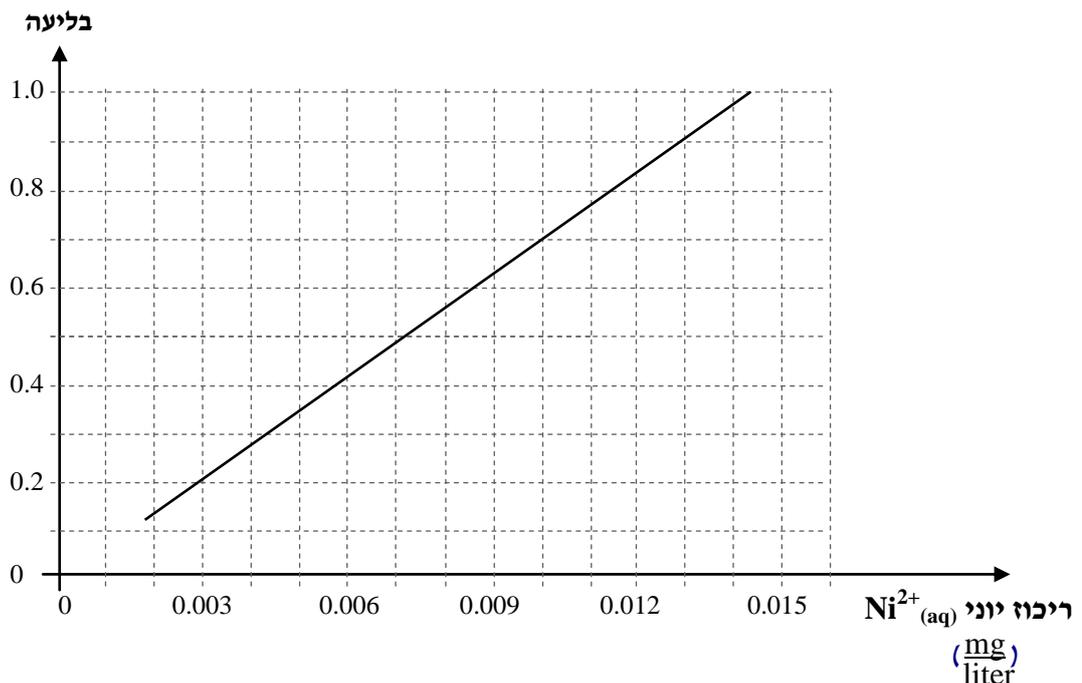
- "כי בשיטה הספקטרוֹפוטומטרית יש יחס ישר בין ריכוז היונים לבליעה."
- " כי בשיטה הספקטרוֹפוטומטרית עובדים עם מכשיר."

המלצות

אנחנו משתמשים במושג "דיוק" בשלבים שונים של ניסויים, ולכן כדאי לקחת בחשבון, שהתלמידים לא תמיד מבינים במה מדובר. מומלץ לבקש מהתלמידים, בדוחות על הניסויים של קביעת ריכוז המומס במים מינרליים, לחשב סטיית תקן - גם בקבוצת העבודה וגם על פי תוצאות של כל הכיתה, ולאחר מכן להתייחס גם לנתונים בתווית שעל הבקבוק ולהסביר את ההבדל בין המושגים "דיוק" ו"מהימנות" (התלמידים לא אמורים לדעת איך מחשבים סטיית תקן, אלא להבין את המשמעות שלה באופן כללי ואת הקשר של סטיית תקן למהימנות).

פתיח לסעיפים ד-ה

גרף הכיול שלפניך מציג קשר בין הבליעה של תמיסות המכילות יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ לבין הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ בתמיסות אלה. כל המדידות בוצעו באורך גל קבוע 232 nm.



סעיף ד' (הציון 69)

לתמיסה שבה ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ הוא $0.012 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$, הבליעה גדולה יותר מאשר לתמיסה שבה ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ הוא $0.006 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$. הסבר מדוע.

התשובה:

כל יון בולע פוטון אחד.
לכן, ככל שריכוז התמיסה גבוה יותר יש יותר יונים בתמיסה באותו נפח, ויותר פוטונים נבלעים.
ולכן הבליעה סה"כ גדולה יותר.

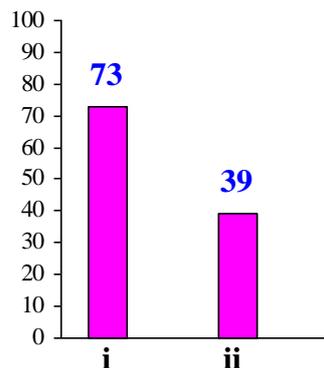
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו בהסבר. הטעויות האופייניות שאותרו:
- ♦ חזרה על נתוני השאלה במקום הסבר:
 - "לתמיסה מרוכזת יותר הבליעה גדולה יותר."
 - ♦ הסבר על פי חוק בר-למבר ולא ברמה מיקרוסקופית:
 - "על פי חוק בר-למבר, בריכוזים נמוכים יש יחס ישר בין הריכוז של החלקיקים בתמיסה לבין הבליעה."

סעיף ה' (הציון 49)

לאחר טיהור הנחל, נלקחו שתי דגימות מים (1)-(2) בשני מקומות לאורך הנחל.



תת-סעיף i (הציון 73)

בבדיקת דגימה (1) נמדדה הבליעה 0.9.
קבע את הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$ בדגימה (1).

התשובה:

0.013 מ"ג לליטר.

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

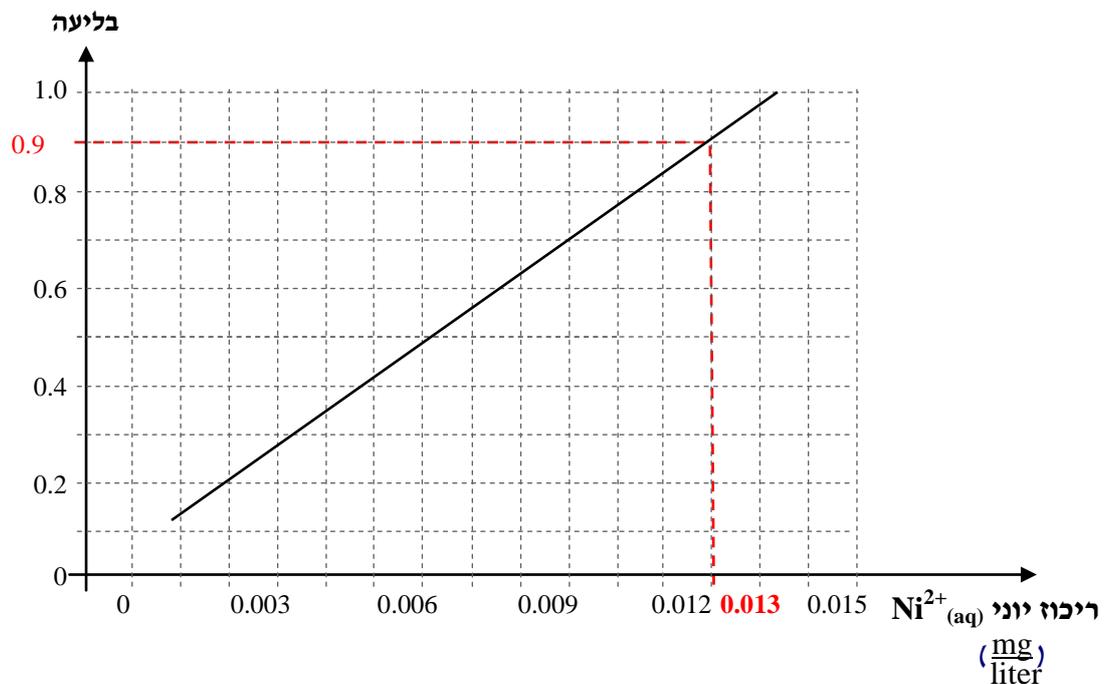
ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני.

חלק מהתלמידים לא הצליחו לקרוא נתונים מגרף הכיול ולעבוד איתם כדי לקבוע את הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה (1). הטעויות שאותרו הן טעויות בקריאת הנתונים מהגרף הנתון.

המלצות

מומלץ להראות לתלמידים כיצד מקבלים את הנתון המבוקש מהגרף:



תת-סעיף ii (הציון 39)

הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה (2) היה נמוך מ- $0.001 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$. במקרה זה אי-אפשר להשתמש ישירות בגרף הכיול הנתון.

מה תעשה במעבדה כדי לקבוע את הריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה (2)?

התשובה:

שלבי עבודה במעבדה:

1. צריך להכין במעבדה תמיסות מהולות יותר, בריכוזים ידועים, שטווח הריכוזים שלהן יהיה מתאים לריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה (2).
2. למדוד את הבליעה של כל אחת מהתמיסות המהולות שהוכנו.
3. לבנות גרף כיול חדש עבור תמיסות מהולות שהוכנו.
4. למדוד את הבליעה של דגימה (2).
5. לקבוע על פי הגרף את ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה (2).

אפשר לקבל גם תשובות אחרות, למשל:

- לאדות חלק מהמים בדגימה (2), כדי לקבל דגימה מרוכזת יותר המתאימה לגרף הכיול הנתון.
 1. לאדות חלק מהמים מדגימה (2).
 2. למדוד את הנפח של הדגימה לאחר האיזוי.
 3. לחשב פי כמה גדל ריכוז התמיסה.
 4. למדוד את הבליעה של הדגימה.
 5. לקבוע על פי הגרף את ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה.
 6. לחשב את ריכוז יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה (2) המקורית.
- להוסיף דגימה (2) לדגימה בריכוז ידוע - מספיק גבוה כדי לקבוע את הריכוז המתקבל בעזרת גרף הכיול הנתון. לאחר קביעת ריכוז זה להחסיר את הריכוז הידוע ובכך לקבל ריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה (2).

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך ביותר. רוב התלמידים לא הצליחו לתכנן ניסוי כדי לקבוע ריכוז של יוני $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ בדגימה (2). חלקם לא ענו כלל לתת-סעיף זה.
- הטעויות האופייניות שאותרו:
- ♦ אי הבנה של השאלה - התלמידים חשבו שמדובר בתמיסה מרוכזת יותר מאשר התמיסות שריכוזיהן מופיעים בגרף הנתון:
 - "צריך למהול את התמיסה כדי שהיא תהיה בתחום הליניארי, ואז אפשר יהיה להשתמש בגרף הכיול הנתון."
 - ♦ חוסר הבנה של המושג "ריכוז תמיסה":
 - "במעבדה אשפוך קצת מים מהדגימה על מנת שהריכוז של יוני ניקל יגדל, וכך אוכל לבדוק את הבליעה על פי גרף הכיול."
 - ♦ תשובות חלקיות ללא פירוט של שלבי העבודה במעבדה:
 - "יש למדוד את הבליעה של דגימה (2) בעזרת תמיסות מהולות יותר."

