



המרכז הארצי למורי הכימיה



המחלקה להוראת המדעים

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



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

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

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

בראשות: זיוה בר-דב

צוות הכתיבה: חני אלישע

רחל אשר

אסתר ברקוביץ

מוחמד גרה

רים סאבא

אלה פרוטקין-זילברמן

מיכאל קויפמן

רחל קלנר

עדינה שינפלד

נאוה תמם

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

ד"ר דבורה קצביץ

פרופ' ליאור קרוניק

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

מרץ 2016

חלק II

תוכן עניינים

עמ'	
94	• כימיה אורגנית מתקדמת
111	• כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין
136	• כימיה של הסביבה
156	• פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני

אנו מודים לאוטיליה רוזנברג על הייעוץ בנושא "כימיה אורגנית מתקדמת".

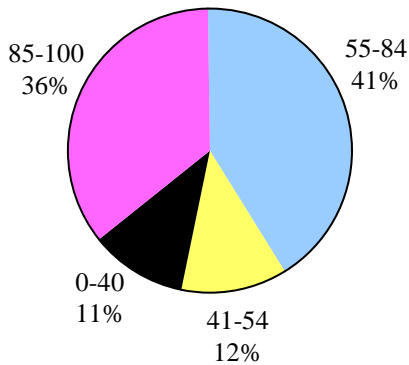
שאלה 9

כימיה אורגנית מתקדמת

ציון משוקלל	שאלון 37203	שאלון 37202	שאלון 37201	
72	72	75	70	ציון

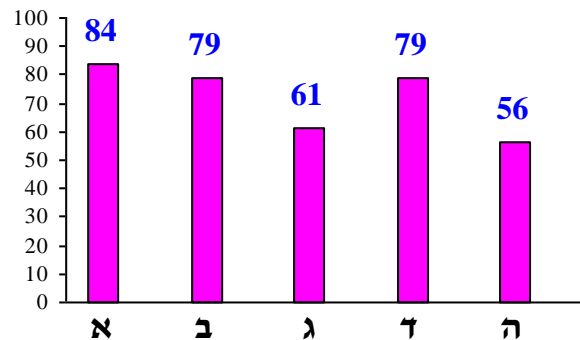
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 6% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 72

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לסרטט את המבנה המרחבי סביב אטום הפחמן האסימטרי עבור האנטיזומרים של האלקיל הליד הנתון.
- לנסח את המנגנון S_N2 של תגובת התמרה.
- להסיק מהו סדר התגובה מתוך משוואת הקצב שלה.
- להסביר כיצד מנגנון התגובה משפיע על הפעילות האופטית של התוצר.
- להסביר כיצד אפשר לקבוע מנגנון תגובה בדרך ניסויית.
- לקבוע כיצד משפיעים שינויים שונים על קצב תגובת ההתמרה.
- לנסח תגובת סיפוח.
- לרשום נוסחאות מבנה של אלקנים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

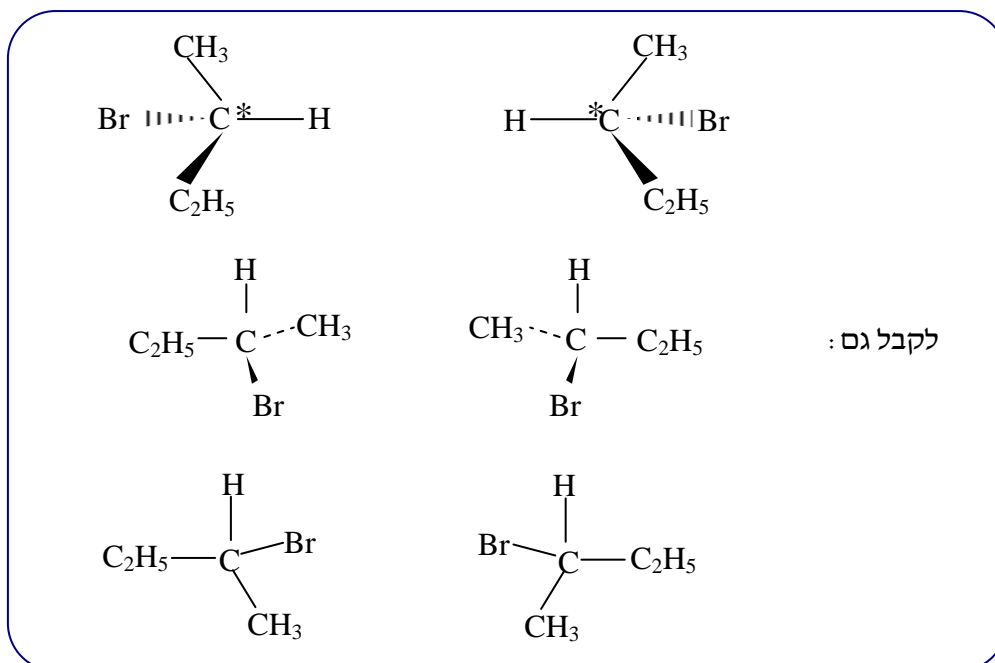
פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בתגובות שבהן מגיב או נוצר 2-ברומו בוטאן.
 לפיכך נוסחת המבנה של 2-ברומו בוטאן: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(Br)-CH}_3$

סעיף א' (הציון 84)

יש שני אננטיומרים של 2-ברומו בוטאן.
 עבור כל אחד מן האננטיומרים סרטט את המבנה המרחבי סביב אטום הפחמן האסימטרי.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים יודעים לסרטט את המבנה המרחבי סביב אטום הפחמן האסימטרי - נוסחאות של אננטיומרים. הטעויות המעטות שאותרו הן סרטוט של אננטיומר אחד בלבד או רישום נוסחת מבנה אחת המתאימה לשני האננטיומרים.

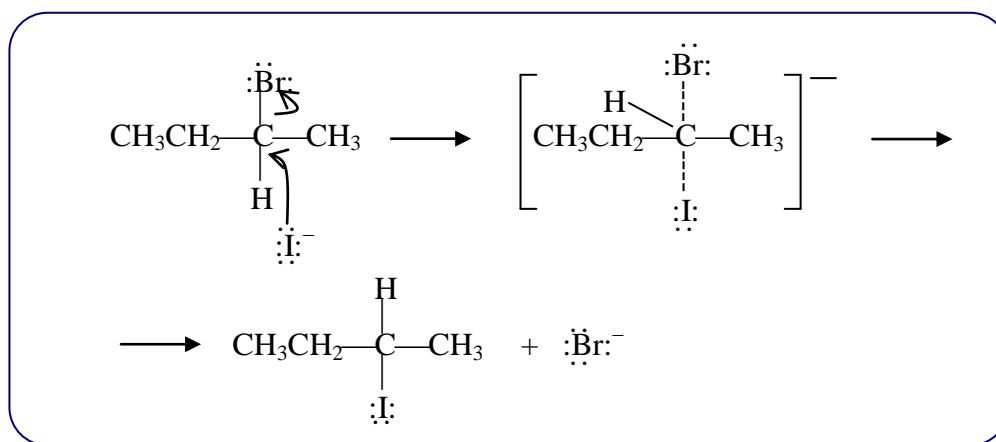
המלצות:

מומלץ להציג לתלמידים את הכתבה [כיראליות של מולקולות - מכון דוידסון](#) הכוללת אנימציה וסרטון, דוידסון Online:

סעיף ב' (הציון 79)

2-ברומו בוטאן מגיב עם יוני יוד, I^- (CH_3COCH_3). בתגובה זו אצטון, $CH_3COCH_3(l)$, הוא הממס. משוואת הקצב המתאימה לתגובה זו היא: $v = k [CH_3CH_2CHBrCH_3] [I^-]$ נסח את מנגנון התגובה.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים ניסחו נכון את מנגנון התגובה. יחד עם זאת, חלק מהתלמידים טעו. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו בסעיף זה לשני סוגים עיקריים:

1. טעויות בניסוח המנגנון:
 - ♦ אי-רישום חצים או רישום שגוי של חצים.
 - ♦ אי-ציון אלקטרונים לא קושרים על הנוקלאופיל ו/או על הקבוצה העוזבת.
 - ♦ רישום שגוי של נוסחת המגיב.

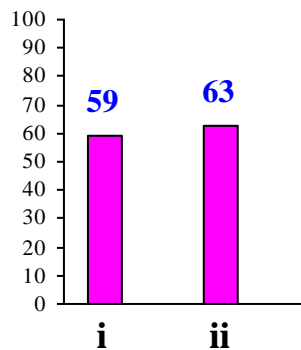
- ◆ רישום שגוי של נוסחת התוצר.
- ◆ רישום שגוי של מצב המעבר.

2. טעויות בקביעה של סוג התגובה : חלק מהתלמידים חשבו שמדובר באלימינציה ולכן רשמו מנגנון של E2 .

המלצות:

מומלץ לתרגל רישום מנגנונים. יש טעויות ברישום מנגנונים שחוזרות על עצמן. מומלץ לתרגל את קביעת סוג התגובה - מהם הגורמים המשפיעים על התרחשות התמרה או אלימינציה.

סעיף ג' (הציון 61)



תת-סעיף i (הציון 59)

הסבר כיצד אפשר לקבוע את מנגנון התגובה על פי הפעילות האופטית של המגיב ושל התוצר.

התשובה:

התגובה מתרחשת במנגנון S_N2 .

נבצע את התגובה עם אננטיומר אחד, (+) או (-).

במנגנון S_N2 (שהוא מנגנון חד-שלבי) מתרחש היפוך וולדן (א): היפוך מטריה; א: היפוך במבנה המרחבי של מולקולות המגיב). התוצר שמתקבל הוא פעיל אופטית.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. הטעויות האופייניות שאותרו:

1. תשובות חלקיות המתייחסות לתוצר בלבד:
 - "באמצעות S_N2 מתקבל תוצר פעיל אופטית."
- ללא כל התייחסות לאופי המגיב ולהיפוך וולדן.

- "המנאן S_N2 מתרחש היפוך וולדן ומתקבל תוצר פציל אופטית." ללא התייחסות למגיב.
- 2. התייחסות לאיזומריה גיאומטרית במקום לאיזומריה אופטית :
 • "לתוצר אין קשרים כפולים, ולכן אין לו איזומריס ציס וטרנס, לכן זה חייב להיות מנאן S_N2 ."
- 3. תלמידים שטעו בסעיף ב' וקבעו שהמנגנון הוא $E2$, ניסו להסביר את קביעת המנגנון :
 • "המנאן $E2$ המגיע הוא פציל אופטית והתוצר פ.א."

המלצות:

אחד הדברים שמומלץ לעבוד עליהם בכל הנושאים הוא כתיבה של תשובות מלאות והבחנה בין חזרה על נתונים או ציטוט עובדות לבין הסבר או נימוק.

תת-סעיף ii (הציון 63)

הצע דרך נוספת לקביעת מנגנון התגובה. הסבר.

התשובה:

נבצע סדרת ניסויים שבהם ריכוז האלקיל הליד קבוע וריכוז הנוקלאופיל משתנה, ונבדוק את קצב התגובה.

זאת תגובה מסדר שני (או: קצב התגובה מושפע גם מריכוז האלקיל הליד וגם מריכוז החומר הנוקלאופיל). ולכן אם משנים את ריכוז הנוקלאופיל, ישתנה גם קצב התגובה.

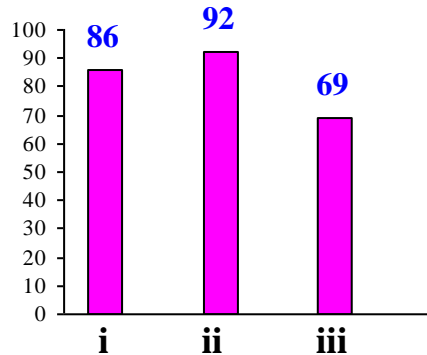
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון די נמוך. תלמידים רבים לא הבינו שקביעת מנגנון תגובה מתבצעת באופן ניסויי, וניסו להסביר כיצד קובעים שמנגנון התגובה הוא S_N2 ללא ניסוי :
 • "החומר המתקבל הוא אלקילי הליד שניוני והתוקף הוא נוקלאופיל חזק עם קיטוב צמ'י גבוה, לכן המנאן הוא S_N2 ."
 היו תלמידים שהציעו להחליף את הממס :
 • "נחליף את הממס לממס פרוטי שימסק את הנוקלאופיל ובכך הוא מאט את התגובה, זה יהיה סימן שהתגובה מתבצעת במנאן S_N2 ."
 בעיה נוספת היא תשובות חלקיות כמו :
 • "נצפה ניסוי שבו נשנה את הריכוזים ונבדוק את מהירות."

סעיף ד' (הציון 79)

התייחס לתגובה שניסחת בסעיף ב, וקבע אם קצב התגובה יעלה, ירד או לא ישתנה בעקבות כל אחד מן השינויים i-iii. נמק בתת-סעיף iii בלבד.



תת-סעיף i (הציון 86)

העלאת הטמפרטורה שבה מבצעים את התגובה.

התשובה:

קצב התגובה יעלה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים יודעים שהעלאת טמפרטורה מעלה את קצב התגובה.

תלמידים מעטים טעו וקבעו:

- "קצב התאולה ירד."
- "א יהיה שינוי בקצב התאולה."

המלצות:

מומלץ לנתח יחד עם התלמידים את גרף התפלגות האנרגיה הקינטית של מולקולות בטמפרטורות שונות ובתגובות בעלות אנרגית שפעול שונה. הגרף נמצא בעמוד 112 בספר הלימוד "מולקולות במסע התחנות שבדרך" מאת אריאלה וינר, חיה פרומר, ד"ר רחל צימרוט, האוניברסיטה העברית בירושלים.

תת-סעיף ii (הציון 92)

החלפת 2-ברומו בוטאן ל- 2-כלורו בוטאן, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(Cl)-CH}_3$.

התשובה:

קצב התגובה ירד.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים קבעו נכון שקצב התגובה ירד. כמעט ולא אותרו טעויות.

תת-סעיף iii (הציון 69)

החלפת 2-ברומו בוטאן ל- 1-ברומו בוטאן, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Br}$. נמק.

התשובה:

קצב התגובה יעלה.

האלקיל הליד הוא ראשוני - אין הפרעה מרחבית המקשה על הנוקלאופיל להתקרב אל אטום הפחמן החיובי.

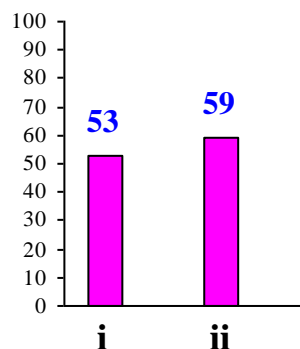
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שקצב התגובה יעלה, אך חלק מהתלמידים טעו בנימוק או כתבו נימוק חלקי - הסתפקו בקביעה שהאלקיל הליד הוא ראשוני מבלי להסביר כיצד זה קשור לקצב התגובה. היו תלמידים שלא כתבו נימוק כלל.

סעיף ה' (הציון 56)

אפשר לקבל 2-ברומו בוטאן בתגובה בין פחמימן A לבין מימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$.



תת-סעיף i (הציון 53)

רשום נוסחת מבנה אפשרית לפחמימן A.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

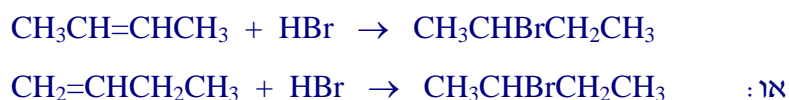
הציון נמוך. כמעט מחצית התלמידים לא הבינו שמדובר בתגובת סיפוח, ולכן הציעו כוהל או אלקיל הלידים שונים. היו תלמידים שכתבו C_4H_8 ללא נוסחת מבנה, והיו שכתבו נוסחאות מבנה שגויות כגון:

- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3$

תת-סעיף ii (הציון 59)

נסח את התגובה של פחמימן A עם $\text{HBr}_{(g)}$.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לנסח את התגובה של פחמימן A עם $\text{HBr}_{(g)}$. תלמידים שטעו בתת-סעיף i והציעו אלקיל הליד או כוהל, ניסחו תגובה עם $\text{HBr}_{(g)}$ ורשמו את התוצר המבוקש. היו תלמידים שניסחו מנגנונים משונים ובלבד שיתקבל התוצר 2-ברומו בוטאן.