המלצות

מומלץ ללמד שיטות אנליטיות במהלך הביצוע של ניסויים מתאימים המלווים בכתיבת דו"חות. כך התלמידים יבינו טוב יותר את הרקע התיאורטי, שעליו מבוססת כל שיטה אנליטית, יכירו טוב יותר את השיטה ואת ייחודה. לאחר לימוד הרקע התיאורטי וביצוע הניסויים, מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים, המבוססים על תוצאות שהתקבלו במעבדה, ולבקש מהתלמידים הסבר מילולי וניתוח התוצאות. דוגמאות נמצאות במדריך למורה לספר הלימוד "יש לי כימיה עם הסביבה", מאת ד"ר דפנה מנדלר, ד"ר מלכה יאיון, אסנת אהרוני, באתר הספר:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/sviva>

קשה לתלמידים להבין את הרקע התיאורטי של השיטה הספקטרופוטומטרית ואת ייחודה ללא ביצוע הניסויים, ותרגול המבוסס על תוצאות שהתקבלו במעבדה, הסבר וניתוח של התוצאות אלה. דעתנו היא שכדי להצליח בשאלה מסוג זה, על התלמידים לבצע כראוי, על כל שלביו, את הניסוי של קביעה ספקטרופוטומטרית של ריכוז יוני המומס במים, כולל הכנת גרף כיוול. לעיתים אותן טעויות חזרו על עצמן בכל המחברות של המנה, כלומר של אותה כיתה. הדבר מעיד על כך שתלמידי כיתה זו לא ביצעו את הניסוי. מומלץ לכל מורה, שבוחר ללמד מבנית זו, לדאוג לכך שהתלמידים יבצעו את כל הניסויים הנכללים בה. חשוב שהתלמידים יבינו את כל שלבי הניסוי המתואר ויסיקו מסקנות מן המידע. בעת ביצוע ניסויים במעבדה, מומלץ לבקש מהתלמידים להסביר מה מתרחש בכל אחד משלבי הניסוי ולרשום הסברים אלה בדו"ח.

מומלץ להסביר לתלמידים (בתור העשרה) באופן מפורט יותר כיצד פועל ספקטרופוטומטר. קישורים מומלצים:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Spectrophotometry>

סרטון שהכין ד"ר גלעד פילוסוף: ספקטרופוטומטר וספקטרום האור הנראה:

<https://www.youtube.com/watch?v=ghga50J4Wk8>

סרטון: How a Simple UV-visible Spectrophotometer Works

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

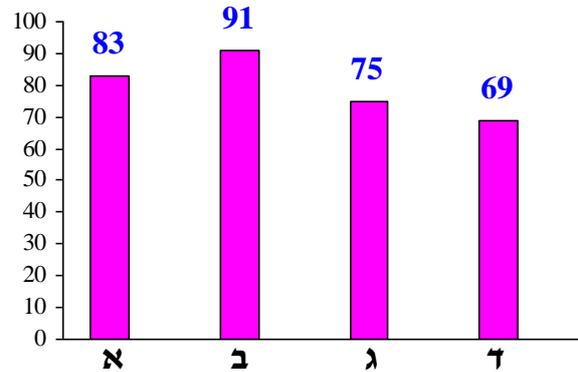
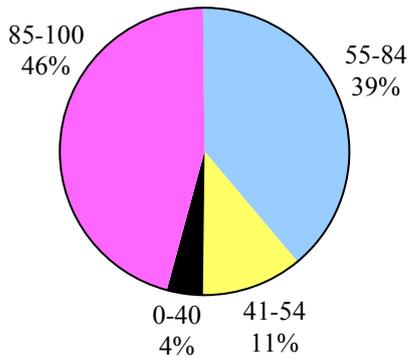
שאלה 14

ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 78

פיזור ציונים

בחרו בשאלה 4% מהתלמידים

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר מהו אפקט החממה.
- להסביר את התפקיד של גזי חממה באפקט החממה.
- להביא דוגמאות לתהליכים שהאדם מעורב בהם, המשפיעים על אפקט החממה.
- לקשר בין אנרגיית הפוטון של הקרינה לבין תדירות הקרינה.
- לחשב אורך גל כשנתונה תדירות הקרינה.
- לקרוא ספקטרום בליעה של גז ולהסביר את הנתונים המוצגים בספקטרום.
- להתאים ספקטרום בליעה לכל אחד מגזי החממה הנתונים על פי אורכי גל של הבליעה המופיעים בספקטרום.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

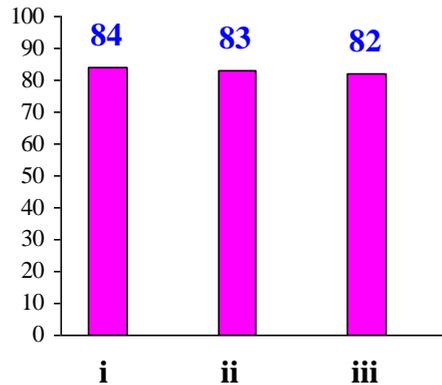
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
יישום	iii	
הבנה		ב
יישום	i	ג
אנליזה	ii	
אנליזה		ד

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בגזי חממה.

סעיף א' (הציון 83)

קבע עבור כל אחד מן ההיגדים i-iii שלפניך אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 84)

גזי חממה בולעים רק את הקרינה המגיעה ישירות מן השמש.

התשובה:

קביעה: לא נכון.

נימוק: גזי חממה בולעים חלק מקרינת IR הנפלטת מכדור הארץ.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון וידעו מהו אפקט החממה, כולל תפקידם של גזי חממה.

התלמידים שטעו קבעו שההיגד לא נכון, אך התקשו בהסבר.

הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר הבנה של אפקט החממה:

- "לא נכון. אפקט החממה נגרם גם מהקרינה המגיע מהשמש וגם מהקרינה הנפלטת מהחומרים באדמה."

חלק מהתלמידים ידעו שגזי חממה לא בולעים את הקרינה המגיעה ישירות מן השמש, אך לא ציינו מהי הקרינה הנבלעת:

- לא נכון. גזי חממה בולעים קרינה אחרת."

תת-סעיף ii (הציון 83)

ללא גזי חממה הטמפרטורה על כדור הארץ הייתה נמוכה מכדי לאפשר קיום חיים כפי שהם כיום.

התשובה:

קביעה: נכון.

נימוק: גזי חממה בולעים חלק מקרינת IR הנפלטת מכדור הארץ, ובכך מעלים את טמפרטורת האטמוספירה (ובכך מאפשרים קיום חיים כפי שהם כיום).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון והסבירו את קביעתם. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ קביעה נכונה ללא הסבר.
- ◆ קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי:
- "נכון. גזי חממה פולטים את הקרינה ובכך מחממים את האטמוספירה."
- "נכון. פליטת הקרינה על ידי גזי חממה גורמת להתחממות."

תת-סעיף iii (הציון 82)

כל הקרינה שנפלטת מכדור הארץ עוברת את האטמוספירה ויוצאת לחלל החיצון.

התשובה:

קביעה: לא נכון.

נימוק: חלק (משמעותי) מקרינת IR, הנפלטת מכדור הארץ, נבלעת על ידי גזי חממה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. תלמידים שענו נכון לתת-סעיף א i, לא התקשו לענות לתת-סעיף זה.

ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשלושה סוגים עיקריים:

1. קביעה נכונה ללא הסבר.
2. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
- "נכון. הקרינה לא נשארת בקרבת כדור הארץ ויוצאת."
3. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
- "לא נכון. קרינה אולטרה-סגולה, הנפלטת מכדור הארץ, נבלעת על ידי הגזים."

סעיף ב' (הציון 91)

אפקט החממה מושפע, בין היתר, מתהליכים שהאדם מעורב בהם. הבא דוגמה אחת לתהליך כזה.

התשובה:

אחת מהדוגמאות:

- שימוש בדלקים פוסיליים הוא תהליך של שרפת הדלק. (בתהליך השרפה נוצר $\text{CO}_2(\text{g})$ ונפלט לאטמוספירה, כלומר זה תהליך שמעלה את ריכוז $\text{CO}_2(\text{g})$ באטמוספירה, ובכך מגביר את אפקט החממה.)
- כריתת יערות (ביערות מתקיים תהליך פוטוסינתזה, שבו נקלט $\text{CO}_2(\text{g})$ על ידי עצים וצמחים, מגיב עם מים ונוצרים גלוקוז וחמצן: $6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g})$). תהליך הפוטוסינתזה מוריד את ריכוז $\text{CO}_2(\text{g})$ באטמוספירה. לפיכך, כריתת יערות גורמת להפחתת הפוטוסינתזה ולעלייה בריכוז $\text{CO}_2(\text{g})$.

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

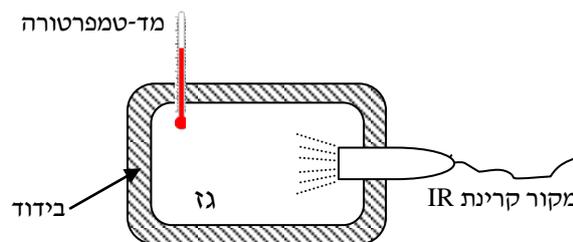
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. רוב התלמידים הביאו דוגמאות מתאימות לתהליכים שהאדם מעורב בהם, אשר משפיעים על אפקט החממה. תלמידים מעטים כתבו תשובות חלקיות, לא מפורטות:

- "תהליך שריפה."
- "מפעלים תעשייתיים פולטים גזים רעילים."

פתיח לסעיפים ג-ד

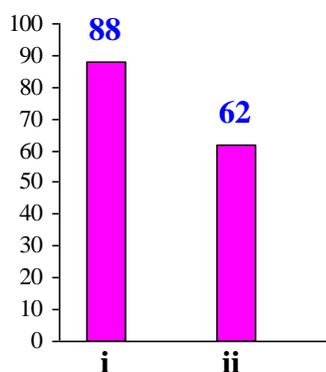
חוקרים בדקו את השפעת התדירות של קרינה אינפרא אדומה (IR), הנבלעת על ידי גז חממה, על טמפרטורה של הגז. הם ערכו ניסוי בשלושה גזי חממה, המצויים בכלים זהים, סגורים ומבודדים. מספר המולים של גז בכל אחד מהכלים היה שווה. הקרינו כל אחד מהגזים בשלוש תדירויות שונות של קרינת IR, במשך 20 דקות. בכל בדיקה מדדו את הטמפרטורה ההתחלתית והסופית של הגז בכלי סגור ומבודד. לפניך איור של מערכת הניסוי.