המלצות:

מומלץ לתרגל עם התלמידים את ניסוח תגובות הסיפוח, כי תגובת סיפוח נותרה בתכנית הלימודים, אמנם בלי מנגנון ובלי כלל מרקובניקוב, אבל את התגובה עצמה תלמידים צריכים להכיר.

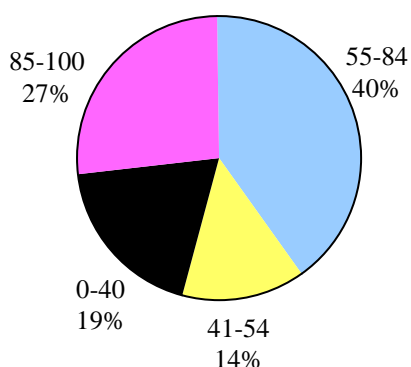
שאלה 10

כימיה אורגנית מתקדמת

שאלון	שאלון	שאלון	שאלון	
37201	37202	37203	משוקלל	ציון
67	71	61	64	

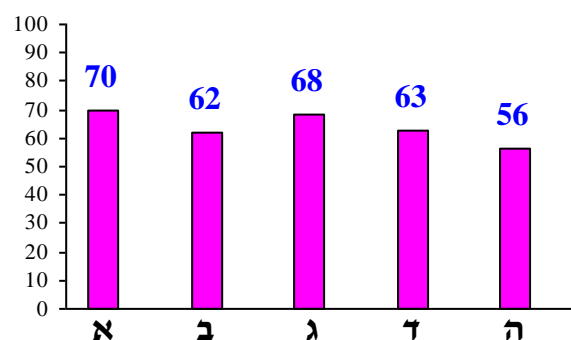
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 3.6% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 64

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

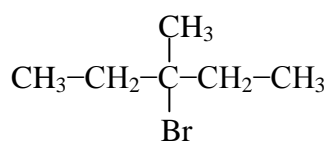
- להסביר מדוע כאשר 3-ברומו 3-מתיל פנטאן מגיב עם יוני יוד באתאנול, התגובה העיקרית שמתרחשת היא תגובת התמרה במנגנון S_N1 .
- לציין את השיקולים בבחירת מנגנון תגובה ולנמק את הבחירה.
- לרשום נוסחאות מבנה של אלקיל הליד ושל אתר.
- לנסח מנגנון של תגובת התמרה.
- להסביר מדוע במנגנון S_N1 מתקבלים שני התוצרים - להסביר שהמס משמש במקרה זה גם כנוקלאופיל.
- להסביר מדוע שינוי ריכוז הנוקלאופיל משפיע על אחוז התוצר.
- לקבוע אם שינוי ריכוז הנוקלאופיל משפיע על קצב תגובת ההתמרה במנגנון S_N1 .
- לרשום נוסחאות מבנה של אלקנים שונים, תוצרי תגובת אלימינציה.
- להסביר כיצד אופי הנוקלאופיל מכווון את התגובה להתמרה או לאלימינציה.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

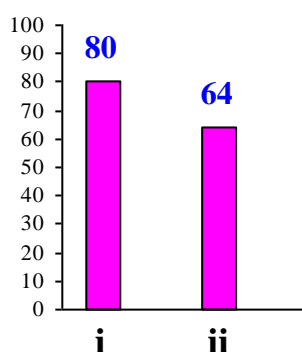
פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בתגובות של 3-ברומו-3-מתיל פנטאן. בתגובות אלה אתאנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$, הוא הממס. לפניך נוסחת המבנה של 3-ברומו-3-מתיל פנטאן:



כאשר 3-ברומו-3-מתיל פנטאן מגיב עם יוני יוד $\text{I}^-_{(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})}$, התגובה העיקרית שמתרחשת היא תגובת התמרה במנגנון $\text{S}_{\text{N}}1$. מתקבלים שני תוצרים עיקריים: אלקיל יודיד ואתר.

סעיף א' (הציון 70)



תת-סעיף i (הציון 80)

הבא נימוק אחד לכך שהתגובה מתרחשת במנגנון $\text{S}_{\text{N}}1$.

התשובה:

אחד מהנימוקים:

- השלד הפחמימני של מולקולות החומר המותקף הוא שלישוני. בשלב הראשון של התגובה נוצר יון קרבוניום (קרבוקטיון) שלישוני, שהוא יציב יחסית ליוני קרבוניום שניוניים או ראשוניים (אן): השלד הפחמימני מקשה מבחינה מרחבית על התקפת הנוקלאופיל על פחמן α).
- הממס אתאנול הוא ממס פרוטי המייצב יוני קרבוניום ומכוון את התגובה למנגנון S_N1 . (מולקולות הממס יוצרות מעטפת מסביב ליוני הקרבוניום ומייצבות אותם).
- גם יוני I^- וגם מולקולות הממס הם בסיסים חלשים, ולכן תגובת האלימינציה לא יכולה להיות התגובה העיקרית.
- רק בתגובות המתרחשות במנגנון S_N1 יכול ממס כמו אתאנול להגיב כנוקלאופיל.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים הסבירו נכון מדוע התגובה מתרחשת במנגנון S_N1 . הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא נימוקים חלקיים - כתיבת קביעות בלבד:

- "האלקיל הליד הליפונוני".
- "הממס פרוטי".
- היו תלמידים שכתבו בטעות:
- "נוצר יון הידרוניום יציב" - במקום יון קרבוניום.

תת-סעיף ii (הציון 64)

רשום נוסחת מבנה של כל אחד משני התוצרים העיקריים.

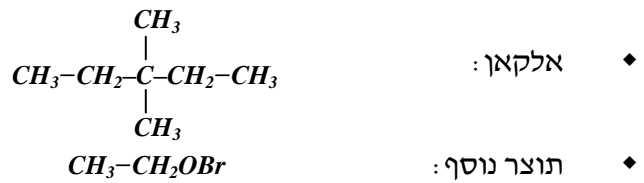
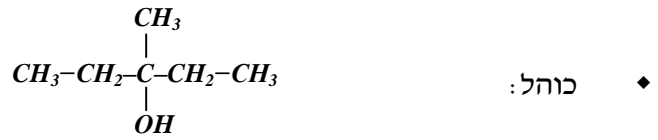
התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

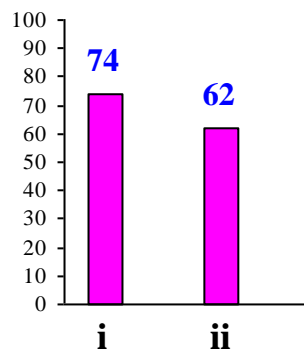
הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו ברישום הנוסחאות, במיוחד ברישום של נוסחת האתר ורשמו נוסחאות של:



המלצות:

מומלץ לתרגל עם התלמידים רישום נוסחאות מבנה של מולקולות חומרים שונים. מומלץ לבצע באמצעות מודלים סימולציה של תגובות שונות כדי להמחיש היווצרות של תוצריים עיקריים.

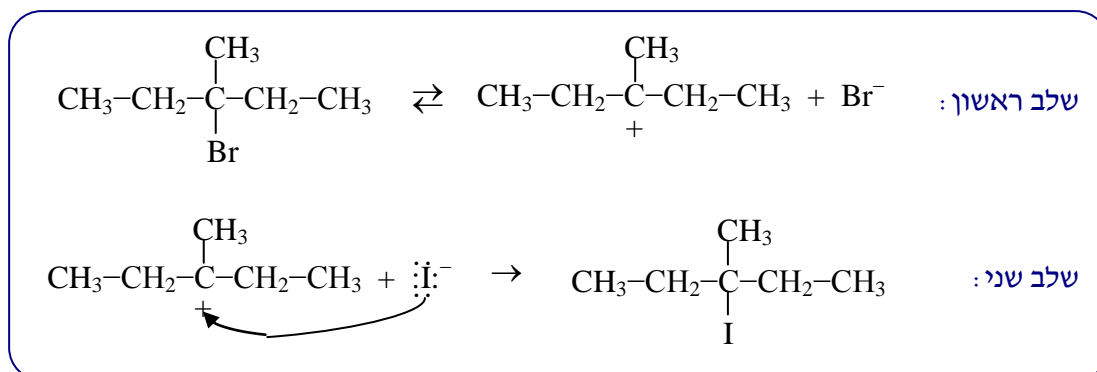
סעיף ב' (הציון 62)



תת-סעיף i (הציון 74)

נסח את מנגנון התגובה לקבלת האלקיל יודיד.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ניסחו נכון את מנגנון התגובה לקבלת האלקיל יודיד, אך חלק ניכר מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ אי-רישום חצים.
 - ♦ אי-ציון אלקטרונים לא קושרים.
 - ♦ רישום שגוי של נוסחת המגיב.
 - ♦ רישום שגוי של נוסחת התוצר.
 - ♦ רישום מנגנון S_N2 .
 - ♦ הוספת שלב שלישי למנגנון, שבו הממס תוקף את האלקיל יודיד שנוצר ומצטרף אליו.
- מתקבל $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{I}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)\text{CH}_3$.

המלצות:

הטעויות שאותרו בתת-סעיף זה הן נפוצות בשאלות מסוג זה. מומלץ לתרגל עם התלמידים את רישום המנגנונים ולבקש לתאר מה מתרחש בכל שלב ולהסביר זאת.

תת-סעיף ii (הציון 62)

הסבר מדוע בתגובה זו מתקבל גם אלקיל יודיד וגם אתר.

התשובה:

בתגובות המתרחשות במנגנון S_N1 גם הממס יכול לשמש נוקלאופיל. בתגובה זו, התמיסה מכילה

שני נוקלאופילים: יוני $\text{I}^-(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})$ ומולקולות הממס, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$.

בשלב השני של התגובה כל אחד משני הנוקלאופילים יכול לתקוף את יוני הקרבונים וליצור את התוצר המתאים.

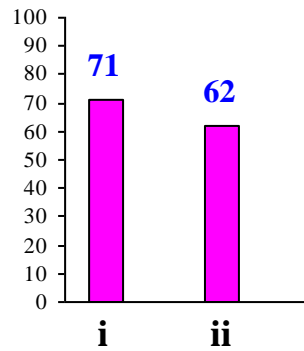
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר מדוע בתגובה זו מתקבל גם אלקיל יודיד וגם אתר. הטעויות האופייניות הן:

- ♦ התייחסות לממס כאל תוצר שני:
- "הקבוצה היוצאת מציבה עם הממס ליצירת קבוצה אתרית."
- ♦ הסברים חלקיים המתייחסים רק לקבלת האלקיל יודיד.

סעיף ג' (הציון 68)



תת-סעיף i (הציון 71)

מעלים את ריכוז יוני $I_{(CH_3CH_2OH)}$ בתמיסה. בעקבות כך אחוז האלקיל יודיד בתערובת התוצרים גדל. הסבר מדוע.

התשובה:

כאשר מעלים את ריכוז יוני $I_{(CH_3CH_2OH)}$ בתמיסה, יש סיכויים רבים יותר שהם יתקפו את יוני הקרבונים (אן: יש סיכויים רבים יותר להתנגשויות), ולכן האלקיל יודיד ייווצר בכמות גדולה יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

ציון בינוני. רוב התלמידים הסבירו נכון מדוע שינוי ריכוז הנוקלאופיל משפיע על אחוז התוצר, אך חלק ניכר מהתלמידים התבלבלו בין אחוז התוצר לבין קצב תגובה:

- "כאשר מציבים את ריכוז יוני יוד יודיד קצב ההתנגשויות, תדדף המהירות שבה הם יתקפו, ולכן יתקבל יותר אלקיל יודיד."

תת-סעיף ii (הציון 62)

קבע אם בעקבות העלאת ריכוז יוני $I_{(CH_3CH_2OH)}$ קצב התגובה יעלה, ירד או לא ישתנה.

התשובה:

קצב התגובה לא ישתנה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. תלמידים רבים קבעו שהקצב יעלה. הם שכחו או לא שמו לב שמדובר במנגנון S_N1 . יתכן גם שהסיבה לטעות זו היא חוסר הבנה של משמעות המנגנון מסדר ראשון ושני.

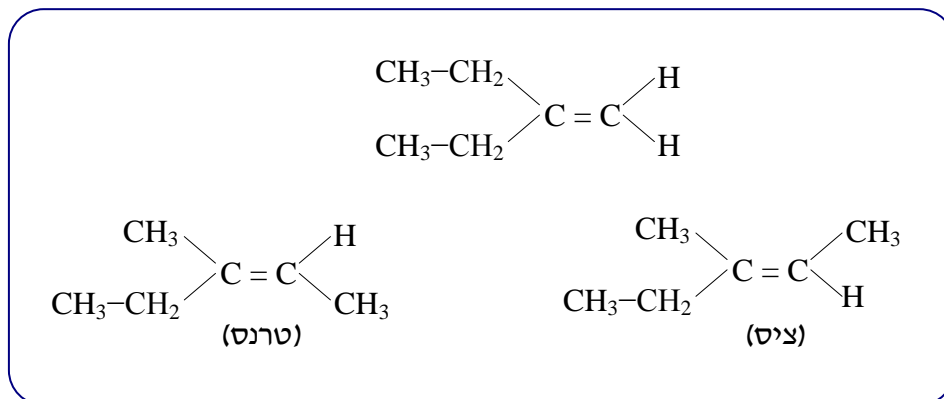
המלצות:

למרות שבשאלה לא נדרש להסביר מדוע ריכוז היוד לא משפיע על קצב התגובה, מומלץ להסביר לתלמידים שהסיבה לכך היא שיוני יוד מגיבים בשלב השני של המנגנון. שלב זה לא קובע את קצב התגובה.

סעיף ד' (הציון 63)

כאשר 3-ברומו-3-מתיל פנטאן מגיב עם יוני אתאוקסיד, $CH_3CH_2O_{(CH_3CH_2OH)}^-$, התגובה העיקרית שמתרחשת היא תגובת אלימינציה במנגנון E_2 . מתקבלים שלושה אלקנים. רשום נוסחת מבנה של כל אחד מן האלקנים.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים טעו ברישום נוסחאות של אלקנים שהם איזומרים גיאומטריים ציס וטרנס. הטעויות האופייניות הן:

- ♦ רישום של שתי נוסחאות בלבד, כשאחת מהן היא נוסחה של 3-מתילפנטן, ללא איזומרים ציס וטרנס.
- ♦ רישום נוסחה של אותו איזומר בצורות שונות.
- ♦ רישום נוסחאות של שלושה אתרים במקום שלושה אלקנים.

המלצות:

איזומריה גיאומטרית נלמדת בנושא חומצות שומן ב-3 יחידות לימוד. מומלץ לחזור ולתרגל את רישום האיזומרים ציס וטרנס גם במהלך לימוד הנושא "כימיה אורגנית מתקדמת". מומלץ לתרגל עם התלמידים את רישום נוסחאות המבנה של איזומרים שונים - עם שרשרות ישירות ועם שרשרות מסועפות, ולהבהיר לתלמידים כיצד להבחין בין נוסחאות של אותו איזומר (הרשומות בצורות שונות) לבין נוסחאות של איזומרים שונים. התלמידים צריכים להבין, שכיפוף השרשרת זה לא יצירת איזומר חדש, ומה שקובע זה אופן קישור בין אטומי פחמן בשרשרות. מומלץ להדגים זאת בעזרת מודלים.

סעיף ה' (הציון 56)

הסבר מדוע התגובה העיקרית של 3-ברומו-מתיל פנטאן עם יוני $I_{(CH_3CH_2OH)}$ היא תגובת התמרה, ואילו עם יוני $CH_3CH_2O_{(CH_3CH_2OH)}^-$ היא תגובת אלימינציה.