הטבלה שלפניך מציגה את תוצאות המדידות של טמפרטורת הגז, T.

			תדירות הקרינה (Hz)
$3.9 \cdot 10^{13}$	$3.1 \cdot 10^{13}$	$2.0 \cdot 10^{13}$	גז החממה שהוקרן
עלייה ב-T	אין שינוי ב-T	אין שינוי ב-T	מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$
אין שינוי ב-T	עלייה ב-T	אין שינוי ב-T	אוזון, $\text{O}_3(\text{g})$
אין שינוי ב-T	אין שינוי ב-T	עלייה ב-T	פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$

סעיף ג' (הציון 75)



תת-סעיף i (הציון 88)

קבע איזה גז משלושת הגזים שנבדקו בניסוי בלע קרינה שאנרגיית הפוטון שלה היא הגדולה ביותר. נמק ללא חישוב.

התשובה:

קביעה: הגז $\text{CH}_4(\text{g})$.

נימוק: ערך האנרגיה של פוטון הקרינה האלקטרומגנטית הוא ביחס ישר לתדירות הקרינה (אנ: $E = h\nu$). הקרינה שהתדירות שלה היא הגבוהה ביותר נבלעה על ידי $\text{CH}_4(\text{g})$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קישרו בין אנרגיית הפוטון של הקרינה לבין תדירות הקרינה. תלמידים מעטים טעו בקביעת היחס בין תדירות הקרינה לבין אנרגיית הפוטון של הקרינה:

- "ככל שאנרגיית הפוטון גבוהה יותר כך התדירות נמוכה יותר."

תת-סעיף ii (הציון 62)

החוקרים ערכו בדיקה נוספת שבה הכפילו את מספר המולים של אוזון, $O_3(g)$, בכלי, והקרינו את $O_3(g)$ בקרינת IR בתדירות $3.9 \cdot 10^{13}$ Hz, במשך 20 דקות. קבע אם הכפלת מספר המולים של $O_3(g)$ גרמה לעלייה של טמפרטורת הגז. אם כן - הסבר כיצד. אם לא - הסבר מדוע.

התשובה:

לא, הכפלת מספר המולים של $O_3(g)$ לא תגרום לעלייה בטמפרטורה. מולקולות $O_3(g)$ לא בולעות את קרינת IR בתדירות $3.9 \cdot 10^{13}$ Hz. (בליעת הקרינה בתדירות מסוימת אינה תלויה במספר מולקולות גז.)

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים ענו נכון לסעיף הקודם לגבי יחס ישר בין האנרגיה של פוטון הקרינה לתדירות הקרינה, אך כנראה לא הבינו שתדירות הקרינה אינה תלויה במספר מולקולות גז. הטעות האופיינית העיקרית היא קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

- "הכפלת מספר המולים של אוזון גרמה לעלייה בטמפרטורת הגז מפני שכל מולקולה בולעת פוטון."
- "טמפרטורת הגז תעלה כי יש יותר פיזור של גז אוזון, מה שגורם ליותר סיכוי לקלוט קרינת IR."
- "ככל שמוסיפים יותר מולים יתרחשו יותר התנגשויות בין החלקיקים והטמפרטורה תעלה."

המלצות

מומלץ לבצע ניסוי חקר "בקבוקים לוהטים" כניסוי ברמה II מלא. ביצוע הניסוי עוזר לתלמידים להבין את הקשר בין שינוי הטמפרטורה במערכת המכילה גז כלשהו כתוצאה מהקרנת הגז בקרינת IR, באורך גל מסוים. גרסתו המעודכנת של הניסוי נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=324&ArticleID=3909>

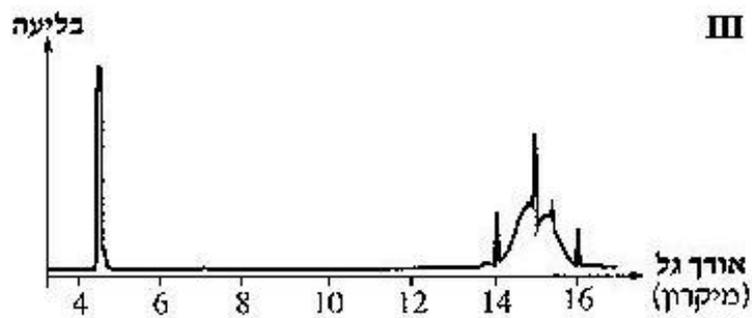
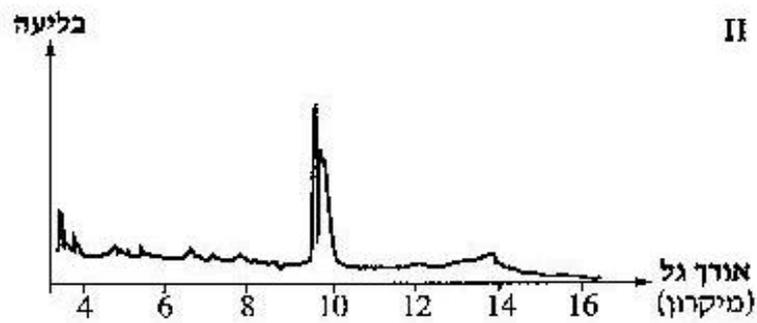
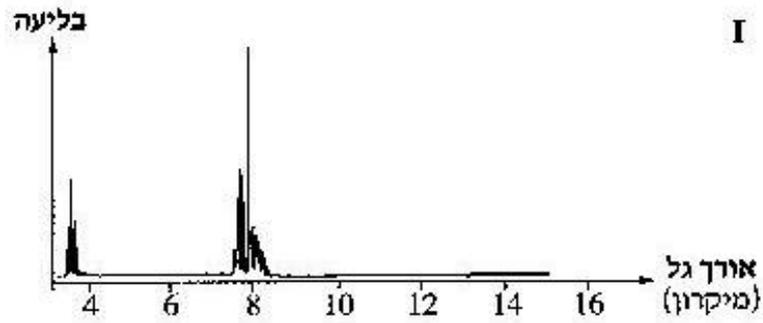
גירסה זו היא עיבוד של ד"ר מלכה יאיון וד"ר דבורה קצביץ, על פי ניסוי מתוך הספר "יש לי כימיה עם הסביבה" מאת דפנה מנדלר, אסנת אהרוני, מלכה יאיון, מכון ויצמן למדע. הפעילות כוללת הנחיות לתלמיד וכרטיס ניסוי - הנחיות למורה.

סעיף ד' (הציון 69)

לפניך שלושה ספקטרה בליעה, III-I, בתחום 2-16; מיקרון של שלושה גזי חממה:



קבע איזה ספקטרום מתאים לכל אחד משלושת הגזים. פרט את חישוביך, ונמק.



התשובה:

חישוב על פי נתוני הטבלה בפתיח לסעיף ג:	נימוק:	קביעה:
$\lambda = \frac{c}{\nu}$ $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{3.9 \cdot 10^{13} \frac{1}{\text{sec}}} = 7.7 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 7.7 \text{ micron}$	גז זה בולע באורך גל 7.7 micron	ספקטרום I מתאים לגז $\text{CH}_4(\text{g})$
$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{3.1 \cdot 10^{13} \frac{1}{\text{sec}}} = 9.7 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 9.7 \text{ micron}$	גז זה בולע באורך גל 9.7 micron	ספקטרום II מתאים לגז $\text{O}_3(\text{g})$
$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{2 \cdot 10^{13} \frac{1}{\text{sec}}} = 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 15 \text{ micron}$	גז זה בולע באורך גל 15 micron	ספקטרום III מתאים לגז $\text{CO}_2(\text{g})$

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

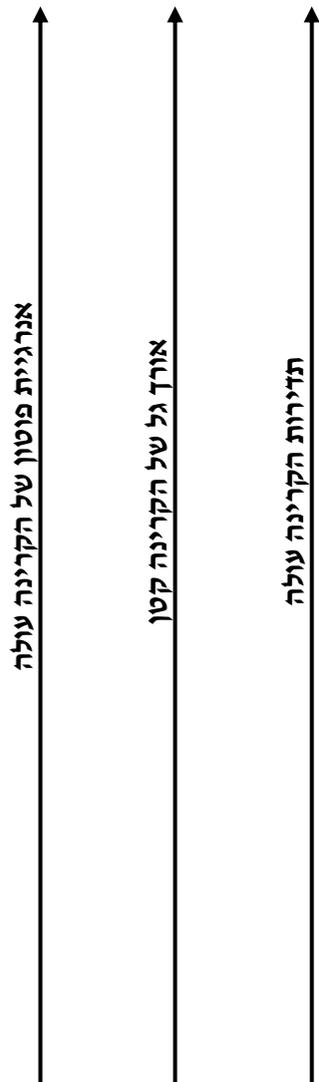
ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק מהתלמידים לא הצליחו לבצע אחת מהפעולות או את שניהן:

- ♦ לקשר בין תדירות הקרינה לבין אורך גל ולחשב אורכי הגל על פי תדירות. בפעולה זו הופיעו טעויות חישוב, בעיקר אי-התאמת יחידות.
- ♦ התאמה של ספקטרום בליעה לכל אחד מגזי החממה הנתונים על פי אורכי גל של הבליעה, המופיעים בספקטרום. בפעולה זו אותרו טעויות בהתאמה של ספקטרום בליעה לכל אחד מהגזים:
- "I מתאים ל- $\text{O}_3(\text{g})$, II מתאים ל- $\text{CO}_2(\text{g})$, I מתאים ל- $\text{CH}_4(\text{g})$, כי ל- $\text{CH}_4(\text{g})$ יש אורך הגל הארוך ביותר."

המלצות

כדי לעזור לתלמידים להבין טוב יותר את הקשר בין תדירות הקרינה, אורך גל ואנרגיית הפוטון, מומלץ לעבור איתם על הטבלה בעמוד 87 בספר הלימוד בספר לימוד "יש לי כימיה עם הסביבה" מאת דפנה מנדלר, אסנת אהרוני, מלכה יאיון, מכון ויצמן למדע. אפשר להוסיף לטבלה חצים עם ציון עלייה או ירידה של תדירות הקרינה, אורך גל ואנרגיית הפוטון:



סוג הקרינה	אורך הגל λ (m)	תדירות ν (Hz)
קרני ג	10^{-14}	10^{22}
	10^{-13}	10^{21}
	10^{-12}	10^{20}
קרני X	10^{-11}	10^{19}
	10^{-10}	10^{18}
	10^{-9}	10^{17}
אולטרא-סגול	10^{-8}	10^{16}
	10^{-7}	10^{15}
	10^{-6}	10^{14}
אור נראה	10^{-6}	10^{14}
אינפרא-אדום	10^{-5}	10^{13}
	10^{-4}	10^{12}
	10^{-3}	10^{11}
גלי מיקרו	10^{-2}	10^{10}
	10^{-1}	10^9
	10^0	10^8
גלי רדיו	10^1	10^7
	10^2	10^6
	10^3	10^5
	10^4	10^4

המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושאי 30%

נושא בחירה: כימיה של הסביבה

חומר עזר

מומלץ להיעזר במדריך למורה לספר הלימוד "יש לי כימיה עם הסביבה" מאת ד"ר דפנה מנדלר, אסנת אהרוני, ד"ר מלכה יאיון:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/sviva/>

מצגות

מומלץ להיעזר בהוראה במצגות הנמצאות באתר הספר "יש לי כימיה עם הסביבה":

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/sviva>

יישמונים

עולם המים - סינון, טיהור והתפלת המים: כתבה עם שילוב ציורים ואנימציה, מאת רן טבעוני, אתר מכון דוידסון:

<http://davidson.weizmann.ac.il/content/%D7%A2%D7%95%D7%9C%D7%9D-%D7%94%D7%9E%D7%99%D7%9D-%D7%A1%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%9F-%D7%98%D7%99%D7%94%D7%95%D7%A8-%D7%95%D7%94%D7%AA%D7%A4%D7%9C%D7%AA-%D7%94%D7%9E%D7%99%D7%9D>

סרטונים

מומלץ להסביר לתלמידים (כהעשרה) באופן מפורט יותר כיצד פועל ספקטרופוטומטר: סרטון שהכין ד"ר גלעד פילוסוף: ספקטרופוטומטר וספקטרום האור הנראה:

<https://www.youtube.com/watch?v=ghga50J4Wk8>

סרטון: How a Simple UV-visible Spectrophotometer Works

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

מומלץ להציג לתלמידים את הסרטון על טיהור מים מאת ד"ר גלעד פילוסוף, הטלוויזיה החינוכית הישראלית:

<https://www.youtube.com/watch?v=9ZJL5xK0iZM>

מומלץ להציג לתלמידים את הסרטון:

<http://www.youtube.com/watch?v=mz6UCHY6ufU> : "מערכות לטיהור מים אפורים"

כתבות

כתבה "האם נצליח להפחית את פליטת גזי החממה?": אם המדענים יצליחו לשכנע את מנהיגי

מדינות העולם לחוקק חוקים שימנעו היוצרות גזי חממה? המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4708>

לכתבה מצורפים שני קישורים רלוונטיים:

"כל אורות האזהרה כבר מהבהבים - עכשיו רק צריך שמישהו יתחיל לקחת אותם ברצינות" - כתבה מאתר הידען.

"שמירה על פליטת גזי חממה מתחבורה" - מצגת מתוך המדריך למורה לספר "יש לי כימיה עם הסביבה".

כתבה "דיזלגייט - פרשת זיהום האוויר במנועי הדיזל בחברת פולקסווגן" - במכוניות בעלות

מנוע דיזל של קבוצת פולקסווגן הותקנה תוכנה המזייפת את תוצאות בדיקת זיהום האוויר

הנפלט ממנועי המכונית. פרשה זו התגלתה בחודש ספטמבר 2015 וכונתה בתקשורת - פרשת

דיזלגייט. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4654>

מומלץ להציע לתלמידים לקרוא (כהעשרה) את המאמר "מתאן - גז חממה, גז קטלני ומקור

אנרגיה ירוק", מאת ד"ר דרור בר-ניר, "גליליאו", גיליון 107, יולי 2007:

<http://telem.openu.ac.il/courses/c20237/methane-g.htm>

כתבה "שרת הבריאות אישרה תקנות המים: הפלרת מי השתייה תיפסק"

שרת הבריאות חתמה בשנת 2014 על תקנות מי השתייה החדש שאמור לשפר משמעותית את איכות מי השתייה בבתים. לעומת זאת, הביעו ראשי האיגוד של רופאי הילדים דאגה מכך שהפסקת הפלרת המים

תפגע בבריאות השן של הילדים. הפלרת מים - טוב או רע? המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4556>

כתבה: "ספוג" הבולע פחמן דו-חמצני

כתבה מאת ד"ר משה נחמני. פלסטיק הדומה מאוד לחומרי פלסטיק המשמשים באריזות מזון יוכל

ליטול תפקיד חשוב בתכנית לצמצם את הפליטות של הגז פחמן דו-חמצני ב-30% עד שנת 2030.

המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4558>

כתבה "מקור חדש לגז חממה - מתאן"

מאת ד"ר אסף רוזנטל. מסתבר שעצים שנחשבים לרוב כבולמי ההתחממות, עלולים לבגוד בנו לאחר שהם נדבקו בחיידקים, המרוקנים את פנימם ומשאירים אותם חלולים. החיידקים הופכים את

דו-תחמוצת הפחמן למתאן בעצים שנפגעו מהם. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4381>

פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני

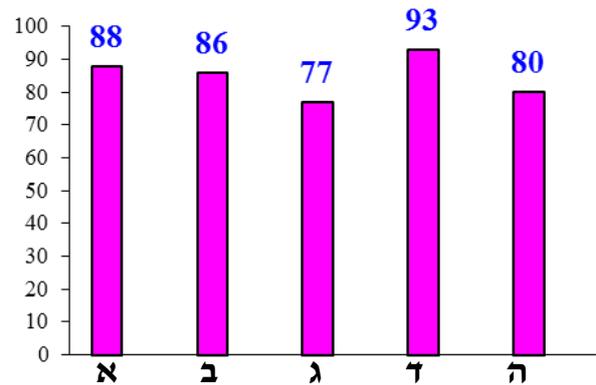
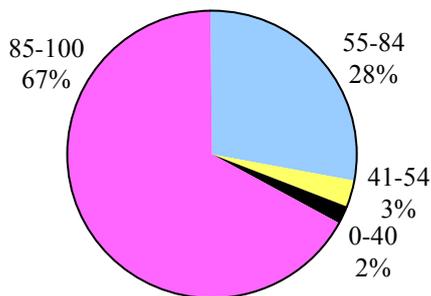
שאלה 15

ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 85

פיזור ציונים

בחרו בשאלה 3% מהתלמידים

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

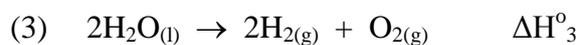
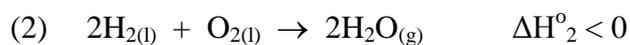
- לקבוע את הכיוון של מעבר האנרגיה בצורת עבודה.
- לחשב את כמות האנרגיה העוברת בצורת עבודה ב- 298 K.
- לחשב את השינוי באנרגיה הפנימית התקנית, ΔU° , בתגובה הנתונה, ב- 298 K.
- לקבוע את הערך של ΔH° עבור התגובה ההפוכה לתגובה שערך ה- ΔH° שלה נתון.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים.
- לבצע חישובים על פי משוואת הגזים.
- להסביר ברמה מיקרוסקופית מדוע האנטרופיה של אדי מים גבוהה מהאנטרופיה של המים במצב נוזל.
- לחשב את השינוי באנטרופיה המולרית התקנית של המערכת על פי הערכים של אנטרופיה מולרית תקנית של החומרים המשתתפים בתגובה.
- לקשר בין שינוי האנתלפיה התקנית ושינוי האנטרופיה התקנית עבור התגובה הנתונה לבין עקומה בגרף המתארת את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, עבור תגובה זו.
- לקשר בין הגרפים המתארים את התגובה הנתונה: גרף המכיל עקומה המתארת את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, וגרף המתאר את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

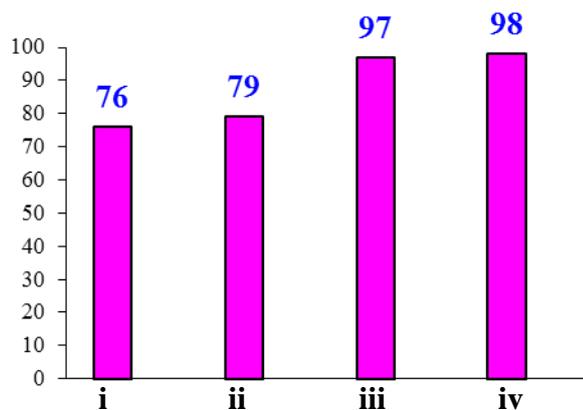
פתיח לשאלה

נתונות שלוש תגובות (1)-(3).



סעיף א' (הציון 88)

מבצעים תגובה (1) בכלי סגור בצורת מזרק, בלחץ קבוע ובטמפרטורה קבועה.



תת-סעיף i (הציון 76)

קבע עבור תגובה (1) מהו הכיוון של מעבר האנרגיה בצורת עבודה, w . נמק.

התשובה:

קביעה: כיוון מעבר האנרגיה בצורת עבודה הוא מהסביבה למערכת.

נימוק: במהלך תגובה (1) יש ירידה במספר המולים של גז (Δn : אן); $\Delta n = -3 \text{ mol}$; אן; מתרחשת דחיסת גזים).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לקבוע את הכיוון של מעבר האנרגיה בצורת עבודה. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ קביעה שגויה וניסיון לנמקה, תוך התייחסות לגורמים לא רלוונטיים:
- "התגובה אקסותרמית, ולכן הכיוון של מעבר האנרגיה בצורת עבודה הוא מהמערכת לסביבה."
- ◆ קביעה נכונה ללא נימוק.

תת-סעיף ii (הציון 79)

חשב עבור תגובה (1) את כמות האנרגיה העוברת בצורת עבודה, w , ב- 298 K . פרט את חישוביך.

התשובה:

עבור תגובה (1):

$$\Delta n = -3 \text{ mol}$$

$$(w = -RT\Delta n)$$

$$w = -8.31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} \times 298 \text{ K} \times (-3\text{mol}) = 7429 \text{ J} = 7.429 \text{ kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לחשב את כמות האנרגיה העוברת בצורת עבודה, w , ב- 298 K . הופיעו חישובים שגויים:

- ◆ הצבה של ערך לא מתאים של קבוע הגזים: $R = 0.082 \text{ liter}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

- ◆ חישוב על פי נוסחה לא מתאימה: $w = -\Delta H^0 = 571.6 \text{ kJ}$

תת-סעיף iii (הציון 97)

חשב את השינוי באנרגיה הפנימית התקנית, ΔU° , בתגובה (1) ב-298 K. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$(\Delta U^\circ = \Delta H^\circ + w)$$

$$\Delta U^\circ = -571.6 \text{ kJ} + 7.429 \text{ kJ} = -564.17 \text{ kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. לא אותרו טעויות.