התשובה:

יוני $I_{(CH_3CH_2OH)}$ הם נוקלאופיל חזק ובסיס חלש. בנוכחות יונים אלה תועדף תגובת ההתמרה. יוני $CH_3CH_2O_{(CH_3CH_2OH)}^-$ הם בסיס חזק יותר מיוני $I_{(CH_3CH_2OH)}$. בנוכחות יונים אלו תועדף תגובת האלימינציה במנגנון E_2 . בנוכחות ריכוז גבוה של בסיס חזק מהירות תגובת האלימינציה במנגנון E_2 גדולה יותר ממהירות תגובת ההתמרה במנגנון S_N1 .

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים כתבו שיוני היוד הם:

- "נוקלאופיל קטן"
- "נוקלאופיל חלש"
- "נוקלאופיל לא מסוּּף"

ולכן הם יכולים לתקוף את פחמן α , ואילו יוני האתוקסיד הם :

• "נוקלאופיל נפחי"

• "נוקלאופיל מסוצ'י"

ולכן הם לא יוכלו להתקרב לפחמן α ויתקפו אטום מימן על פחמן β .

המלצות:

מומלץ לחדד את המושגים (שליטה בשפה) קטן/גדול, נפחי. מושגים אלה מתייחסים לגודל ענן האלקטרונים, ואת זה ניתן למנות. המושגים מסועף/לא מסועף מתייחסים לצורת השלד הפחמימני (זו טעות שמופיעה גם ב- 3 יח"ל וגם בפרק פולימרים).

המלצות להוראת הנושא "כימיה אורגנית מתקדמת":

בהוראת הנושא מומלץ להיעזר בחומרי למידה לספר "מולקולות במסע התחנות שבדרך" מאת אריאלה וינר, חיה פרומר, ד"ר רחל צימרוט, האוניברסיטה העברית בירושלים :

<http://chemteachers.huji.ac.il/?CategoryID=263>

מומלץ להיעזר באנימציות של מודלים מולקולריים עם צפיפות אלקטרונים, להמחשת ההבדל בין תגובה המתרחשת במנגנון S_N1 לתגובה המתרחשת במנגנון S_N2 . האנימציה נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף :

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=285>

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

מומלץ להשתמש בתרגיל המסכם, שהופיע בניתוח בגרות תשע"ב, לתרגול המנגנונים השונים והתנאים להתרחשות התגובות, ולהדגיש את ההבדלים בין המנגנונים והתנאים בהם מתרחשות התגובות.

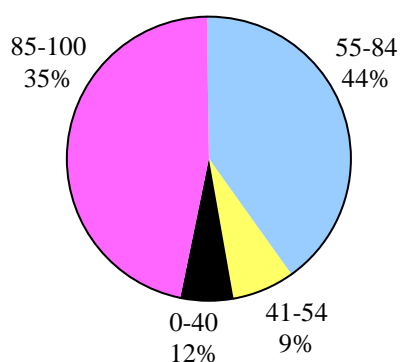
שאלה 11

כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

שאלון 37203	שאלון 37202	שאלון 37201	
77	79	76	ציון
משוקלל ציון 78			

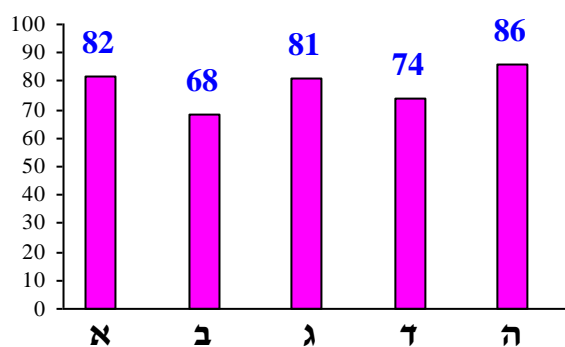
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 7.7% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 78

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

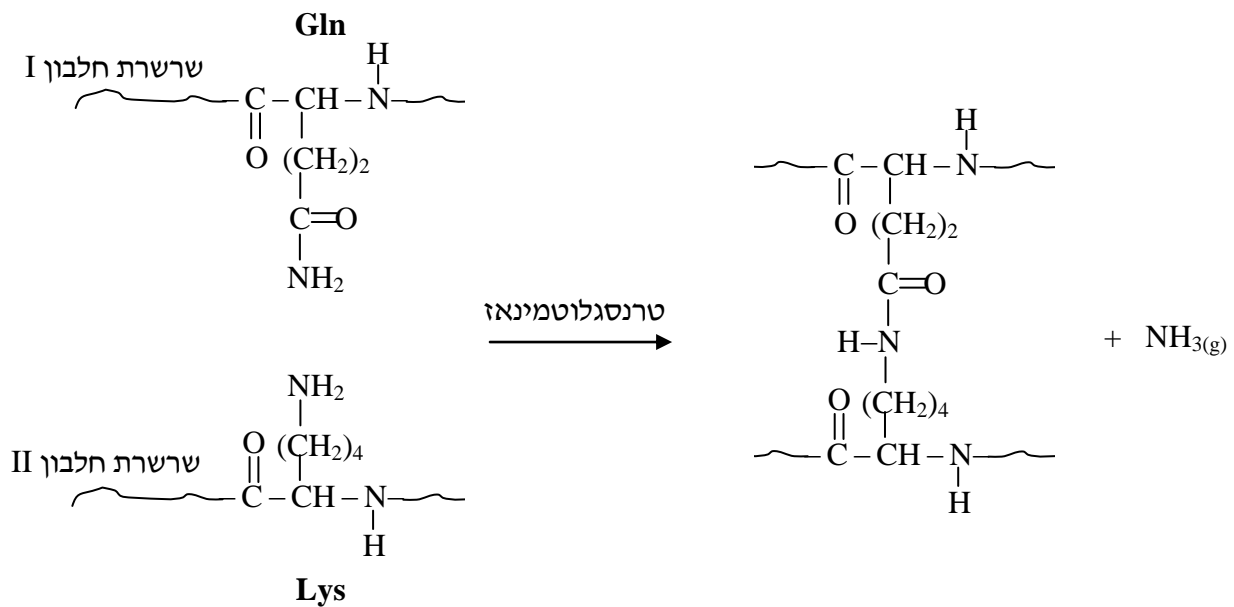
- ⌄ לתאר כיצד נוצר קשר אמיד.
- ⌄ להשוות בין התגובה הנתונה בשאלה לבין התגובה שבה נוצרות שרשרות פוליפפטידיות מחומצות אמיניות.
- ⌄ להסביר מה היא דנטורציה של חלבון וכיצד חימום גורם להתרחשותה.
- ⌄ לקשר בין חוזק הקשרים הקוולנטיים במולקולה של חלבון לבין העובדה שמבנה ראשוני של חלבון לא משתנה במהלך הדנטורציה.
- ⌄ לתאר את המבנה השלישוני של חלבון ולהסביר כיצד הוא מיוצב על ידי אינטראקציות הידרופוביות, קשרי דו-גופרית וקשרי מימן.
- ⌄ לרשום ייצוג מלא לנוסחת מבנה של פפטיד כשנתון רצף חומצות אמיניות בפפטיד זה.
- ⌄ לקבוע את המטען הכולל של החלבון ב-pH של תמיסה נתונה.
- ⌄ לקבוע את המטען החשמלי על קבוצה צדדית של שייר חומצה אמינית בחלבון ב-pH התמיסה הנתון.
- ⌄ לקבוע את רצף הנוקלאוטידים בקטע ה-mRNA, שבתהליך התרגום נוצר ממנו הפפטיד הנתון.
- ⌄ לרשום נכון את נוסחת הקטע של החלבון המתקבל בתרגום, כולל הקצה האמיני והקצה הקרבוקסילי.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

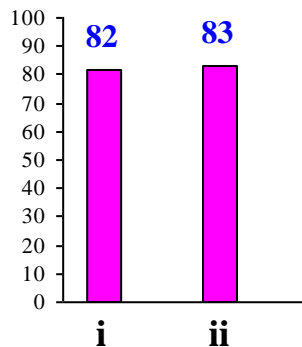
פתיח לשאלה

בישול מולקולרי הוא תחום חדשני העוסק בפיתוח של שיטות בישול ומוצרי מזון לא שגרתיים. אחת מן השיטות מבוססת על שימוש ב"דבק בשר", שבעזרתו אפשר לחבר חתיכות בשר או דגים ולקבל שילובים חדשים. "דבק בשר" הוא למעשה אנזים טרנסגלוטמינאז. בנוכחות אנזים זה נוצרים קשרים בין שרשרות פוליפפטידיות. קשרים אלה נוצרים בין הקבוצות הצדדיות של החומצות האמיניות ליזין, Lys, וגלוטמין, Gln, על פי התגובה:



סעיף א' (הציון 82)

השווה בין התגובה הנתונה ובין התגובה שבה נוצרות שרשרות פוליפטידיות מחומצות אמיניות .



תת-סעיף i (הציון 82)

ציין דמיון אחד בין שתי התגובות.

התשובה:

אחת מהתשובות:

- בשתי התגובות נוצרים קשרים אמידים (אן : קשרים פפטידיים ; אן : קשרים קוולנטיים).
- שתי התגובות הן תגובות מסוג דחיסה.

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

תת-סעיף ii (הציון 83)

ציין הבדל אחד בין שתי התגובות.

התשובה:

אחת מהתשובות:

1. בתגובה הנתונה קשרים אמידים נוצרים בין קבוצות צדדיות של חומצות אמיניות, ובתגובה, שבה נוצרות שרשרות פוליפטידיות, נוצרים קשרים אמידים בין הקבוצות הקשורות לאטום פחמן α במולקולות של חומצות אמיניות (אן : בין קבוצה אמינית לבין קבוצה קרבוקסילית).
2. בתגובה הנתונה נוצרים קשרים קוולנטיים בין קבוצות צדדיות של חומצות אמיניות הנמצאות בשרשרות פוליפטידיות שונות, ובתגובה, שבה נוצרות שרשרות פוליפטידיות, נוצרים קשרים קוולנטיים (אמידים) בין חומצות אמיניות (ונוצרת שרשרת פוליפטידית).
3. בתגובה, שבה נוצרות שרשרות פוליפטידיות, נוצרות מולקולות מים, $H_2O_{(l)}$, ובתגובה הנתונה נוצרות מולקולות אמוניה, $NH_{3(g)}$.
4. בתגובה הנתונה הדחיסה היא בין אמיד לאמין, ובתגובה, שבה נוצרות שרשרות פוליפטידיות, הדחיסה היא בין אמין לקרבוקסיל.

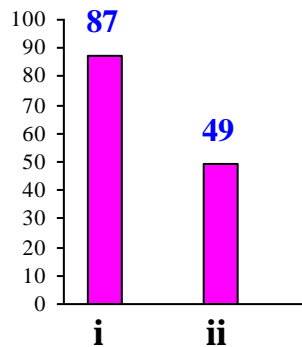
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות בסעיף א'

הציונים בשני התת-סעיפים גבוהים. רוב התלמידים ציינו את הדמיון ואת ההבדל בין התגובה הנתונה לבין התגובה שבה נוצרות שרשרות פוליפטידיות מחומצות אמיניות. אותרו טעויות מעטות הנובעות כנראה מכך שתלמידים אינם רגילים להיווצרות הקשר האמידי בין קבוצות פונקציונליות הנמצאות בקבוצות צד.

סעיף ב' (הציון 68)

צולים אומצה ("סטיק") שהוכנה מחתיכות בשר קטנות שהודבקו בעזרת האנזים טרנסגלוטמינאז.



תת-סעיף i (הציון 87)

כיצד משפיע החימום על המבנה השלישוני של חלבוני האומצה?

התשובה:

עליית הטמפרטורה בעת הצלייה גורמת לדנטורציה של החלבון - הרס המבנה השלישוני על ידי פירוק קשרים בין קבוצות צד - אינטראקציות ון-דר-ואלס וקשרי מימן.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הסבירו נכון את השפעת החימום על המבנה השלישוני של החלבון - התרחשות דנטורציה. הופיעו טעויות מעטות - התייחסות לתהליך הדנטורציה רק כאל פירוק הקשרים הבין מולקולריים בין מולקולות החלבון:

- "צפיית הטמפרטורה אורמת לפירוק חלק מהקשרים בין השרשראות, ולכן חלק מקבוצות ה-R מתרחקות אחת מהשנייה והמבנה מאבד מיציבותו."

תת-סעיף ii (הציון 49)

במהלך הצליחה האומצה אינה מתפרקת לחתיכות שמהן היא עשויה. הסבר עובדה זו.

התשובה:

האומצה אינה מתפרקת לחתיכות, מכיוון שהשרשרות הפוליפטידיות, שמקורן בחתיכות שונות, קשורות על ידי קשרים קוולנטיים חזקים. גם המבנה הראשוני לא משתנה, כי הקשרים בין שיירי חומצות אמיניות בשרשרות פוליפטידיות הם קשרים קוולנטיים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להסביר מדוע האומצה אינה מתפרקת לחתיכות. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מאי ידיעת הקשרים ש"אחראים" על ייצוב של כל אחת מצורות ההתארגנות של חלבונים, ומחוסר הבנה מהם הגורמים הקובעים את חוזק הקשרים:
- "קשרי מימן, אחראים אף יוצר המבנה השלישני, מאופיינים בטמפרטורות היתוק גבוהות של הקשר בין אטום מאוז אלקטרושלילי (N) לאטום מימן."
 - "האומצה לא מתפרקת לחתיכות מכיוון של האקצה מספיק אנרגיה כדי לפרק קשרי המימן."
 - "יש לו אף איתור, לכן הקשרים חזקים מאוד."
 - "מפני שחץ מקשרי המימן בין השרשרות קיימים קשרים נוספים המייצבים את המבנה - אינטראקציות הידרופוביות שדוחסות את המולקולות אחת לשנייה למבנה צפוף וקשוח שקשה לפירוק."
 - "הקשר יהיה שלם עם בטמפרטורות גבוהות. הם יתפרקו רק בהוספת NH_3 ."
- היו תלמידים שהתייחסו לאנרגיית השפעול של תהליך הפירוק:
- "פירוק האומצה לחתיכות דורש אנרגיה שפוצל גבוהה של מספיק התהליך הצליחה."

המלצות:

כדי למנוע טעויות ואי-דיוקים שקשורים לתהליך הדנטורציה מומלץ להגדיר את הקשרים ש"אחראים" על ייצוב של כל אחת מצורות ההתארגנות של חלבונים ולהדגיש באילו מקרים מדובר על הקשרים התוך מולקולריים ובאילו על הקשרים הבין מולקולריים:

מבנה החלבון	סוג הקשר	פירוט
<u>ראשוני</u> : שרשרת פוליפפטידית	קוולנטי	פפטידי בין α -אמינים לבין α -חומצות קרבוקסיליות
<u>שניוני</u> : התארגנות קטעי השרשרת בלי התייחסות לקבוצות צד. סליל α ומשטח כפלים β	קשרי מימן	בין קבוצות פפטידיות של אותה שרשרת פוליפפטידית או בין קבוצות פפטידיות של שרשרות פוליפפטידיות סמוכות
<u>שלישוני</u> : התארגנות במרחב של כל הקבוצות של שרשרת פוליפפטידית	קשרי מימן	בין קבוצות צדדיות בתוך אותה השרשרת
	יוני	בין קבוצות צדדיות טעונות במטענים מנוגדים בתוך אותה השרשרת
	ון-דר-ואלס	בין קבוצות צדדיות לא קוטביות בתוך אותה השרשרת
<u>רביעוני</u> : חיבור של מספר שרשרות פוליפפטידיות	קוולנטי	קשרי דו-גופרית -S-S- בין קטעים שונים של אותה השרשרת
	יוני	בין קבוצות צדדיות טעונות במטענים מנוגדים הנמצאות בשרשרות פוליפפטידיות המתחברות זו לזו
	מימן	בין קבוצות צדדיות הנמצאות בשרשרות פוליפפטידיות המתחברות זו לזו
	קוולנטי	דו-גופרית -S-S- בין קטעים שונים הנמצאות בשרשרות פוליפפטידיות המתחברות זו לזו

כדי להחליט אילו קשרים יתפרקו ראשוניים בהשקעת אנרגיה אפשר להיעזר בטבלה הבאה:

קשר קוולנטי	קשר מימן	אינטראקציות ון-דר-ואלס	טווח אנרגיות קשר (kJ/mol)
152 - 890	10 - 40	8 - 16	קשר
100	10	1	ערך יחסי ממוצע

כדי להמחיש את התהליך רצוי להשתמש באנימציות ובניסויים.

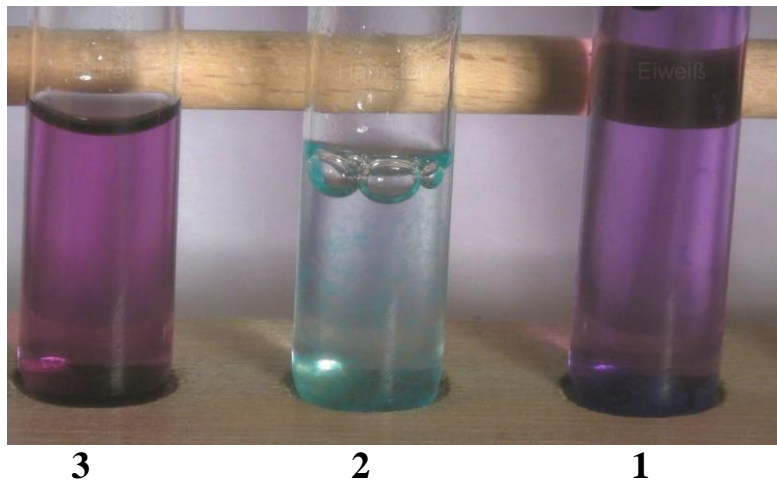
אנימציות:

http://higher.ed.mheducation.com/sites/0072943696/student_view0/chapter2/animation_protein_denaturation.html

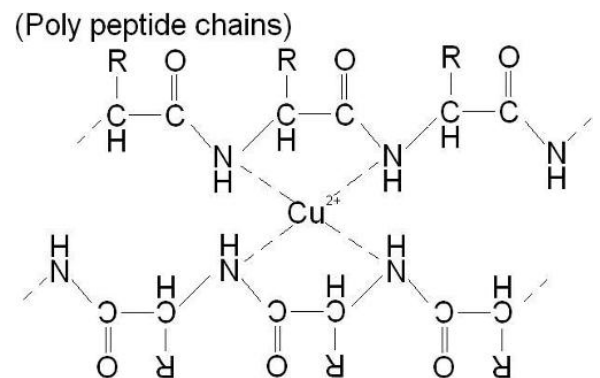
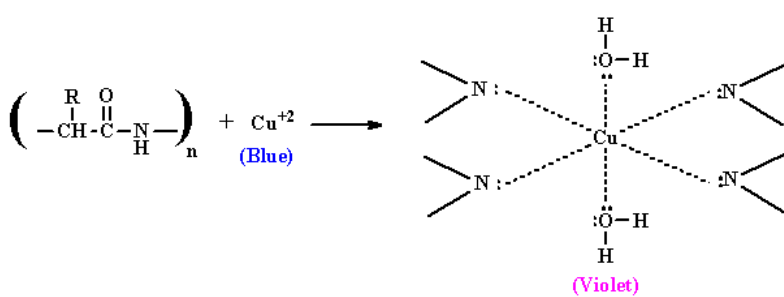
<http://www.sumanasinc.com/webcontent/animations/content/proteinstructure.html>

ניסוי שעוזר להבין שבמהלך הדנטורציה קשרים פפטידיים לא מתפרקים.

רקע: אחת מהשיטות לזיהוי חלבונים היא תגובת ביורט שמבוססת על זיהו הקשרים הפפטידיים. בתגובה עם חלבונים מתקבל צבע סגול בעוד שבתגובה עם פפטידים, המורכבים משרשרות קצרות, צבע הוא וורדרד.



- מבחנה 1 - תמיסה בתום תגובת ביורט עם חלבון
- מבחנה 2 - תמיסת ביורט
- מבחנה 3 - תמיסה בתום תגובת ביורט עם פפטיד המורכב משרשרות קצרות (לאחר הפירוק על ידי פפסין).



חומרים וציוד:

1. 3 מבחנות
2. 6 פיפטות פלסטיק
3. חלבון ביצה
4. תרחיף חלבון ביצה מבושל
5. תמיסת פפסין 0.5%
6. תמיסת HCl 3%
7. תמיסת ביורט
8. פלטה חשמלית
9. מד טמפרטורה

מהלך העבודה:

1. לכל אחת מ- 3 מבחנות מוסיפים:
מבחנה מס' 1: 1 מ"ל חלבון ביצה + 4 מ"ל מים מזוקקים
מבחנה מס' 2: 1 מ"ל תרחיף מחלבון ביצה + 4 מ"ל מים מזוקקים
מבחנה מס' 3: 1 מ"ל תרחיף מחלבון ביצה + 4 מ"ל תמיסת פפסין + 1 מ"ל תמיסת HCl
2. מנערים קלות את המבחנות ומניחים אותן בכוס מים על פלטה חשמלית בטמפרטורה קבועה.
טמפרטורת מים בכוס 37°C – 38°C .
3. לאחר 10 דקות מוציאים את המבחנות מהכוס. מה הם השינויים שהתרחשו במבחנות?
4. לכל אחת מהמבחנות מוסיפים 15 טיפות של תמיסת ביורט. מסתכלים על המבחנות מלמעלה על רקע לבן. מה הם השינויים שהתרחשו במבחנות?

הכנת תרחיף של חלבון ביצה (מכינים לפני הניסוי):

1. מפרידים חלבון מחלמון ומשתמשים בחלבון בלבד.
2. לכל 10 מ"ל חלבון מוסיפים 40 מ"ל מים מזוקקים ומערבבים עם מזלג עד שמתקבלת תמיסה אחידה.
3. מסננים את התמיסה דרך 4 שכבות גזה.
4. מחממים את התסנין בפלטה תוך כדי ערבוב מתמיד עד שתמיסה תהפוך לעכורה ותוך מדידת הטמפרטורה 55°C – 65°C . אסור לחמם מעבר ל- 65°C . התרחיף יהיה דומה לחלב מדולל. מתקבל תרחיב של חלבון ביצה שבו משתמשים בניסוי.

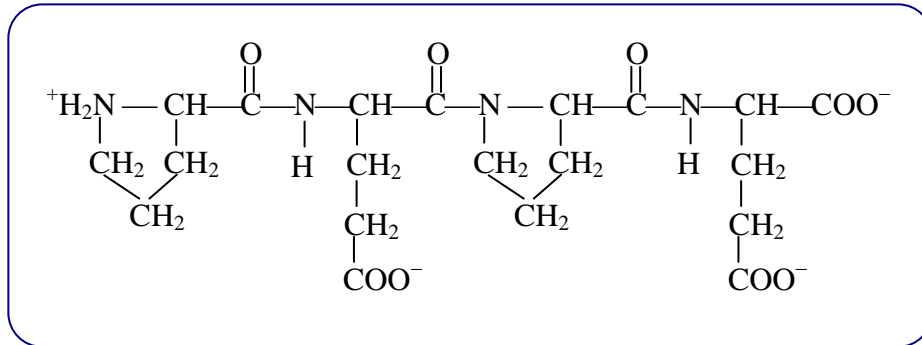
פתיח לסעיפים ג - ה

תגובה נוספת, שבה מעורב האנזים טרנסגלוטמינאז, מתרחשת במעיים, לדוגמה בפירוק של חלבון חיטה. בתגובה זו קבוצת הצד של גלוטמין, Gln, הופכת לקבוצת הצד של חומצה גלוטמית, Glu. אחד מתוצרי הפירוק של חלבון חיטה במעיים הוא ארבע-פפטיד Pro-Gln-Pro-Gln. ה-pH השורר במעיים הוא 7.5.

סעיף ג' (הציון 81)

רשום ייצוג מלא לנוסחת המבנה של הארבע-פפטיד הנתון אחר הפעילות של האנזים טרנסגלוטמינאז ב- pH=7.5 .

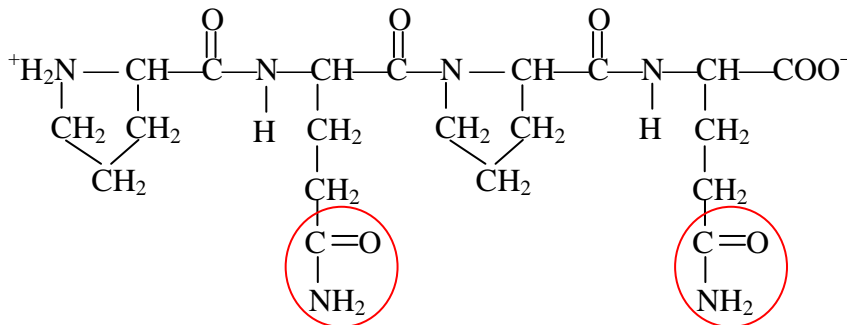
התשובה:



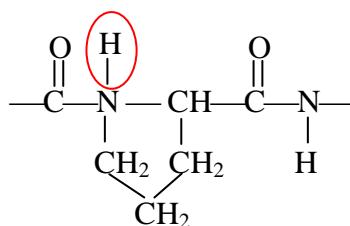
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחת המבנה של הארבע-פפטיד הנתון אחרי הפעילות של האנזים, ז.א. אחרי שקבוצת הצד של גלוטמין, Gln, הפכה לקבוצת הצד של חומצה גלוטמית, Glu. יחד עם זאת, היו תלמידים שרשמו את נוסחת המבנה של הארבע-פפטיד לפני ההחלפה:



טעות נוספת היא השארת אטום מימן בשייר של פרולין:

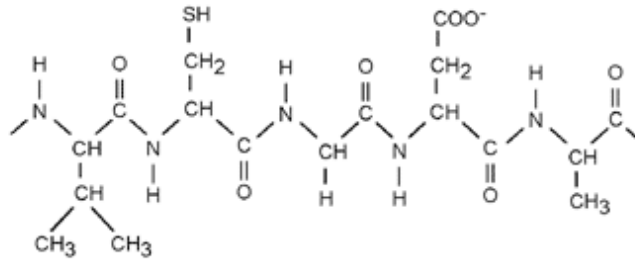


המלצות:

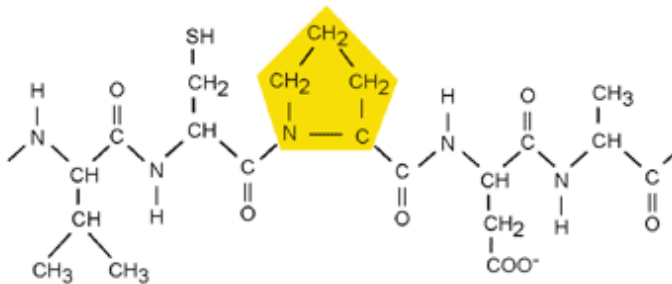
תשובות שגויות שבהן תלמידים לא החליפו את הקבוצות האמיניות לקבוצות קרבוקסיליות קשורות כנראה להבנת הנקרא.

טעויות בקשר פפטידי שיוצר פרולין נובעות מחוסר הבנה של המבנה הטבעתי של פרולין. לכן מומלץ לתת תרגילים שבהם התלמידים מתבקשים לרשום נוסחאות של פפטידים ללא פרולין ולאחר מכן להחליף את אחת מהחומצות האמיניות בפרולין. למשל:

Val-Cys-Gly-Asp-Ala



Val-Cys-Pro-Asp-Ala



סעיף ד' (הציון 74)

לפניך ערכי pKa של הקבוצות החומציות:

pKa של קצה C בארבע-פפטיד הוא כ- 3.6

pKa של קצה N בארבע-פפטיד הוא כ- 8

pKa של קבוצת הצד של Glu הוא 4.25

קבע מהו המטען הכולל של הארבע-פפטיד ב- pH=7.5:

- לפני פעילות האנזים טרנסגלוטמינאז.
- אחרי פעילות האנזים טרנסגלוטמינאז.

התשובה:

המטען הכולל של ארבע-פפטיד ב- pH=7.5:

- לפני פעילות האנזים טרנסגלוטמינאז: 0
- אחרי פעילות האנזים טרנסגלוטמינאז: -2

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

ניתוח טעויות אופייניות

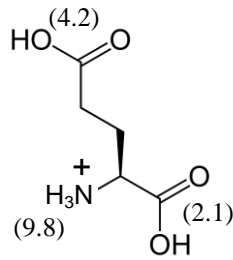
הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון את המטען הכולל של הארבע-פפטיד. חלק מהתלמידים טעו בקביעת המטען בגלל טעויות חישוב.

המלצות:

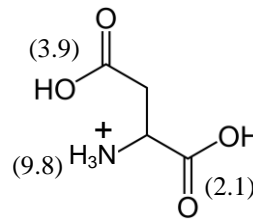
מומלץ לתרגל את חישובי המטען ורישום נוסחאות של יוני חומצות אמיניות.

שאלה לתרגול

נתונות נוסחאות מבנה של חומצה אספרטית ושל חומצה גלוטמית עם ציון ערכי pKa מתאימים ליד הקבוצות:



חומצה גלוטאמית



חומצה אספרטית

- רשום נוסחת מבנה לחומצה אספרטית ב- pH=12.
- נסח את שיווי-המשקל הקיים בתמיסה מימית של חומצה אספרטית ב- pH=2. רשום נוסחאות מבנה לחלקיקים השונים.
- ריכוזם של אילו חלקיקים עולה כאשר ה- pH עולה ל- 2.5 ?
- באיזה pH שווה הריכוז של חלקיקי החומצה הגלוטאמית, שמטענם הכולל הוא +1, לריכוז של חלקיקי החומצה הגלוטמית, שמטענם הכולל הוא 0 ? נמק.

ניתן למצוא תרגילים נוספים בספר "חושבים ביוכימיה" מאת ד"ר שלמה כהן, 2000, אורט. כמו כן, מומלץ לתרגל עם התלמידים גם הערכה וגם חישוב של מטענים של פפטידים.

שאלות לתרגול:

שאלה 1

בטבלה שלפניך מופיעים נתונים על מספר יחידות של חומצות אמיניות מסוימות בשלושה חלבונים:

חומצה אמינית / חלבון	מיוגלובין	ריבונוקלאז	אינסולין
Cys	0	8	6
Asp	6	5	0
Glu	14	5	4
Arg	4	4	1
Lys	19	10	1

קבע לאילו חלבונים נקודה איזואלקטרית :

- א. בתחום חומצי. נמק ללא חישוב. לאחד מהחלבונים חשב את הנקודה האיזואלקטרית על סמך חישוב המטען החשמלי.
- ב. בתחום בסיסי. נמק ללא חישוב. לאחד מהחלבונים חשב את הנקודה האיזואלקטרית על סמך חישוב המטען החשמלי.

שאלה 2

לפניך שלושה טרי-פפטידים A, B ו-C.