תת-סעיף iv (הציון 98)

מהו הערך של ΔH°_3 ? נמק.

התשובה:

קביעה: $\Delta H^\circ_3 = +571.6 \text{ kJ}$

נימוק: תגובה זו הפוכה לתגובה (1).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. לא אותרו טעויות.

המלצות

מומלץ לסכם עם התלמידים את הכללים בנושא מעברי אנרגיה:
האנרגיה הפנימית של החומר:

$$U = E_p + E_k$$

מעברי אנרגיה בין המערכת לסביבה מתקיימים על ידי העברת אנרגיה בצורת חום ו/או אנרגיה בצורת עבודה:

$$\Delta U = q + w$$

כאשר מתקיימים מעברי אנרגיה בין המערכת לסביבה (בצורת עבודה או בצורת חום) - חל שינוי באנרגיה הפנימית של המערכת.

העברת אנרגיה בצורת חום מתרחשת מגוף בטמפרטורה גבוהה לגוף בטמפרטורה נמוכה, על ידי התנגשויות אקראיות.
 העברת אנרגיה בצורת עבודה אל הסביבה מתרחשת כאשר המערכת פועלת כנגד כוח חיצוני: כאשר המערכת מבצעת עבודה על הסביבה היא גורמת לתנועה מכוונת של חלקיקים בתוך הסביבה.
 מעברי אנרגיה המשפיעים על האנרגיה הפנימית:

העברת אנרגיה בצורת עבודה	העברת אנרגיה בצורת חום	
המערכת מבצעת עבודה על הסביבה $w < 0$	טמפרטורת המערכת גבוהה מטמפרטורת הסביבה $0 > q$	מעבר מהמערכת לסביבה $\Delta U < 0$
הסביבה מבצעת עבודה על המערכת $0 < w$	טמפרטורת הסביבה גבוהה מטמפרטורת המערכת $0 < q$	מעבר מהסביבה למערכת $\Delta U > 0$

מהטבלה ניתן להסיק כי:

- כאשר מתבצעת עבודה על הסביבה או מועברת אנרגיה בצורת חום לסביבה: $w < 0$ $q < 0$
- כאשר מתבצעת עבודה על המערכת או מועברת אנרגיה בצורת חום למערכת (על ידי התנגשויות): $w > 0$ $q > 0$

סעיף ב' (הציון 86)

תגובה (2) סיפקה אנרגיה למעבורות חלל בעת המראתן למסע במסלול סביב כדור הארץ.
 לצורך המסע היה דרוש, בין היתר, מכל המכיל חמצן נוזלי, $O_{2(l)}$.
 מסת החמצן הנוזלי היא $6.24 \cdot 10^5$ ק"ג.
 חשב מה היה צריך להיות נפח המכל, אילו היו משתמשים במסע בחמצן במצב גז, $O_{2(g)}$, בטמפרטורה 298 K ובלחץ 1 אטמוספירה. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$(P = 1 \text{ atm} , R = 0.082 \text{ liter} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} , T = 298 \text{ K})$$

$$(PV = nRT)$$

$$n = \frac{6.24 \cdot 10^8 \text{ gr}}{32 \text{ gr} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.95 \cdot 10^7 \text{ mol}$$

$$V = \frac{1.95 \cdot 10^7 \text{ mol} \times 0.082 \text{ liter} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}}{1 \text{ atm}} (= 476.5 \cdot 10^6 \text{ liter}) = 4.765 \cdot 10^8 \text{ liter}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים ביצעו נכון את החישובים. הופיעו טעויות מעטות:

- ♦ טעויות בהצבה בחישוב נפח המכל.
- ♦ אי-התאמת יחידות.

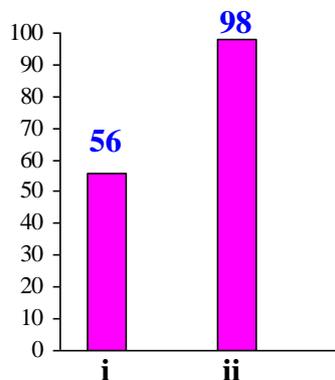
המלצות

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות שעשויות לסייע לתלמידים להבין את הקשר בין המשתנים המופיעים במשוואת הגזים ברמה מיקרוסקופית, ולא להשתמש במשוואה זו לחישובים בלבד.

סעיף ג' (הציון 77)

בטבלה שלפניך מוצגים ערכי אנטרופיה מולרית תקנית, S° , של החומרים המשתתפים בתגובות (1)-(3).

החומר	$H_2(g)$	$O_2(g)$	$H_2O(l)$	$H_2O(g)$
אנטרופיה מולרית תקנית, S° ($J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$)	130.6	205.1	70.0	188.7



תת-סעיף i (הציון 56)

הסבר מדוע הערך של האנטרופיה המולרית התקנית, S° , של $H_2O(g)$ גבוה מן הערך של האנטרופיה המולרית התקנית, S° , של $H_2O(l)$.

התשובה:

במצב גז יש למולקולות המים יותר אופני (אנ: צורות) תנועה מאשר למולקולות המים במצב נוזל, לכן במצב גז פיזור האנרגיה גדול יותר (אנ: יש יותר אפשרויות לתאר את פיזור האנרגיה). הנפח של אחד מול $H_2O(g)$ גדול בהרבה מן הנפח של אחד מול $H_2O(l)$.

מולקולות הגז תופסות את כל נפח הכלי ולכן במצב גז פיזור החלקיקים גדול יותר (א): במצב גז מספר המצבים שבהם אפשר למקם את החלקיקים גדול יותר).

א):

במצב גז מספר המצבים המיקרוסקופיים גדול יותר, כי פיזור האנרגיה ופיזור החלקיקים גדולים יותר מאשר במצב נוזל.

לכן האנטרופיה המולרית התקנית של $H_2O_{(g)}$ גדולה מהאנטרופיה המולרית התקנית של $H_2O_{(l)}$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר מדוע ערך האנטרופיה המולרית התקנית, של $H_2O_{(g)}$ גבוה מערך האנטרופיה המולרית התקנית, של $H_2O_{(l)}$. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים חלקיים שאינם כוללים את כל הגורמים. הטעות האופיינית העיקרית היא התייחסות אל פיזור חלקיקים בלבד.

המלצות

מומלץ להרגיל את התלמידים לכתוב הסברים מלאים, הכוללים התייחסות לכל הגורמים.

תת-סעיף ii (הציון 98)

חשב את השינוי באנטרופיה המולרית התקנית של המערכת, $\Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}}$, עבור תגובה (3). פרט את חישוביך.

התשובה:

$$\Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} = 2\text{mol} \times 130.6\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} + 1\text{mol} \times 205.1\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} - 2\text{mol} \times 70\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = -326\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$$

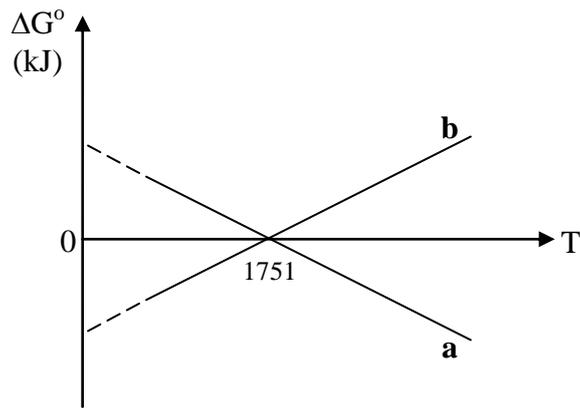
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. לא אותרו טעויות.

סעיף ד' (הציון 93)

בגרף שלפניך שתי עקומות, a ו-b, המתארות את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, עבור התגובות (1) ו-(3).



קבע איזו מבין העקומות, **a** או **b**, מתאימה לתגובה (3). נמק.

התשובה:

קביעה: עקומה **a** מתאימה לתגובה (3).

נימוק: הערך של ΔH° הוא נקודת החיתוך של העקומה עם ציר y .

$\Delta H^\circ_3 > 0$ (אנ: תגובה (3) היא אנדותרמית), ולכן עקומה **a** מתאימה לתגובה (3).

אנ: שיפוע העקומה הוא $-\Delta S^\circ$. $-\Delta S^\circ > 0$ מערכת ΔS° , ולכן שיפוע עקומה **a** שלילי (או: הקו יורד).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לקשר בין שינוי האנתלפיה התקנית ושינוי האנטרופיה התקנית עבור תגובה (3) לבין העקומה בגרף המתארת את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T , עבור תגובה זו. תלמידים מעטים טעו בקביעה ובנימוק, כי התקשו לקשר בין ΔH° ו- ΔS° עבור תגובה (3) לבין צורת העקומה:

- "עקומה **b** מתאימה, כי $\Delta S^\circ > 0$, ולכן העקומה עולה."
- "עקומה **b**, כי $\Delta H^\circ > 0$, אז השיפוע חייב להיות בעלייה."

המלצות

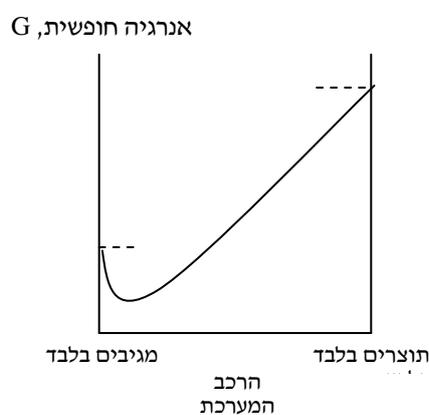
בעבודה עם הגרף המציג את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T , התלמיד צריך לשים לב למספר פרטים:

- נקודת החיתוך של העקומה עם ציר Y מסמנת את הערך של ΔH° עבור התגובה.
- שיפוע העקומה מבטא את $-\Delta S^\circ$ עבור התגובה.

- בתגובה, שבמהלכה קטן מספר המולים של גז, $\Delta S^\circ < 0$ ושיפוע העקומה חיובי.
- בתגובה, שבמהלכה גדל מספר המולים של גז, $\Delta S^\circ > 0$ ושיפוע העקומה שלילי.
- לא יכולים להיות ערכים שליליים בציר X.

סעיף ה' (הציון 80)

הגרף שלפניך המתאר את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת עבור אחת מן התגובות, (1) או (3), בטמפרטורה קבועה.



קבע איזה מבין ההיגדים III-I שלפניך הוא ההיגד הנכון. נמק את קביעתך.

- | | |
|-----|---|
| I | הגרף מתאים למערכת של תגובה (1) ב- 298 K. |
| II | הגרף מתאים למערכת של תגובה (3) ב- 298 K. |
| III | הגרף מתאים למערכת של תגובה (3) ב- 2000 K. |

התשובה:

קביעה: ההיגד הנכון הוא היגד II.