A: Val-Leu-Phe

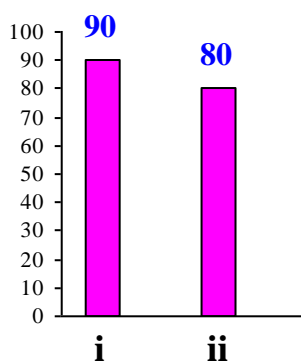
B: Ser-Arg-Lys

C: Asp-Leu-Phe

נתונים ערכי pKa של מספר קבוצות :

pKa	קבוצה
3.86	R קבוצת צד של Asp
10.53	R קבוצת צד של Lys
12.48	R קבוצת צד של Arg
3.6	קצה COOH
8	קצה NH ₂

- א. באיזה ערך של pH יהיה ריכוז של חלקיקי הטריו-פפטיד A, שמטענם הכולל הוא אפס, שווה לריכוז של חלקיקי הטריו-פפטיד A, שמטענם הכולל הוא -1 ?
- ב. חשב את המטען הכולל של כל אחד מהטריו-פפטידים ב- pH=6.
- ג. רשום נוסחת מבנה לטריו-פפטיד B ב- pH=1.
- ד. הנקודה האיזואלקטרית של הטריו-פפטיד B היא 11.5. הסבר מדוע.
- ה. קבע אם הנקודה האיזואלקטרית של תשע-פפטיד המורכב מטריו-פפטידים A, B ו-C, היא ב- pH=11.5, ב- pH<11.5 או ב- pH>11.5? נמק.



סעיף ה' (הציון 86)

תת-סעיף i (הציון 90)

רשום את רצף הנוקלאוטידים של הקטע ב-mRNA, שבתהליך התרגום נוצר ממנו הארבע-פפטיד הנתון לפננ פעילות האנזים טרנסגלוטמינאז. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

התשובה:

בעזרת הטבלה הבאה אפשר למצוא את כל הקומבינציות האפשריות לרצף הנוקלאוטידים האפשרי ב-RNA:

פרולין Pro	גלוטמין Gln	פרולין Pro	גלוטמין Gln
CCU	CAA	CCU	CAA
CCC	CAG	CCC	CAG
CCA		CCA	
CCG		CCG	

דוגמה: mRNA 5' CCU CAA CCU CAA 3'

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט ולא אותרו טעויות. תלמידים מעטים רשמו רצף חומצות אמיניות במקום רצף נוקלאוטידים:

- *Pro-Gln-Pro-Gln*

תת-סעיף ii (הציון 80)

רשום את רצף הנוקלאוטידים של הקטע בגדיל ה-DNA, שבתהליך התעתוק נוצר ממנו הקטע של mRNA שרשמת בתת-סעיף ה-i. ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

התשובה:

בהתאם לקטע ב-mRNA.

דוגמה: DNA 3' GGAGTT GGAGTT 5'

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את רצף הנוקלאוטידים של הקטע בגדיל ה-DNA. הטעות האופיינית שאותרה היא רישום אורציל בקטע של DNA:

- 3' GGA GUU GGA GUU 5'

המלצות:

מומלץ לבצע תרגילים שבהם תלמידים מתבקשים לרשום רצפים של נוקלאוטידים על סמך רצף נתון של חומצות אמיניות ולהפך, למשל:

שאלה 1

נתון רצף נוקלאוטידים בקטע DNA:

5' CGG CGC TCA AAA TCG 3'

- א. מהו רצף חומצות אמיניות בקטע של שרשרת פוליפטידית המקודדת על ידי הרצף זה?
- ב. כיצד ישתנה רצף חומצות אמיניות אם מהרצף הנתון של קטע DNA יוחסר הנוקלאוטיד הרביעי מהקצה 5'?

שאלה 2

במחלה תורשתית שנקראת תסמונת פאנקוני (פגיעה בהיווצרות רקמת העצם) מופרשות בשתן של

חולים חומצות אמיניות שלהן מתאימות הרצפים הבאים ב-mRNA:

AUA , GUC , AUG , UCA , UUG , GUU , AUU

הפרשה של אילו חומצות אמיניות היא ספציפית לחולי התסמונת אם בשתן של אדם בריא

נמצאות חומצות אמיניות Ala , Ser , Glu , Gly ?

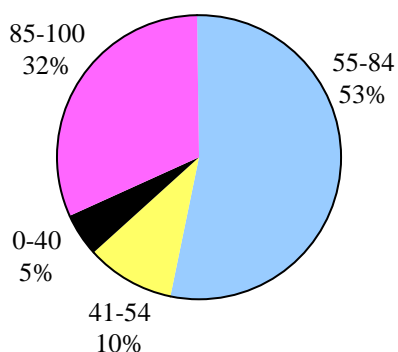
שאלה 12

כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין

שאלון 37203	שאלון 37202	שאלון 37201	
ציון משוקלל 74	72	78	ציון 72

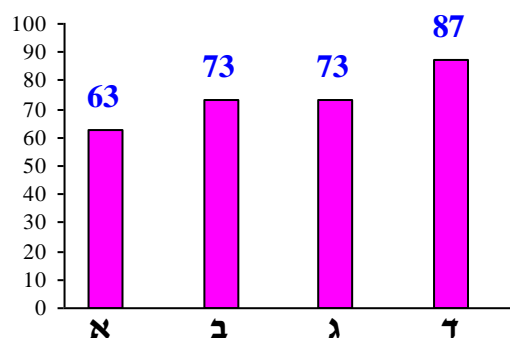
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 12% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 74

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר את תפקיד הזרז - לגרום להתרחשות התגובה במנגנון שונה לו אנרגיית שפעול נמוכה יותר.
- לתאר את המבנה של מולקולות RNA.
- להסביר את התפקיד של כל אחד מסוגי ה-RNA: mRNA ו-tRNA.
- לקשר בין רצף הנוקלאוטידים ב-mRNA למבנה החלבון המתקבל בתהליך התרגום.
- לתאר את מרכיבי הנוקלאוטיד, קשר N-גליקוזידי וקשר פוספו-אסטרי.
- לסמן בנוסחה את הקשרים בין הנוקלאוטידים ולציין בין אילו אטומים נוצרים קשרים אלה.
- לרשום את רצף הנוקלאוטידים באנטיקודונים ב-tRNA על פי רצף נתון ב-mRNA ולקבוע את הקצוות בכל אחד מאנטיקודונים.
- לתרגם רצף נוקלאוטידים בקטע של mRNA לרצף של חומצות אמיניות המרכיבות את קטע החלבון.
- להשוות בין המרכיבים של מולקולת ATP הנתונה לבין המרכיבים של נוקלאוטיד שבמולקולת RNA, שאותם תלמידים צריכים להכיר.

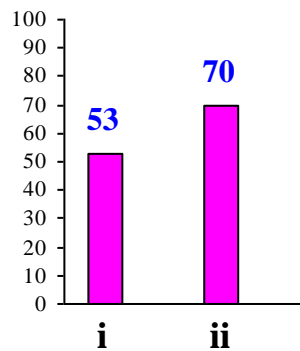
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

מחקרים הראו שמולקולות מסוימות של RNA יכולות לשמש אנזימים. מולקולות RNA אלה נקראות ריבוזימים (משילוב המילים ריבונוקלאוטיד ואנזים).

סעיף א' (הציון 63)



תת-סעיף i (הציון 53)

אנזימים הם זרזים בתהליכים ביוכימיים. הסבר מהו תפקידם.

התשובה:

בנוכחות זרז התהליך מתרחש במנגנון שונה לו אנרגיית שפעול נמוכה יותר (אנ: מתקבלים תצמידים להם אנרגיה נמוכה יותר).
 אנ: מולקולות הסובסטרט נכנסות לאתר הפעיל, נוצרים ביניהם קשרים שגורמים לתגובה להתרחש מהר יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר את תפקיד הזרז - לגרום לתהליך להתרחש במנגנון שונה לו אנרגיית שפעול נמוכה יותר. יתכן ולא הצליחו לקשר בין הסבר של תפקיד הזרז הנלמד בנושא החובה לאנזים שהוא זרז בתהליכים ביוכימיים. רוב התלמידים שטעו כתבו על תוצאות הפעילות של הזרז - זירוז התגובה, ולא הסבירו את תפקידו:

- "תפקיד הזרז הוא לזרז את התאולה."
- "תפקיד האנזימס הוא ליצור תנאים נוחים כדי שהתאולה תתבצע."

המלצות:

מומלץ בלימוד הנושא "כימיה של חלבונים ושל חומצות גרעין" לחזור על הסבר של תפקיד הזרז הנלמד בנושא החובה. לאחר מכן כדאי לתת דוגמה לתפקיד של זרז בגוף האדם.

תת-סעיף ii (הציון 70)

הסבר מה הם התפקידים של מולקולות RNA מסוג mRNA ומסוג tRNA.

התשובה:

תפקיד של מולקולות mRNA – להעביר את המידע מה-DNA שבגרעין אל הריבוזום (אן: לשמש תבנית לרצף חומצות אמיניות בתהליך התרגום).

אחד מהתפקידים של מולקולות tRNA:

- קשירת מולקולות של חומצה אמינית המתאימה לאנטיקודון.
- העברת חומצות אמיניות שנקשרו לריבוזום.

אן: העברת חומצות אמיניות על מנת שיתקשרו ל-mRNA ויאפשרו את יצירת השרשרת הפוליפפטידית.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הסבירו נכון את תפקידן של מולקולות mRNA - להעביר את המידע מה-DNA שבגרעין אל הריבוזום, שם מתרחש תהליך התרגום. רוב הטעויות הופיעו בהסברים על התפקיד של מולקולות tRNA:

- "tRNA יוצר חלבון שנקנס לארצין."
- "tRNA מקודד חומצות אמיניות שיוצרות חלבון."
- "tRNA מצביר מולקולות מהארצין אריבוזום."

המלצות:

מומלץ לחדד את ההבדל בין סוגי RNA - במבנה ובתפקיד של כל סוג.

שאלה לתרגול:

- א. במה שונה מבנה מולקולות RNA ממבנה מולקולות DNA ?
- ב. מה מייצגים הסימנים R.N.A. ?
- ג. שלוש מולקולות שונות של RNA משתתפות בסיומתה של חלבון.
 - i ציין את שמותיהן.
 - ii תאר את תפקידן.
 - iii פרט את הידוע לך על המבנה שלהן.

תשובות:

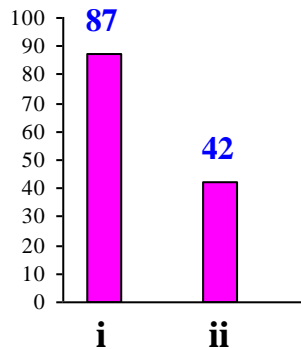
א. ההבדל בין מולקולות RNA לבין מולקולות DNA :

מאפיינים	DNA	RNA
בסיסים חנקניים	G, C, A, T	G, C, A, U
גדילים	דו-גדילי	חד-גדילי
מיקום	גרעין	שליח: גרעין + ציטופלזמה נושא: ציטופלזמה ריבוזומלי: ציטופלזמה

- ב. ריבוז, נוקלאוטיד, אסיד (חומצה). כלומר RNA מורכב מריבוז, בסיס חנקני וקבוצת זרחה. דגש על ריבוז, לכן מתחילים באות R.
- ג.
 - i mRNA - שליח (Messenger)
 - tRNA - נושא (Transfer)
 - RNA ריבוזומלי (Ribosomal)
 - ii mRNA מכיל מידע לבניית החלבונים ומעביר אותו בין הגרעין לציטופלזמה. tRNA נושא את החומצות האמיניות אל הריבוזומים, מכיל שני אתרי קשירה: האחד לחומצה אמינית והשני לשלושה בסיסים ב-mRNA, מחבר את החומצה האמינית הנכונה בסדר הנכון של השרשרת המסונתזת של חלבון מסוים.
 - RNA ריבוזומלי - בעל מבנה שלישוני. מורכב מיחידה קטנה ויחידה גדולה.
 - ב- RNA ריבוזומלי מתקיים תהליך התרגום ויצירת החלבון.

סעיף ב' (הציון 73)

עקב פעילות של ריבוזימים בתא, מולקולות RNA עוברות הידרוליזה ("חיתוך") ומתפרקות למולקולות RNA קטנות יותר. לאחר מכן, המולקולות RNA הקטנות מתחברות ויוצרות מולקולות RNA חדשות. הרצפים של המולקולות RNA החדשות שונים זה מזה.



תת-סעיף i (הציון 87)

כאשר מולקולות RNA, שהן תוצרי החיבור, עוברות תרגום, מתקבלים חלבונים שונים זה מזה. הסבר מדוע.

התשובה:

החלבונים יהיו שונים כי הם נוצרים בתהליך התרגום של רצפים שונים של RNA. מכל רצף של RNA מתקבל חלבון אחד.

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

ניתוח טעויות אופייניות

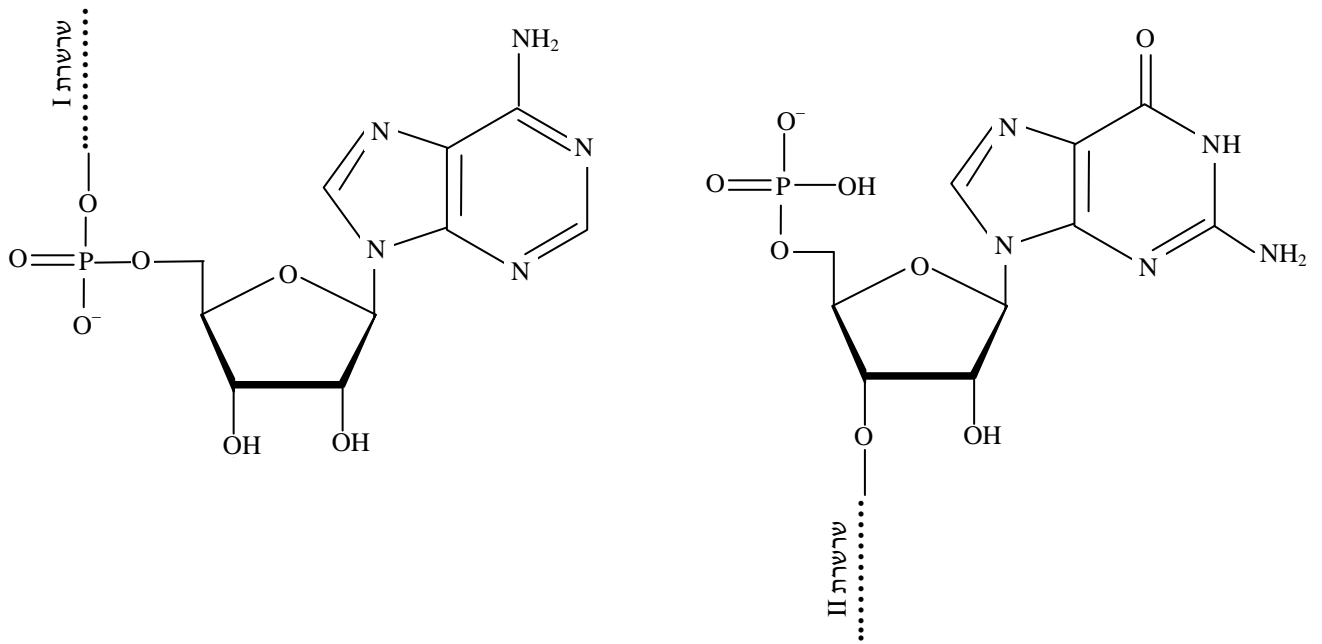
הציון גבוה. זוהי שאלה ברמת חשיבה גבוהה. רוב התלמידים הצליחו להסביר מדוע בתרגום מתקבלים חלבונים שונים זה מזה, לקשר בין רצף הנוקלאוטידים ב-mRNA למבנה החלבון המתקבל בתהליך התרגום. תלמידים מעטים טעו - כתבו שאין שינוי בחומצות האמיניות, ולכן לא יהיה שינוי בחלבון.

המלצות:

מומלץ לחדד את החשיבות של רצף החומצות האמיניות ולהבהיר ששינוי ברצף גורם לשינוי בחלבון וכמובן בתפקוד.