נימוק: ערכו של ΔG° חיובי - עקומה a מתאימה לתגובה (3).

בטמפרטורה 298 K, על פי עקומה a, $\Delta G^\circ_{298} > 0$. (אן: התגובה אינה ספונטנית).

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

ניתוח טעויות אופייניות

- ציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין הגרפים המתארים את התגובה הנתונה : גרף המכיל עקומה המתארת את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, וגרף המתאר את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת. תלמידים אלה טעו בקביעה וניסו לנמקה :
- "היגד I, כי הגרף מתאים לתגובה (1)." .
 - "היגד I, כי האנרגיה החופשית עולה."

המלצות

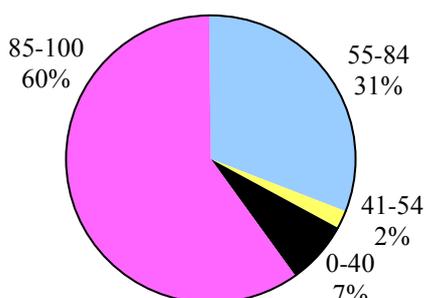
- מומלץ לחדד את ההבדלים בין המושגים השונים :
- ♦ הבדל בין ΔG° לבין ΔG . הגרף מייצג ΔG° , כלומר את התגובה בריכוזים של 1 מולר בלבד, בעוד ש- ΔG מתייחס לכל ריכוז.
 - ♦ הבדל בין תגובה אקסותרמית לבין תגובה ספונטנית.
 - ♦ הבדל בין תגובה ספונטנית לבין תגובה המתרחשת בפועל.

שאלה 16

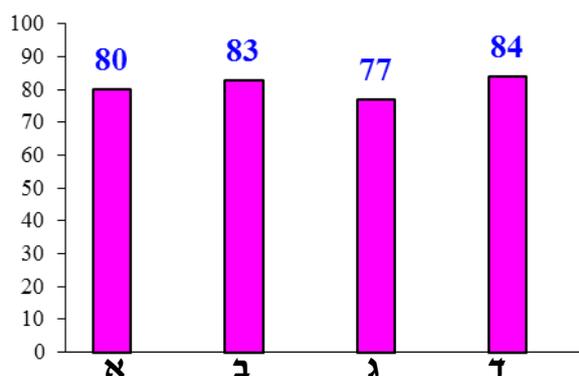
ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 81

פיזור ציונים

בחרו בשאלה 2% מהתלמידים



ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

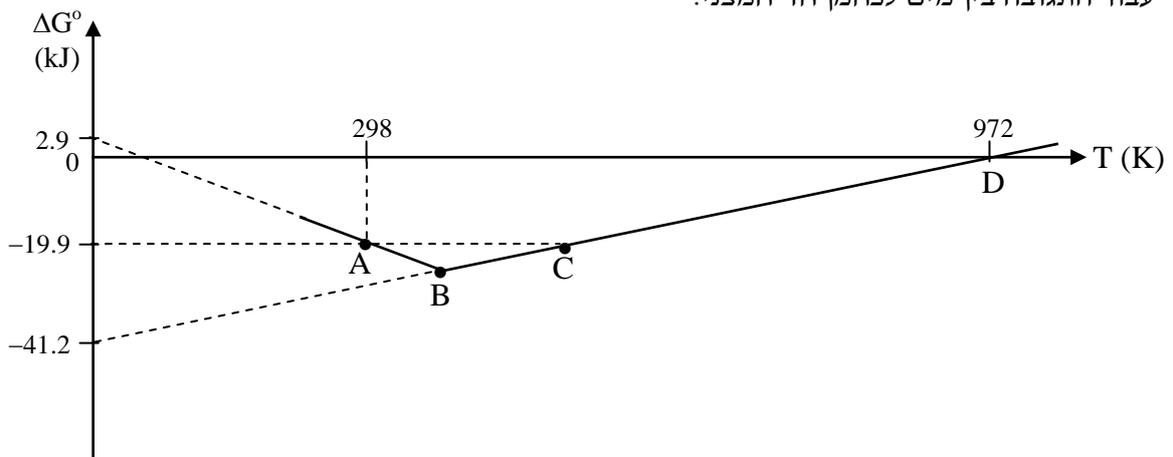
- ⚡ לקרוא גרף המתאר את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, עבור התגובה הנתונה, ולהסיק מסקנות על פי הנתונים בגרף.
- ⚡ לקשר בין עלייה במספר המולים של גז במערכת לעלייה באנטרופיה של המערכת.
- ⚡ לקשר בין עלייה באנטרופיה של המערכת לסימן השיפוע של העקומה בגרף.
- ⚡ לקשר בין עליית הטמפרטורה במערכת, שמגיעה לטמפרטורת הרתיחה של אחד ממרכיבי המערכת (מצב הצבירה של מרכיב זה משתנה מנוזל לגז), לבין שינוי ΔS° של המערכת ובין השינוי בסימן של שיפוע העקומה בגרף.
- ⚡ לנסח תגובה על פי נתוני השאלה לגבי מצבי הצבירה של מרכיבי המערכת.
- ⚡ לחשב את שינוי האנטרופיה במערכת על פי הנוסחה: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$, בהתאם לנתונים המופיעים בגרף.
- ⚡ לקשר בין הטמפרטורה בכלי התגובה לבין השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , של המערכת.
- ⚡ להסביר שכל מערכת מאופיינת בשינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , משלה.
- ⚡ לקשר בין השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , ובין הטמפרטורה בכלי התגובה לבין קבוע שיווי המשקל, K.
- ⚡ להסביר את הנתונים בגרף המתאר את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת, עבור התגובה הנתונה בטמפרטורה קבועה.
- ⚡ לקשר בין הקירבה של ערך האנרגיה החופשית לתוצרים לבין הערך של קבוע שיווי המשקל.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

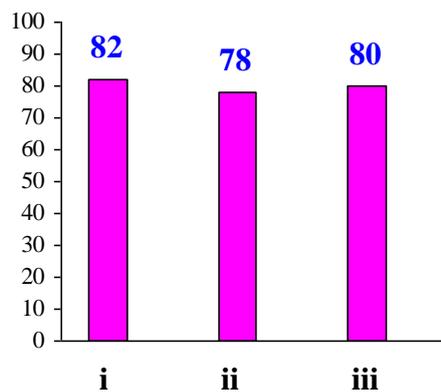
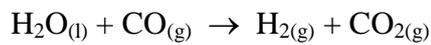
פתיח לשאלה

הגרף שלפניך מתאר את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, עבור התגובה בין מים לפחמן חד-חמצני.



סעיף א' (הציון 80)

אחד משני הקטעים שבעקומה, AB או BD, מתאים לתגובה שלפניך:



תת-סעיף i (הציון 82)

קבע איזה מן הקטעים, AB או BD, מתאים לתגובה הנתונה. נמק.

התשובה:

קביעה: קטע AB.

נימוק: שיפוע העקומה, המתארת את ΔG° כפונקציה של הטמפרטורה T, הוא $-\Delta S^\circ_{\text{מערכת}}$. בתגובה הנתונה יש עלייה במספר המולים של גז במערכת, ולכן יש עלייה באנטרופיה של המערכת ($\Delta S^\circ > 0$). שיפוע העקומה יהיה שלילי (א: הקו יורד), ולכן קטע AB מתאים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון את הקטע המתאים וקישרו בין עלייה במספר המולים של גז במערכת לעלייה באנטרופיה של המערכת ולשיפוע השלילי של העקומה בגרף. הטעות העיקרית האופיינית, שאותרה בתת-סעיף זה, היא קישור שגוי בין עלייה במספר המולים של גז במערכת לשיפוע העקומה:

- "מאחר ויש עלייה במספר מולי הגז השיפוע חיובי, ולכן הקטע המתאים הוא BD."

המלצות

מומלץ להדגיש לתלמידים שסימן שיפוע העקומה בגרף הפוך לשינוי האנטרופיה במערכת. כלומר, אם השינוי באנטרופיה חיובי השיפוע שלילי. ניתן הסביר זאת גם בעזרת הנוסחה:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

תת-סעיף ii (הציון 78)

הסבר מדוע בנקודה B שיפוע העקומה משתנה.

התשובה:

בטמפרטורה המתאימה לנקודה B חל שינוי במצב הצבירה של המים. המים הופכים לגז. במערכת התגובה המכילה $H_2O_{(g)}$ אין שינוי במספר המולים של גז (מ-2 מול גז במגיבים ל-2 מול גז בתוצרים), ולכן שינוי האנטרופיה במערכת יהיה שונה, ולכן יחול שינוי גם בשיפוע העקומה (קטע BD).

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין עליית הטמפרטורה במערכת, שמגיעה לטמפרטורת הרתיחה של המים - מצב הצבירה של המים משתנה מנוזל לגז, לבין שינוי ΔS° של המערכת ובין שינוי בסימן של שיפוע העקומה בגרף. הטעויות האופייניות שאותרו:
- ♦ הסברים שגויים שלא מתייחסים לשינוי במספר מולי הגז במהלך התגובה:
 - "הלחץ בכלי עלה, לכן האנטרופיה עלתה."
 - "נפח הכלי קטן, החלקיקים נעו מהר יותר, ולכן האנטרופיה עלתה."
 - ♦ קביעה שגויה של מצב הצבירה של המים:
 - "המים הפכו לנוזל, ולכן היה שינוי באנטרופיה."
 - ♦ שלילת אפשרות שבמערכת, המתוארת על ידי קטע BC, אין שינוי במספר המולים של גז:
 - "למרות שהטמפרטורה עלתה המים נשארו במצב נוזל, כי אם במהלך התגובה אין שינוי במספר המולים של גז, הקטע בגרף צריך להיות ישר - לא יהיה שינוי באנטרופיה."

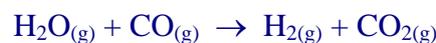
המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שאם במהלך התגובה אין שינוי במספר המולים של גז, שינוי האנטרופיה במערכת יהיה קטן, אך לא שווה לאפס. הסיבה לכך היא שאנטרופיית המערכת תלויה לא רק בשינוי במספר המולים של גז במהלך התגובה, אלא גם בתכונות של החומרים - מרכיבי המערכת.