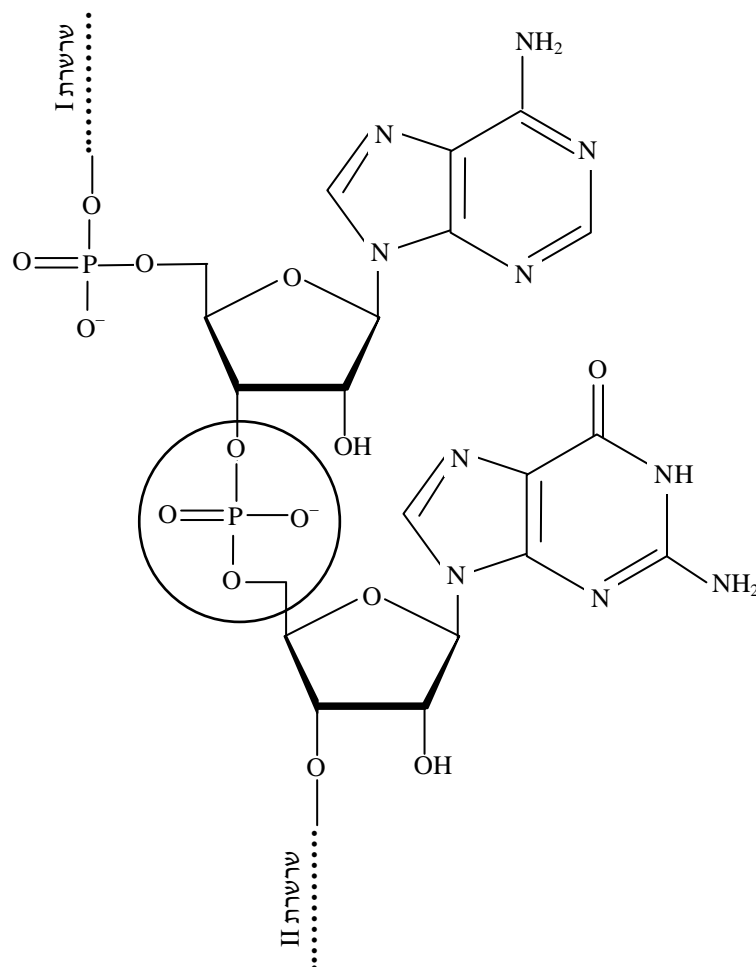
תת-סעיף ii (הציון 42)

נתונות נוסחאות מבנה לקצוות של שתי מולקולות RNA שהן תוצרי "החיתוך" של מולקולות RNA שעברה הידרוליזה.



רשום את נוסחת המבנה לקטע החיבור של שני הקצוות של שתי מולקולות אלה.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הצליחו לרשום נכון את נוסחת המבנה לקטע החיבור של שני קצוות של שתי המולקולות הנתונות, ז. א. נוסחת הקשר הפוספו-אסטרי בין קבוצת הזרחה בשרשרת II לבין קבוצת -OH בשרשרת I. הטעויות האופייניות הן:

- ◆ ציור של קשר בין אטומי חמצן: $----P-O-O$
- ◆ ציור של קשרי מימן בין הבסיסים החנקניים הנתונים בקטע.
- ◆ ציור של קשר בין קבוצת זרחה בקטע אחד לקבוצת זרחה בקטע השני.

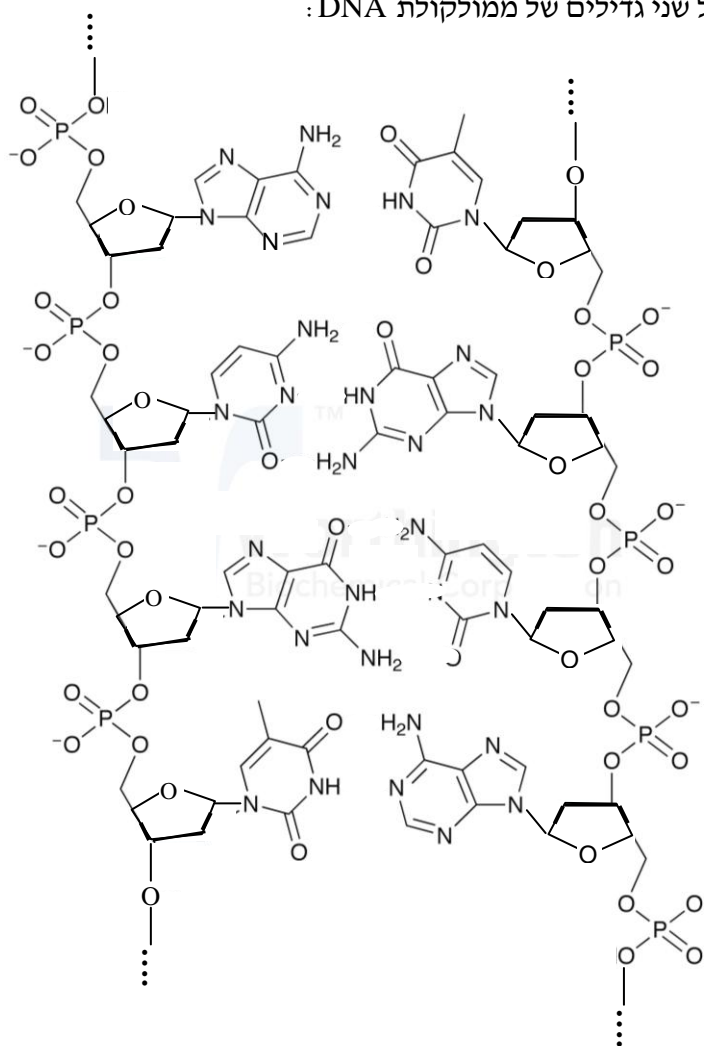
המלצות:

מומלץ לבקש מהתלמידים:

- לצייר נוקלאוטידים ולציין את הקשרים בין בסיס חנקני לריבוז ובין קבוצת הזרחה לריבוז.
- לתת רצף נוקלאוטידים ולבקש לזהות את הקשרים ואת הקצוות.

שאלה לתרגול:

לפניך קטע המכיל שני גדילים של ממולקולת DNA:

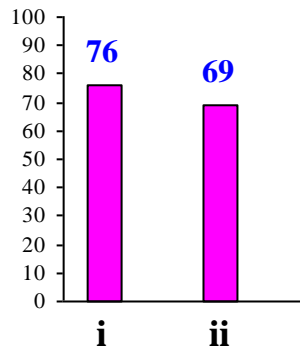


- א. צייר את הקשרים בין שני הגדילים ליצירת מולקולה דו-גדילית של DNA וציין את סוג הקשרים האלה.
- ב. מה הם סוגי הקשרים הקיימים בתוך גדיל DNA ?
- ג. בין אילו חלקים של נוקלאוטידים נוצר כל אחד מהקשרים שצינת ?
- ד. ציין את קצה 3' ואת קצה 5' בכל אחד מהגדילים.
- ה. כנה בשם כל אחד מהבסיסים החנקניים שבאיור. היעזר בדף נוסחאות.

סעיף ג' (הציון 73)

לפניך קטע מרצף נוקלאוטידים במולקולת mRNA בנגיף הפוליו :

5' CAA ACC UCA 3'



תת-סעיף i (הציון 76)

רשום את הרצפים של הנוקלאוטידים באנטיקודונים ב-tRNA, שמתאימים לרצף שבקטע הנתון. בכל אחד מן האנטיקודונים ציין את קצה 3' ואת קצה 5'.

התשובה:

3' GUU 5'

3' UGG 5'

3' AGU 5'

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את רצף הנוקלאוטידים באנטיקודונים של tRNA - על פי הרצף הנתון ב-mRNA וציינו נכון את קצה 3' ואת קצה 5' בכל אחד מן האנטיקודונים. הטעויות האופייניות שאותרו :

♦ רישום ברצף נוקלאוטידים של tRNA :

• 3' GUU UGG AGU 5'

♦ רישום נוקלאוטידים המכילים בסיס טימין במקום אורציל :

• 3' GTT TGG AGT 5'

המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין מולקולות mRNA לבין מולקולות tRNA .
שאלה לתרגול :

נתון רצף חומצות אמיניות בפפטיד : Ala-Val-Leu-Cis-Gly

- א. רשום ייצוג מלא לנוסחת מבנה של הפפטיד ב- pH=7.
- ב. ציין קצה N-טרמינלי וקצה C-טרמינלי.
- ג. סמן בעיגול כל אחד מקשרים הפפטידיים. כמה קשרים פפטידיים יש במולקולת הפפטיד?
- ד. נסח את תגובת ההידרוליזה המלאה של הפפטיד. השתמש בנוסחות מבנה.
- ה. ציין את התנאים שבהם מתרחשת את תגובת ההידרוליזה.
- ו. רשום את רצף הנוקלאוטידים ב- mRNA שממנו נוצר הפפטיד הנתון בתהליך התרגום.
- ז. רשום את האנטיקודונים במולקולות ה- tRNA המתאימים לרצפים ב- mRNA .

תת-סעיף ii (הציון 69)

רשום את רצף החומצות האמיניות אשר מקודד על ידי קטע ה- mRNA הנתון.

התשובה:

Gln – Thr – Ser

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. התלמידים רבים תרגמו נכון את רצף הנוקלאוטידים בקטע של ה- mRNA הנתון לרצף החומצות האמיניות המרכיבות את קטע החלבון, ורשמו את הרצף הנכון. יחד עם זאת, חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות שאותרו :

- ♦ תרגום של אנטיקודונים לחומצות אמיניות.
- ♦ אי-סימון של הקשר הפפטידי שבין החומצות האמיניות.
- ♦ רישום הרצף בעברית :

• "סרין - תראונין - טאלואנין"

- ♦ רישום קצוות 3' ו- 5' ברצף החומצות האמיניות.

המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים שטבלת קודונים הנתונה בדפי הנוסחאות מתייחסת לקודונים המופיעים ב-mRNA בלבד.

שאלה לתרגול:

לפניך קטע של m-RNA .



- חלק את הקטע לקודונים ורשום את הרצף.
- סמן קודון התחלה וקודון סיום. שים לב לכיוון הקריאה.
- כמה שיירים של חומצות אמיניות יבנו את קטע החלבון שייווצר לאחר התרגום?
- רשום את רצף החומצות האמיניות בקטע החלבון שייווצר לאחר התרגום.

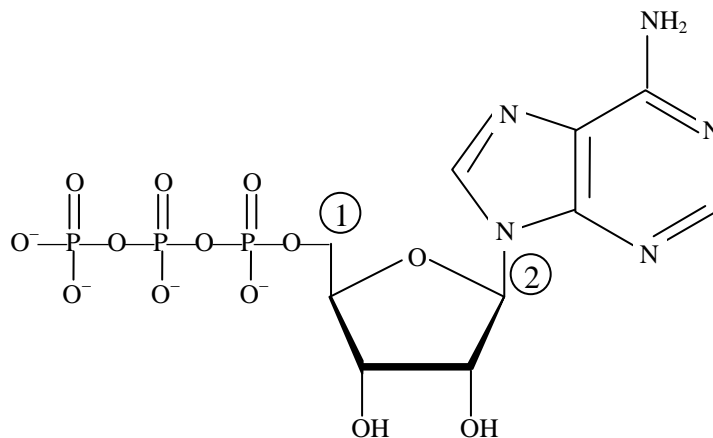
תשובות:

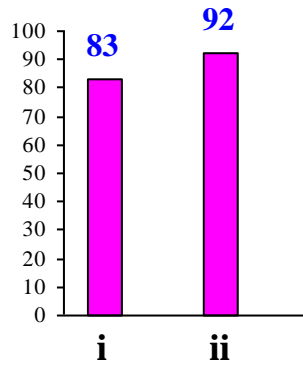
- כדי לחלק את הקטע לקודונים יש לקרוא מקצה 5' לקצה 3' .
- קודון התחלה: AUG ; קודון סיום: UAA.
- קטע החלבון יהיה מורכב מחמישה שיירים של חומצות אמיניות.
- Thr-Arg-Phe-Gly-Leu

סעיף ד' (הציון 87)

ATP הוא חומר המשמש מקור אנרגיה לפעילות התא.

לפניך נוסחת מבנה של מולקולת ATP:





תת-סעיף i (הציון 83)

השווה בין המרכיבים של מולקולת ATP לבין המרכיבים של נוקלאוטיד שבמולקולת RNA .
ציין דמיון אחד והבדל אחד.

התשובה:

דמיון:

אחד מבין המרכיבים : בסיס חנקני, חד-סוכר, קבוצת זרחה.

הבדל:

במולקולת ATP יש שלוש קבוצות זרחה ובנוקלאוטיד של RNA יש קבוצת זרחה אחת.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו להשוות בין המרכיבים של מולקולת ATP הנתונה לבין המרכיבים של נוקלאוטיד שבמולקולת RNA, שאותם התלמידים צריכים להכיר. חלק מהתלמידים טעו - הם ציינו שבמולקולת ATP יש ריבוז ואילו בנוקלאוטיד של RNA יש דאוקסיריבוז.

המלצות:

מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדל בין חד-סוכרים - ריבוז ודאוקסיריבוז. כדאי לתת לתלמידים תרגילים שבהם צריך לזהות את המרכיבים של נוקלאוטידים והקשרים בין מרכיבים אלה.
שאלה לתרגול:

- א. היעזר בדפי נוסחאות ורשום את הנוסחאות של ארבעה נוקלאוטידים שונים של RNA .
- ב. רשום נוסחה לקטע הגדיל של RNA המורכב מארבעת הנוקלאוטידים שאת נוסחותיהם רשמתה בסעיף א'. ציין את קצה 3' ואת קצה 5' .
- ג. סמן בנוסחה שרשמת בסעיף ב' את הקשרים המחברים בין הנוקלאוטידים וציין את השמות של קשרים אלה.

תת-סעיף ii (הציון 92)

ציין את סוגי הקשרים המסומנים ① ו- ② בנוסחת המבנה של מולקולת ATP.

התשובה:

- קשר (1) - קשר פוספו-אסטרי
- קשר (2) - קשר N-גליקוזידי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט ולא אותרו טעויות. תלמידים מעטים כתבו שקשר 2 הוא:

- "קשר מ'אן"
- "קשר אסטרי"

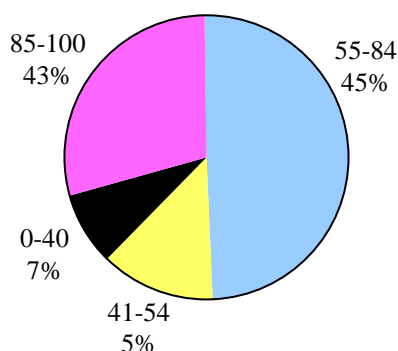
שאלה 13

כימיה של הסביבה

ציון משוקלל	שאלון 37203	שאלון 37202	שאלון 37201	
77	78	70	73	ציון

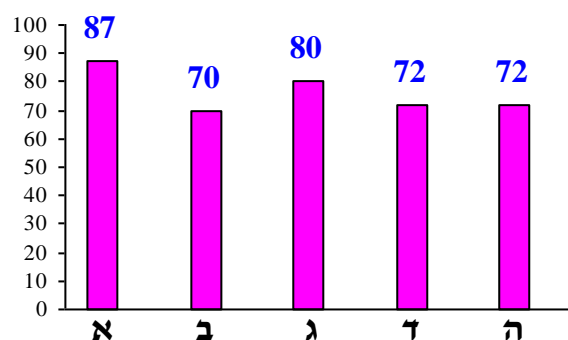
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 5% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 77

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר את המושג "מים קשים".
- לציין נזקים הנגרמים מהצטברות אבנית בצינורות.
- לבחור במחליף יונים מתאים כדי לרכז מים קשים - במחליף קטיונים.
- להסביר את עקרון הפעולה של מחליף קטיונים.
- לחשב את הריכוז של יוני $Ca^{2+}_{(aq)}$ בדגימת המים על פי קשיות המים הנתונה.
- להסביר כיצד עלייה בחומציות המים הזורמים בצינורות משפיעה על ריכוז יוני $Fe^{3+}_{(aq)}$.
- לכתוב תצפיות בזמן ביצוע הניסויים ולהסיק מסקנות על סמך תצפיות אלה.
- להסביר את השיטה של סינון המים דרך פחם פעיל.
- להסביר את עקרון הפעולה של מחליף אניונים.
- לתאר כיצד קובעים את ריכוז היונים במים בשיטה ספקטרוֹפוטומטרית.
- לקרוא נתונים מגרף הכיול ולעבוד איתם - לקבוע את ריכוז התמיסה הנבדקת.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

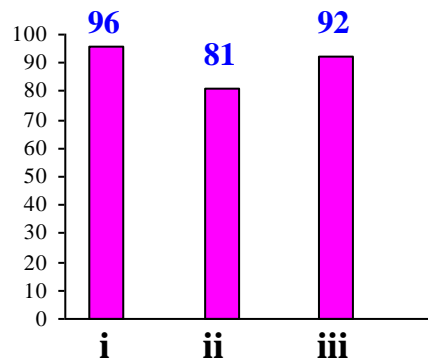
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
יישום	iii	
אנליזה		ב
אנליזה		ג
יישום		ד
יישום	i	ה
יישום	ii	

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת ביונים אחדים המצויים במי ברז ומשפיעים על איכותם.

מי ברז מכילים יונים כגון: $\text{Na}^+_{(aq)}$, $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$, $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$, $\text{Cl}^-_{(aq)}$, $\text{HCO}_3^-_{(aq)}$.

סעיף א' (הציון 87)



תת-סעיף i (הציון 96)

אילו מן היונים הנתונים נמצאים בריכוז גבוה במים קשים?

התשובה:

יוני סידן, $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$

ויוני מגנזיום, $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו אילו יונים נמצאים בריכוז גבוה במים קשים. לא אותרו טעויות.

תת-סעיף ii (הציון 81)

כאשר משתמשים במים קשים מצטברת אבנית בצינורות. ציין שני נזקים הנגרמים מהצטברות אבנית.

התשובה:

שני נזקים מבין:

- סתימה בצנרת.
 - בלאי מהיר (א): הקטנת זמן השימוש של מכשירים חשמליים.
 - השקעת אנרגיה גדולה יותר בחימום מים.
- (שני הנזקים האחרונים נגרמים מהצטברות אבנית על גופי החימום של מכשירים חשמליים.)

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים לא התקשו לציין נזקים הנגרמים מהצטברות אבנית, אך היו תלמידים שטעו, כי לא יישמו את הידע על מים קשים ועל אבנית:

- "אבנית אורמת אהצטברות fe חידק'ט."
- "חלק מהאבנית יכול אצבור אמיט - אבנית היא חומר רציף."

המלצות:

מומלץ לדון עם התלמידים בנזקים הנגרמים מהצטברות אבנית ולהביא דוגמאות לנזקים אלה מחיי יום יום. מומלץ לתת לתלמידים לקרוא את הכתבה ולדון בה:

<http://www.kehilot.co.il/ArticleDetails.asp?ArticleID=252>

תת-סעיף iii (הציון 92)

משתמשים במחליף יונים כדי לרכך מים קשים. קבע אם מחליף היונים צריך להיות מחליף קטיונים או מחליף אניונים. נמק.

התשובה:

מחליף קטיונים.

כדי לרכך את המים יש להוריד את ריכוז יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ (ויוני $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$) על ידי החלפתם ביוני נתרן, $\text{Na}^{+}_{(aq)}$, שאינם משפיעים על קשיות המים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים קבעו נכון שמחליף היונים צריך להיות מחליף קטיונים. תלמידים מעטים התקשו בנימוק:

- "אחליף קטיונים אחליף בין יונים חיוביים לחיוביים."
- "קטיונים הם יונים שליליים אשר מציבים צט היונים החיוביים ואחליפים אותם."

המלצות:

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי חקר בנושא "מצעי ספיחה". מומלץ להיעזר לשם כך 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/>

סעיף ב' (הציון 70)

בדגימה מים שנלקחה מבאר נבדקה קשיות המים. נמצא שקשיות המים היא 140 ppm של $\text{CaCO}_{3(s)}$. חשב את הריכוז של יוני סידן, $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$, בדגימת המים מהבאר, ביחידות ppm. פרט את חישובך.

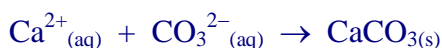
התשובה:

קשיות המים היא המסה של $\text{CaCO}_{3(s)}$ המתקבלת בתגובה של 1 ליטר מי השתייה הנבדקים.

המסה המולרית של $\text{CaCO}_{3(s)}$: $\frac{100 \text{ gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של $\text{CaCO}_{3(s)}$ המתקבלים מ-1 ליטר המים הנבדקים: $\frac{0.14 \text{ gr}}{100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.0014 \text{ mol}$

יחס המולים בין יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ לבין $\text{CaCO}_{3(s)}$ בניסוח התגובה:



הוא 1:1, לכן מספר המולים של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ ב-1 ליטר המים הנבדקים: 0.0014 mol

המסה המולרית של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$: $\frac{40 \text{ gr}}{\text{mol}}$

המסה של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ ב-1 ליטר המים הנבדקים:

$$40 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.0014 \text{ mol} = 0.056 \text{ gr} = 56 \text{ mg}$$

הריכוז של יוני סידן, $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$, בדגימת המים מהבאר: 56 ppm

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים חישבו נכון את הריכוז של יוני סידן, $Ca^{2+}_{(aq)}$, בדגימת המים מהבאר, ביחידות ppm. אך חלק מהתלמידים טעו בחישוב. הבעיה העיקרית בחישוב היא חוסר הבחנה בין יחס המולים לבין יחס הריכוזים ביחידות ppm:

• "קשיות המים היא 140 ppm $CaCO_{3(s)}$, היחס הוא 1:1, לפי הריכוז $Fe^{2+}_{(aq)}$ יוני $Ca^{2+}_{(aq)}$ הוא 140 ppm".

היו תלמידים שחישבו את מספר המולים של יוני $Ca^{2+}_{(aq)}$ ב-1 ליטר של המים הנבדקים ולא המשיכו.

המלצות:

מומלץ לתרגל חישובים מסוג זה.

שאלה לתרגול:

ריכוז מומלץ של יוני סידן, $Ca^{2+}_{(aq)}$, במי שתייה הוא 80 מ"ג לליטר.

א. לא הוגדר ריכוז מותר של יוני סידן אלא ריכוז מומלץ. מהי הסיבה לכך?

ב. מהי קשיות המים המכילים 80 מ"ג יוני $Ca^{2+}_{(aq)}$ ב-1 ליטר.

ג. ביצעו בדיקות של מי ברז בשני אזורים. תוצאות הבדיקות:

בדיקה באזור I: קשיות המים היא 221 מ"ג לליטר.

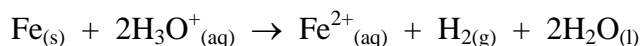
בדיקה באזור II: קשיות המים היא 319.5 מ"ג לליטר.

קבע אם הריכוז של יוני $Ca^{2+}_{(aq)}$ במי הברז בכל אחד מהאזורים שנבדקו גבוה מהריכוז המומלץ, נמוך ממנו או שווה לו. נמק.

פתיח לסעיפים ג - ה

מים זורמים בצינורות פלדה, שהרכיב העיקרי שלה הוא ברזל, $Fe_{(s)}$.

כאשר $Fe_{(s)}$ בא במגע עם מים חומציים, הוא עובר קורוזיה על פי התגובה:



בנוכחות חמצן, $O_{2(g)}$, יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$ הופכים ליוני $Fe^{3+}_{(aq)}$.

בנוכחות יוני $Fe^{3+}_{(aq)}$ המים נעשים חומים.

סעיף ג' (הציון 80)

הסבר כיצד עלייה בחומציות המים משפיעה על ריכוז יוני $Fe^{3+}_{(aq)}$.

התשובה:

עלייה בחומציות מעלה את ריכוז יוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$.
ככל שריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ גבוה יותר, יותר $\text{Fe}_{(s)}$ מגיב ונוצרים יותר יוני $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$.
יוני $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ שנוצרים עוברים חמצון ליוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$, ולכן ריכוזם עולה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

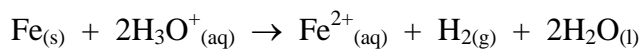
הציון גבוה. רוב התלמידים הסבירו נכון כיצד עלייה בחומציות המים הזורמים בצינורות משפיעה על ריכוז יוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$, אך חלק מהתלמידים התקשו לחבר תוצאות של שתי התגובות המתרחשות אחת אחרי שנייה. הופיעו הסברים לא מתאימים כגון:

- "כאשר מצליח את חומציות המים מצליח ריכוז יוני הידרוניום. יוני הידרוניום מצליח חמצן וכאשר ריכוז החמצן עולה, לפי תיאוריית התנדשות, סיכוי להיווצרות התנדשות פוריות גדל, ויהיו יותר תוצרים."

המלצות:

מומלץ לנתח עם התלמידים מקרים שבהם שתי תגובות מתרחשות אחת אחרי שניה. כדי לעזור לתלמידים לטפל בצירופי תגובות כאלה, מומלץ יחד עם התלמידים לבנות פתרון מפורט לשאלה: כיצד עלייה בחומציות המים משפיעה על ריכוז יוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$? שלבי הפתרון:

- ♦ ברזל, $\text{Fe}_{(s)}$, שהוא המרכיב העיקרי של צינורות פלדה, עובר קורוזיה - מגיב עם מים חומציים, על פי התגובה:



אחד מתוצרי התגובה - יוני $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$.

- ♦ בנוכחות חמצן, $\text{O}_{2(g)}$, יוני $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ הופכים ליוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$.
- ♦ ככל שריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ גבוה יותר, יותר $\text{Fe}_{(s)}$ מגיב ונוצרים יותר יוני $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$.
- ♦ ככל שנוצרים יותר יוני $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$, יותר יונים אלה עוברים חמצון ליוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$, ולכן ריכוז יוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$ במים עולה.

סעיף ד' (הציון 72)

תלמידים בדקו שלוש דגימות של מי ברז שהיו חומים ועכורים.

בכל אחת מן הדגימות הם ביצעו אחת משלוש הפעולות (1)-(3):

(1) סינון המים בפחם פעיל.

(2) העברת המים דרך מחליף קטיונים.

(3) העברת המים דרך מחליף אניונים.

על פי תוצאות הבדיקות התלמידים קבעו שהדגימות הכילו אבק ויוני $Fe^{3+}_{(aq)}$.

מה היו התצפיות של התלמידים לאחר כל אחת משלוש הפעולות?

התשובה:

(1) לאחר הסינון בפחם הפעיל חלה ירידה בעכירות. (כי הפחם הפעיל ספח את האבק.)

(2) לאחר העברת המים דרך מחליף קטיונים הצבע החום נעלם (אן: הצבע החום נעשה

בהיר יותר) כי ריכוז יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$ ירד.

(3) לאחר העברת המים דרך מחליף אניונים לא חל שינוי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לתאר תצפיות לאחר כל אחת מהפעולות. הסיבה לכך

היא חוסר ידע והבנה אילו תהליכים מתרחשים בזמן פעולות אלה ומה הם עקרונות שעליהם

מתבססות הפעולות. הטעות האופיינית העיקרית בסעיף זה היא תיאור חלקי של התמיסה לפני

ואחרי כל פעולה ברמה מיקרוסקופית וחוסר התייחסות לרמה מאקרוסקופית, ז.א. לתצפיות:

• "פחם ספח את האבק."

• "הריכוז של $Fe^{2+}_{(aq)}$ ירד."

• "הריכוז של $Fe^{2+}_{(aq)}$ לא השתנה."

המלצות:

מומלץ בזמן ביצוע ניסויים לבקש מהתלמידים לכתוב תצפיות ולאחר מכן להסביר את תוצאות

הניסויים ולהסיק מסקנות מהתצפיות. לאחר מכן מומלץ לתת לתלמידים שאלות שבהן מתוארות

תוצאות הניסויים, ולבקש לכתוב את התצפיות שאותן הם היו יכולים לראות אם היו מבצעים את

הניסויים האלה בפועל. מומלץ לתרגל את הקשר בין הרמה המאקרוסקופית לבין הרמה

המיקרוסקופית עם שימוש במונחים מתאימים.

מומלץ לבקש מהתלמידים לקרוא את הכתבה

עולם המים - סינון, טיהור והתפלת המים Davidson Institute

ולאחר מכן לקיים דיון על הכתבה. הכתבה נמצאת באתר של מכון דוידסון לחינוך מדעי -

דוידסון Online.

סעיף ה' (הציון 72)

קביעת הריכוז של יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$ בדגימות מים נעשית בשיטה ספקטרוטומטרית.

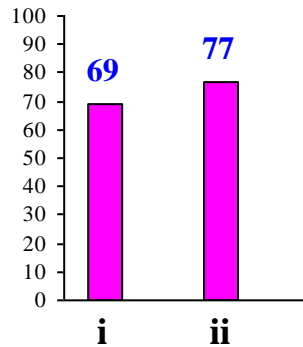
בשלב הראשון מחזרים את יוני $Fe^{3+}_{(aq)}$ ליוני $Fe^{2+}_{(aq)}$.

בשלב השני מוסיפים חומר היוצר עם יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$ תצמיד (קומפלקס) אדום.

אחר כך מכינים גרף כיוול.

התלמידים בדקו דגימה של מי ברוז, ומצאו שערך הבליעה שנמדדה זהה לערך הבליעה הגבוה

ביותר שמופיע בגרף הכיוול.



תת-סעיף i (הציון 69)

תוצאה זו אינה מאפשרת לקבוע חד-משמעית את ריכוז יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$ בדגימה. הסבר מדוע.

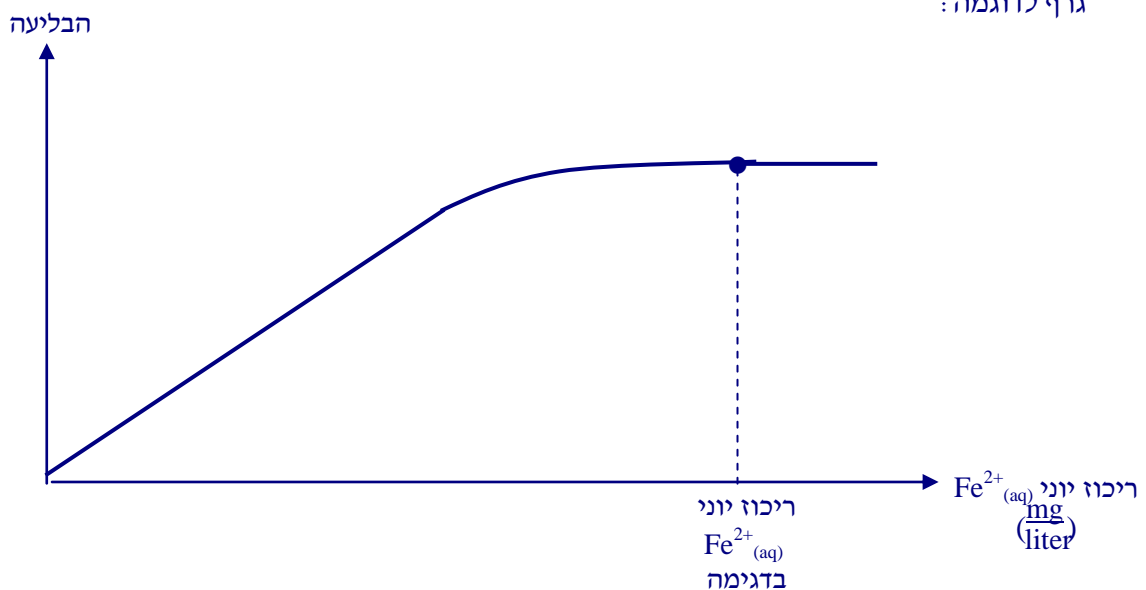
התשובה:

בגרף הכיוול, החל מריכוז מסוים של יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$, אין שינוי בבליעה. לכן ערך הבליעה הגבוה

ביותר, שמופיע בגרף הכיוול, מתאים לריכוזים שונים של יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$.

אן: באמצעות סרטוט גרף, מלווה בהסבר.