תת-סעיף iii (הציון 80)

נסח את התגובה שהקטע האחר (שלא בחרת בתת-סעיף i או i) מתאים לה.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

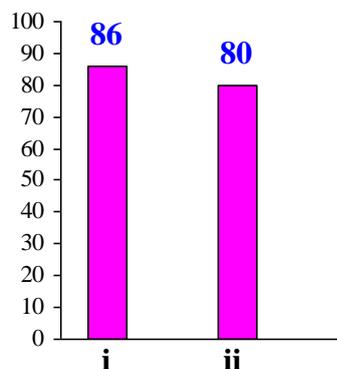
- הציון די גבוה. רוב התלמידים הבינו שהשינוי בשיפוע העקומה נגרם משינוי מצב הצבירה של המים - מנוזל לגז. יחד עם זאת היו תלמידים שהתקשו לקבוע מהו השינוי במצב הצבירה של המים ורשמו:
- $\text{H}_2\text{O}_{(s)} + \text{CO}_{(g)} \rightarrow \text{H}_2_{(g)} + \text{CO}_2_{(g)}$

הטעות הנוספת שאותרה היא רישום של אותה תגובה שנתונה בתחילת סעיף א.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שהשינוי בשיפוע העקומה בגרף נגרם משינוי במצב הצבירה של מרכיב המערכת, במקרה הנתון - של המים.

סעיף ב' (הציון 83)



תת-סעיף i (הציון 86)

חשב את הערך של שינוי האנטרופיה התקנית במערכת, מערכת ΔS° , עבור התגובה שהקטע AB מתאים לה. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$(\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ)$$

$$-19.9 \cdot 10^3 \text{ J} = 2.9 \cdot 10^3 \text{ J} - 298 \text{ K} \cdot \Delta S^\circ$$

$$\Delta S^\circ_{\text{מערכת}} = \frac{19.9 \cdot 10^3 \text{ J} + 2.9 \cdot 10^3 \text{ J}}{298 \text{ K}} = 76.5 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את שינוי האנטרופיה התקנית במערכת, מערכת ΔS° , עבור התגובה שהקטע AB מתאים לה. הטעויות המעטות שאותרו הן:

- ♦ החלפה בין הערכים של ΔH° ו- ΔG° .
- ♦ אי-התאמת יחידות: קילו ג'אול וג'אול.

המלצות

מומלץ להרגיל את התלמידים לרשום בחישובים ערכים עם יחידות מתאימות.

תת-סעיף ii (הציון 80)

חשב את הערך של ΔS° מערכת עבור התגובה שהקטע BD מתאים לה. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$(\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T\Delta S^{\circ})$$

$$(T_{\text{היפוך}} = 972 \text{ K})$$

$$\Delta G^{\circ}_{972} = 0 \quad (\Delta H^{\circ} = T\Delta S^{\circ})$$

$$\Delta S^{\circ}_{\text{מערכת}} = \frac{\Delta H^{\circ}}{T} = \frac{-41.2 \cdot 10^3 \text{ J}}{972 \text{ K}} = -42.4 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון די גבוה. רוב התלמידים חישובו נכון את שינוי האנטרופיה התקנית במערכת, ΔS° מערכת, עבור התגובה שהקטע BD מתאים לה, אך חלק מהתלמידים טעו. הטעויות שאותרו הן:
- ♦ חוסר הבנה שבטמפרטורה 972 K השינוי באנרגיה החופשית שווה לאפס: $\Delta G^{\circ} = 0$, וכתוצאה מכך טעויות בחישוב.
 - ♦ טעות בהצבת הערך של $\Delta H^{\circ} = 2.9 \text{ kJ}$.

המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים, לפני ביצוע חישובים בתרגילים מסוג זה, להסביר את כל הנתונים המופיעים בגרף - איזה משתנה מציג כל נתון.

סעיף ג' (הציון 77)

הערך של ΔG° בנקודה C שווה לערך של ΔG° בנקודה A.
הערך של קבוע שיווי המשקל, K, עבור המערכת בטמפרטורה המתאימה לנקודה C הוא $K=1.23 \cdot 10^2$.
קבע אם הערך של K עבור המערכת בנקודה A שווה ל- $1.23 \cdot 10^2$ או שונה מ- $1.23 \cdot 10^2$. נמק.

התשובה:

קביעה: הערך של K עבור המערכת בנקודה A שונה מ- $1.23 \cdot 10^2$.
נימוק:

- המערכת בטמפרטורה המתאימה לנקודה A שונה מהמערכת בטמפרטורה המתאימה לנקודה C (בנקודה A המערכת מכילה מים במצב נוזל, בנקודה C המערכת מכילה מים במצב גז).

- שתי המערכות מצויות בטמפרטורות שונות.
 לכן ערכו של קבוע שיווי המשקל בטמפרטורה 298 K המתאימה לנקודה A, שונה מערכו של קבוע שיווי המשקל בטמפרטורה המתאימה לנקודה C.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הבינו שכל מערכת מאופיינת בשינוי האנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , ולא הצליחו לקשר בין השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , ובין הטמפרטורה בכלי התגובה לבין קבוע שיווי המשקל, K. הטעות העיקרית האופיינית שאותרה היא קביעה שגויה שהערך של K עבור המערכת בנקודה A שווה ל- $1.23 \cdot 10^2$, וניסיון לנמק קביעה זו:

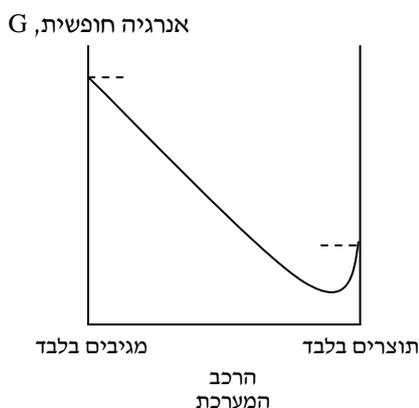
- "הערך של K שווה, כי ΔG° שווה."
- "K שווה, כי נטיית התגובה להתרחש שווה."

המלצות

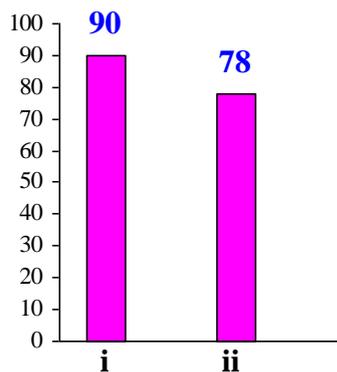
מומלץ להבהיר לתלמידים שערך ה- ΔG° וערך ה- K הם מאפיינים של מערכת בטמפרטורה מסוימת, ותלויים בתכונות של מרכיבי המערכת.

סעיף ד' (הציון 84)

הגרף שלפניך מתאר את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת עבור התגובה הנתונה בטמפרטורה 298 K.



קבע עבור כל אחד מההיגדים i-ii שלפניך אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 90)

מהגרף אפשר להסיק שהתגובה ספונטנית בכל טמפרטורה.

התשובה:

קביעה: לא נכון.

נימוק: (מתוך הגרף אפשר להסיק שהתגובה ספונטנית ב- 298 K, כי $\Delta G^\circ < 0$).
הגרף מתאר את השינוי באנרגיה החופשית, G, בטמפרטורה קבועה (אנ: ב- 298 K בלבד).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט כל התלמידים קבעו נכון והסבירו שהגרף מתאר את השינוי באנרגיה החופשית, G, בטמפרטורה קבועה של 298 K, ולא בכל טמפרטורה. תלמידים מעטים לא הבינו שהגרף מתייחס לטמפרטורה מסוימת ולא לכל טמפרטורה וקבעו שההיגד נכון:

- "נכון. יש בעיקר תוצרים, כלומר התגובה ספונטנית."

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את משמעות הגרף מהסוג הנתון, ולהדגיש שהוא מתייחס לטמפרטורה קבועה, כפי שנתון בשאלה. מומלץ להרגיל את התלמידים לשים לב לכל הפרטים המופיעים בשאלה ואף לסמן במרקר את הנתונים.

תת-סעיף ii (הציון 78)

מהגרף אפשר להסיק שב- 298 K קבוע שיווי המשקל $K > 1$.

התשובה:

קביעה: נכון.

נימוק: הערך המזערי של האנרגיה החופשית קרוב לתוצרים. במצב שיווי משקל ריכוזי התוצרים גדולים מריכוזי המגיבים (אן: במצב שיווי משקל המערכת מכילה בעיקר תוצרים), ולכן $K > 1$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשה להסביר את הקשר בין הקירבה של הערך המזערי של האנרגיה החופשית לתוצרים לבין הערך של קבוע שיווי המשקל:

- "לא נכון, כי יש תוצרים ואין מגיבים, אז המערכת לא במצב שיווי-משקל ואין K ."

המלצות

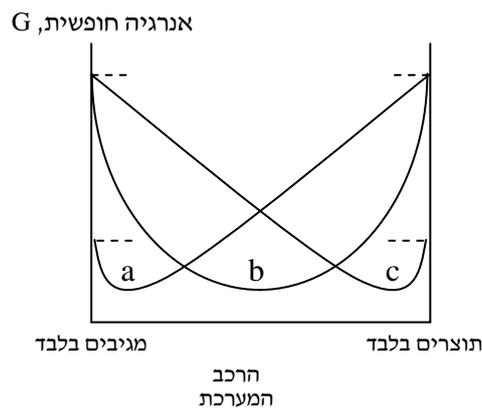
מומלץ להבהיר לתלמידים שיש לשים לב לכך שבגרף הערך המזערי של האנרגיה החופשית קרוב לתוצרים, ז.א. במערכת יש גם מגיבים, ולכן המערכת יכולה להיות במצב שיווי-משקל.

תרגיל לדוגמא:

נתונה התגובה:



בגרף שלפניך מוצגות שלוש עקומות a, b, c המתארות את האנרגיה החופשית, G, כפונקציה של הרכב המערכת.



קבע עבור כל אחד מההיגדים i-iii אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

- עקומה a מציגה את השתנות האנרגיה החופשית עבור התגובה הנתונה בטמפרטורה 298 K.
- עקומה b מציגה את השתנות האנרגיה חופשית עבור התגובה הנתונה בטמפרטורה 500 K.
- עקומה c מציגה את השתנות האנרגיה החופשית עבור התגובה ההפוכה בטמפרטורה 298 K.

התשובות :

א. ההיגד לא נכון.

שינוי האנרגיה החופשית של המערכת בטמפרטורה 298 K :

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$\Delta G^\circ = 113.3 \cdot 10^3 \text{ J} - 298 \text{ K} \times 137 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = 72,274 \text{ J} = 72.274 \text{ kJ}$$

התגובה לא ספונטנית, כי $\Delta G^\circ > 0$.

ב. ההיגד לא נכון.

שינוי האנרגיה החופשית של המערכת בטמפרטורה 500 K :

$$\Delta G^\circ = 113.3 \cdot 10^3 \text{ J} - 500 \text{ K} \times 137 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = 44,800 \text{ J} = 44.8 \text{ kJ}$$

התגובה לא ספונטנית, כי $\Delta G^\circ > 0$.

ג. ההיגד נכון.

האנרגיה החופשית עבור התגובה ההפוכה בטמפרטורה 298 K :

$$\Delta G^\circ = -44.8 \text{ kJ}$$

התגובה ספונטנית, כי $\Delta G^\circ < 0$.

המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושאי 30%

נושא בחירה: פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני

סרטונים

סרטון "ערבוב נוזלים"

האם ערבוב הוא תמיד בלתי הפיך? התבוננו בהדמיה מפתיעה זו!

אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=282&ArticleID=4428>

סרטון: ניסוי מזהים בלחץ אטמוספרי

מה יקרה לגוף שלנו אם לא יהיה בו לחץ פנימי? סרטון הדגמות נחמד עם תרגום לעברית.

אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=282&ArticleID=4345>

מצגות

שיעורים מתוקשבים באנגלית. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=341&ArticleID=6093>

מצגות שהכינה אוטיליה רוזנברג לצורך העשרת מורים בנושא התרמודינמיקה.

מצגות אלה מיועדות להעשרת מורים, לא כל מה שנמצא במצגות כלול בתוכנית הלימודים.

- מצגת: מהי אנטרופיה?

- מצגת: שינוי אנטרופיה בתגובות ובתהליכים

- דף עבודה: פירוק של מים

כתבות

כתבה "אנטרופיה נגד אבולוציה: עושים סדר באי-סדר" - מתוך מאגר מדע, דוידסון און-ליין. מאמר

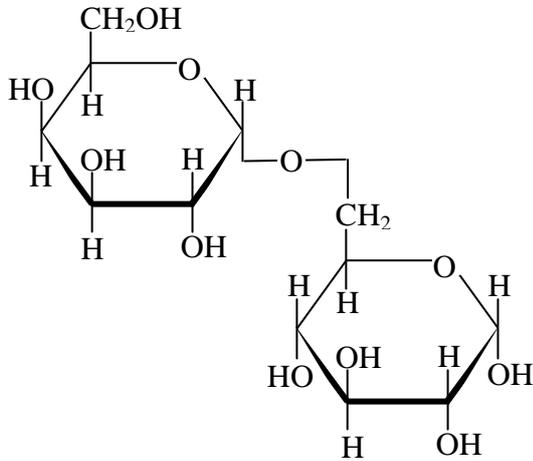
קצר המתאר במילים פשוטות את עקרונות התרמודינמיקה בכלל ואת רעיון האנטרופיה בפרט, ומה

הקשר בין החוק השני לתיאוריית האבולוציה. המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

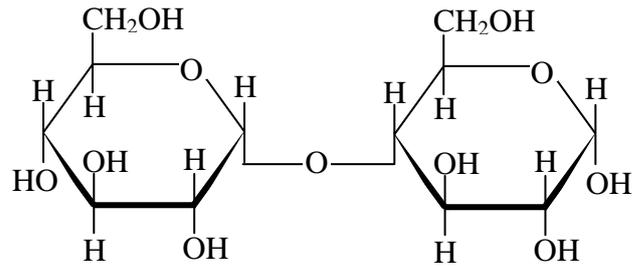
<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=378&ArticleID=4546>

ניתוח שאלה 8 משאלון 37303 תשע"ו

לפניך נוסחאות הייזורה של שני דו-סוכרים, מלטוז ומליביוז :



מליביוז



מלטוז

מהו ההיגד הנכון?

- | | |
|---|---|
| <p>א. מלטוז הוא דו-סוכר המתקבל משני חד-סוכרים שונים זה מזה.</p> <p>ב. בתמיסה מימית, רק המולקולות של מליביוז עוברות מוטרוטציה.</p> <p>ג. תבנית הקשר הגליקוזידי במלטוז היא $\beta(1-4)$.</p> <p>ד. תבנית הקשר הגליקוזידי במליביוז היא $\alpha(1-6)$.</p> | <p>5%</p> <p>10%</p> <p>22%</p> <p>63%</p> |
|---|---|

הנימוק

הקשר הגליקוזידי במליביוז נוצר בין אטום פחמן מס' 1 בטבעת אחת לבין אטום פחמן מס' 6 בטבעת השנייה. לכן תבנית הקשר הגליקוזידי במליביוז היא $\alpha(1-6)$.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לרשום נוסחאות הייזורה של חד-סוכרים ודו-סוכרים.
- לקבוע מהו הקשר הגליקוזידי בדו-סוכר נתון.
- להבדיל בין מבנה של אנומרים: תבנית α ותבנית β בקשר גליקוזידי.
- להסביר כיצד מתרחש תהליך מוטרוטציה בתמיסה מימית של דו-סוכר.

סיבות אפשריות לטעויות

22% מהתלמידים, שבחרו במסח 3, אינם יודעים כנראה כיצד נוצר קשר גליקוזידי.
10% מהתלמידים, שבחרו במסח 2, מתקשים לקבוע אם תהליך מוטרוטציה מתרחש בכל אחת מהתמיסות המימיות של דו-סוכרים.
5% מהתלמידים, שבחרו במסח א, מתקשים להשוות בין נוסחאות הייורת של בדו-סוכרים.

המלצות

מומלץ ללמד את נושא הפחמימות בשילוב העבודה עם מודלים, ולבצע "סימולציה" באמצעות מודלים של יצירת קשר גליקטזידי ופירוקו בהידרוליזה, של תהליך מוטרוטציה ועוד.

המלצות לפעילויות שאפשר לשלב בהוראת נושאי 30%

נושא: סוכרים

הערכה חלופית

תשבץ מתוק

ערכה מסכמת חלופית לנושא סוכרים. מפתחות המשימה: ד"ר מלכה יאיון וד"ר דבורה קצביץ.
מצורפים דפי הנחייה לתלמידים ולמורה. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=318&ArticleID=4712>

פעילויות בהערכה חלופית בנושא פחמימות:

חלק I: כתיבת עבודה זוגית על פי הסרטון "ארוחה משפחתית"

צפייה בסרטון וחקר רשת. מפתחות המשימה: רחל אידלמן, שרה אקונס, זיוה בר-דב.
מצורפים דפי הנחייה לתלמידים ולמורה. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=318&ArticleID=4713>

חלק II: הוראת נושא פחמימות בשילוב עבודה עם מודלים

לימוד חד-סוכרים, דו-סוכרים ורב-סוכרים בעזרת מודלים - בקבוצות עבודה.

מפתחות המשימה: זיוה בר-דב, שרה אקונס, רחל אידלמן

מצורפים דפי הנחייה לתלמידים ולמורה. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=318&ArticleID=4713>

פעילות: מתוקים אך לא בהכרח סוכרים

פעילות עריכת סקר ושאלון. מצורפים דפי הנחייה לתלמידים ולמורה.
מפתחת: אורית הרשקוביץ, הטכניון, המחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה
אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=318&ArticleID=4661>

דפי עבודה

חוברת שאלות לתרגול בנושאי המבנית "טעם של כימיה"

שאלות שפותחו בסדנא: הוראה בשילוב חשיבה מסדר גבוה של נושאי תוכנית הלימודים החדשה בכימיה והכנת משימות מבחן. רק השאלות בנושא סוכרים מתאימות לסילבוס.

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=561&ArticleID=6048>

סוכרים: שאלות שפותחו במסגרת קהילות מורי כימיה

שאלות שהותאמו ועובדו על ידי המורים בקורס מובילי קהילות וקהילות קרוב לבית לקראת בחינת המתכונת. כתבה רותי בינס.

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=314&ArticleID=4623>

מצגות

- מצגת "סוכרים"

המצגת עוסקת בעיקר בהיבט הכימי של הנושא, והיא מכילה גם חומר העשרה. מומלץ להשתמש בחלקים מהמצגת בעת הוראת הנושא, וללוות את הצגת השקופיות בעבודה עם מודלים. פיתחה זיוה בר-דב. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=561&ArticleID=6051>

- מצגת "סוכרים כאמצעי זיהוי והיכרות ביולוגית"

אתרי ההיכרות המצויים על פני השטח החיצוני של התאים בנויים משרשרות גליקוליפידים (סוכר+שומן) או גליקופרוטאינים (סוכר+חלבון). מצגת העשרה מאת אדלה גלפרין. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=561&ArticleID=6051>

- מצגת "ממתיקים מלאכותיים"

ממתיקים מלאכותיים שעוזרים לנו לחסוך בקלוריות, אבל לא תמיד מעניקים את הטעם של הדבר האמיתי. הערכת הטעם של ממתיקים שונים.

מצגת העשרה מאת אדלה גלפרין אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=561&ArticleID=6051>

סרטונים

סרטונים "פחמימות לטוב ולרע"

הסרטונים פותחו במסגרת השתלמות מורים במרכז הארצי למורי הכימיה "כשפדגוגיה פוגשת טכנולוגיה", על ידי נורית דקלו וד"ר שלי רפ.

- סרטון "חד-סוכרים"

אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=528&ArticleID=4472>

- סרטון "דו-סוכרים"

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=528&ArticleID=5986>

- סרטון "רב-סוכרים"

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=528&ArticleID=5987>

סרטון: תמיסת עמילן תירס רוקדת

תמיסת עמילן תירס יודעת לרקוד לצלילים בתדירות המתאימה.

אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=282&ArticleID=4440>

סרטון: עמוד פחם

תגובה בין סוכר לחומצה גופרתית. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה, דף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=282&ArticleID=5044>

כתבות

כתבה: שביל החלב הממותק

מולקולות סוכר שהתגלו בחלל, עשויות לרמוז על סיכוי לקיום חיים מחוץ לכדור הארץ.

כתבה, בידען:

<http://www.hayadan.org.il/sweet-galactic-molecule-could-point-to-alien-life-1612083>

ספר: ביוכימיה II: חומרי טבע, חטיבה I - פחמימות, מאת רות ערב

ספר לימוד של האוניברסיטה הפתוחה:

<https://books.google.co.il/books?id=gpskFSI8nSOC&pg=PA130&lpg=PA130&dq=%D7%90%D7%95%D7%9C%D7%99%D7%92%D7%95+%D7%A1%D7%95%D7%9B%D7%A8%D7%99%D7%9D&source=bl&ots=HxhTLbbM0x&sig=F0egiUg2kxJ0yT6kTm6drH9No&hl=iw&sa=X&ved=0ahUKEwjdgqucuuDUAhWJyRQKHVj0DLQQ6AEITjAI#v=onepage&q=%D7%90%D7%95%D7%9C%D7%99%D7%92%D7%95%20%D7%A1%D7%95%D7%9B%D7%A8%D7%99%D7%9D&f=false>