גרף לדוגמה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לפרש את התוצאות המופיעות בגרף הכיול - ערך הבליעה שנמדדה זהה לערך הבליעה הגבוה ביותר שמופיע בגרף הכיול. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חזרה על נתוני השאלה במקום הסבר:

- "אי אפשר לקבוע."
- "הבליעה שנמדדה זהה לבליעה הגבוהה ביותר בגרף הכיול."

תת-סעיף ii (הציון 77)

כיצד אפשר לקבוע חד-משמעית את הריכוז של יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$ בדגימה זו?

התשובה:

יש למהול את הדגימה במידה מתאימה, עד שערך הבליעה הנמדד לאחר המיהול יהיה קטן מערך הבליעה הגבוה ביותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים הציעו למהול את הדגימה, אך חלק מהתלמידים לא לקחו בחשבון ששיטה ספקטרופוטומטרית מדויקת מאוד (יותר משיטת הטיטרציה), והציעו לקבוע את הריכוז של יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$ בדגימה בשיטת הטיטרציה:

- "הצלחת טיטרציה עם EDTA."
- "הצלחת טיטרציה כשיוצרים את ריכוז התמיכה."

המלצות לסעיף ה':

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות דומות לאלה שבסעיף ה'.

שאלה לדוגמה

נחושת ותרכובותיה נמצאות בכל מקום בטבע. יוני נחושת חיוניים למטבוליזם האדם, אולם בריכוזים גבוהים הם גורמים לפגיעה בריריות הגוף, במיוחד בדרכי העיכול, ולנזק לנימים, כבד, כליות ולמערכת העצבים המרכזית.

במערכות מים במבנים (בתי מגורים, בתי מלון, בתי חולים, מוסדות וכד') משתמשים בחומרי צנרת ובאבזרי צנרת מסוגים שונים. היום מיוצרים מרכיבים רבים של צנרת מפליז. פליז הוא סגסוגת שמרכיביה העיקריים הם נחושת, אבץ ועופרת.

נוכחות יוני הנחושת, $Cu^{2+}_{(aq)}$, במי השתייה גורמת לטעם לוואי החל מריכוז 5 ppm של יונים אלה. הכתמת כביסה ומתקנים סניטריים מתרחשת כאשר ריכוז יוני $Cu^{2+}_{(aq)}$ עולה על 1 ppm.

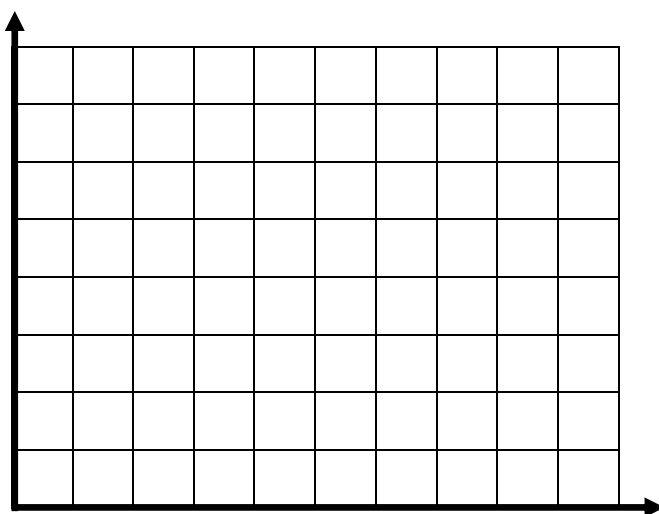
לבדיקת מי ברז בשני בתי מלון הוחלט להשתמש בשיטה ספקטרוֹפוטומטרית.
 כדי לבנות גרף כיול הוכנו ארבע תמיסות בריכוזים ידועים של יוני נחושת ונמדדה הבליעה שלהן
 באורך גל קבוע של 380 nm .

- א. i ציין שני שיקולים לבחירה באורך גל קבוע למדידות הבליעה של תמיסות יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$.
 ii מדוע יש לבצע את המדידות באורך גל קבוע?

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות עבור ארבע תמיסות שהוכנו .

מספר דגימה	ריכוז יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ (M)	הבליעה באורך גל $\lambda = 380 \text{ nm}$
1	0.0000	0.000
2	0.0150	0.076
3	0.0454	0.240
4	0.0900	0.412

- ב. i היעזר במערכת הצירים הנתונה ושרטט גרף כיול. הקפד על כללי בניית גרף.
 ii תאר את מערכת שתשמש כבקרה לניסוי.



לקחו דגימות מי ברז בשני בתי מלון.
 בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות עבור שתי דגימות אלה .

הדגימה	הבליעה באורך גל $\lambda = 380 \text{ nm}$
דגימה מבית מלון A	0.00032
דגימה מבית מלון B	0.500

- ג. i קבע עבור כל אחת מהדגימות אם קבעו את הריכוז של יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ על פי גרף הכיול שהכנת בתת-סעיף ב' i. אם כן - הסבר כיצד. אם לא - הסבר מדוע.
- ii במידה ותשובתך שלילית, ציין מה צריך לעשות על מנת לקבוע את ריכוז יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ בדגימה.
- ד. i קבע אם נרגיש טעם לוואי במי ברז של מלון A. נמק.
- ii קבע אם יש אפשרות להכתמת כביסה כשמתמשים במי ברז של מלון B. נמק.
- iii מה אפשר להסיק מהבדיקות שנערכו על מצב הצנרת בכל אחד מבתי המלון? נמק.

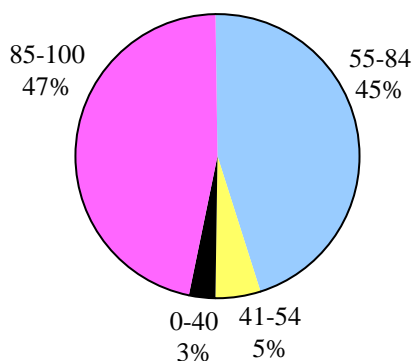
שאלה 14

כימיה של הסביבה

ציון משוקלל	שאלון 37203	שאלון 37202	שאלון 37201	
80	80	76	79	ציון

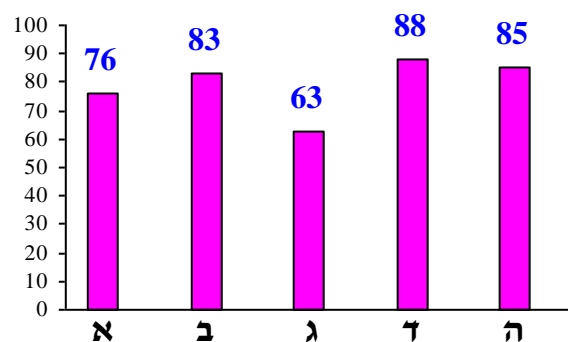
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 4.6% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 80

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר מהם גזי חממה וכיצד הם גורמים להגברת אפקט החממה.
- לבחור, על פי ספקטרום בליעה, באורך גל קבוע המתאים לביצוע מדידות המיועדות להכנת גרף כיוול.
- לקרוא את ספקטרה הבליעה של גזים שונים ולהוציא מהם את הנתונים הדרושים.
- לחשב את אנרגיית הפוטון של הקרינה על פי הנוסחה, כשנתון אורך גל או תדירות הקרינה.
- לבצע מעבר בין יחידות שונות.
- להציע דרך שבה בני אדם יכולים להוריד את הריכוז של $N_2O(g)$ באטמוספירה.
- להכין ולסרטט גרף כיוול, המקשר בין ריכוז היונים לבין הבליעה של התמיסה, על פי נתונים ניסויים.
- לקרוא נתונים מגרף הכיוול ולעבוד איתם - לקבוע את ריכוז התמיסה הנבדקת.
- לקשר בין ריכוז היונים בתמיסה לבין מספר הפוטונים הנבלעים על ידי התמיסה.

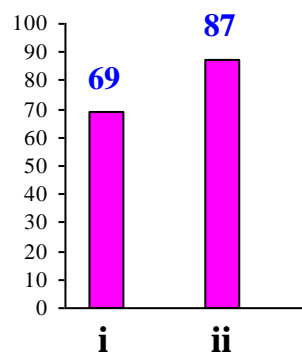
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

חמצן דו-חנקני, $N_2O_{(g)}$, משמש, בין היתר, חומר הרדמה בטיפול שיניים. $N_2O_{(g)}$ הוא גז חממה. הריכוז שלו באטמוספירה נמוך יחסית, אך הזמן שבו נעלמת מחצית מכמות הגז (זמן מחצית החיים) ארוך מאוד - כ- 170 שנה.

סעיף א' (הציון 76)



תת-סעיף i (הציון 69)

הסבר כיצד גזי חממה גורמים להגברת אפקט החממה.

התשובה:

העלייה בריכוז גזי החממה, היא זו שגורמת להגברת אפקט החממה. המולקולות של גזי החממה בולעות חלק מהקרינה האינפרה-אדומה הנפלטת מכדור הארץ לאטמוספירה, והטמפרטורה של גזים אלה עולה. לאחר מכן גזי חממה פולטים אנרגיה (בצורת חום) לאטמוספירה והיא מתחממת.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. לחלק מהתלמידים אין שליטה מלאה בחומר הרלוונטי המתייחס לפעילותם של גזי חממה המגבירים את אפקט החממה:

- "גזי חממה קולטים קרינת IR הנפלטת מכדור הארץ, והיא הופכת לאנרגיה קינטית בגזים, ולכן יהיה צירוף האורט לצלייה בטמפרטורה על פני כדור הארץ." הופיעו גם תשובות ללא התייחסות לקרינת IR.

תת-סעיף ii (הציון 87)

הסבר מדוע הזמן הארוך, שבו נעלמת מחצית מכמות הגז $N_2O_{(g)}$, מגדיל את התרומה שלו להגברת אפקט החממה.

התשובה:

בגלל זמן מחצית החיים הארוך של $N_2O_{(g)}$, המולקולות של גז זה אינן מתפרקות ונשארות באטמוספירה שנים רבות, הריכוז של $N_2O_{(g)}$ עולה, מה שגורם להגדלת תרומתו להגברת אפקט החממה.

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

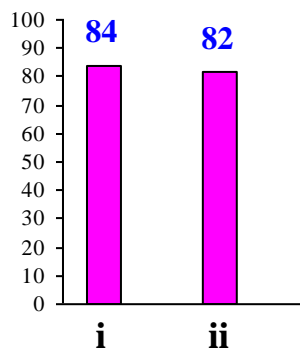
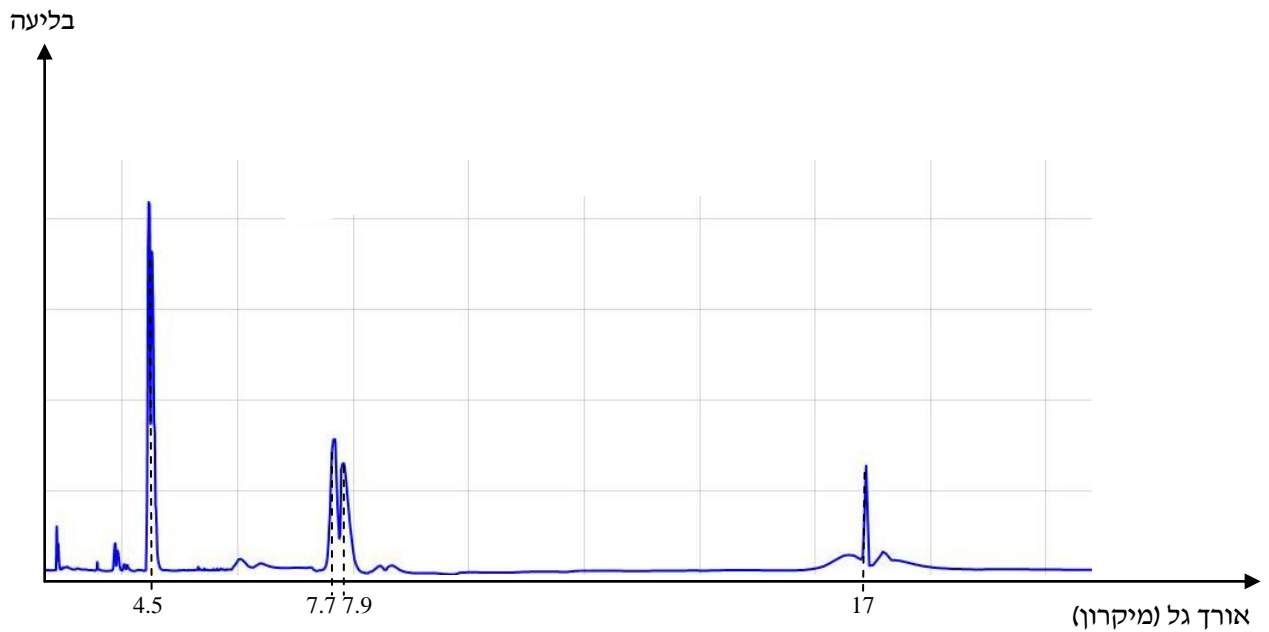
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הסבירו נכון מדוע הזמן הארוך, שבו נעלמת מחצית מכמות הגז $N_2O_{(g)}$ באטמוספירה, מגדיל את התרומה שלו להגברת אפקט החממה. הטעויות המעטות שאותרו נובעות מאי-הבנת הנקרא ו/או מחוסר יכולת להסיק מסקנות על פי המידע החדש שנתון בשאלה, למשל:

- "ככל שהזמן ארוך יותר הגז לא נצטט במהירות."

סעיף ב' (הציון 83)

לפניך קטע מספקטרום הבליעה של $N_2O_{(g)}$:



תת-סעיף i (הציון 84)

אפשר לקבוע את הריכוז של $N_2O_{(g)}$ באוויר בשיטה ספקטרופוטומטרית. היעזר בספקטרום הנתון וקבע באיזה אורך גל יש לבחור לביצוע המדידות. הסבר.

התשובה:

יש לבצע את המדידות באורך גל 4.5 מיקרון. באורך גל זה הבליעה היא מרבית. ככל שהבליעה באורך גל שבו מבצעים את המדידות גדולה יותר, המדידות מדויקות יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לקבוע באיזה אורך גל יש לבחור לביצוע המדידות. הטעויות המעטות שאותרו הופיעו בנימוקים - חלקיים או שגויים:

- "כאורך $4.5 \text{ } \mu\text{m}$ מיקרון הפליצה מקסימלית."
- "כאורך $4.5 \text{ } \mu\text{m}$ מיקרון, כי כאורך $4.5 \text{ } \mu\text{m}$ הו הפליצה מרבית המדידות יהיו בתחום הפליטה."

תת-סעיף ii (הציון 82)

חשב את האנרגיה של הפוטון שנבלע באורך הגל שבחרת בתת-סעיף ב i. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$(1 \text{ micron} = 10^{-6} \text{ m})$$

$$(E = \frac{hc}{\lambda}) \quad E = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec} \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{4.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 4.42 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

$$(E_{\text{eV}} = \frac{1240}{\lambda_{\text{nm}}}) \quad E = \frac{1240}{4.5 \cdot 10^3 \text{ nm}} = 0.276 \text{ eV}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את אנרגיית הפוטון שנבלע באורך הגל הנתון. הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא אי-התאמת יחידות (לא העבירו מיקרונים למטרים).

סעיף ג' (הציון 63)

בארבעים השנים האחרונות נמדדה עלייה בריכוז $\text{N}_2\text{O}_{(\text{g})}$ באטמוספירה. עלייה זו היא בין השאר תוצאה של פירוק תרכובות חנקן, הנמצאות בדשנים, על ידי חיידקים בקרקע ובאוקיינוסים.

הצע דרך שבה בני אדם יכולים להוריד את הריכוז של $\text{N}_2\text{O}_{(\text{g})}$ באטמוספירה.

התשובה:

בני אדם יכולים להוריד את הריכוז של $N_2O_{(g)}$ באטמוספירה באמצעות תכנון נכון של היקף הייצור של דשנים והשימוש בהם (א): יש לייצר רק את כמות הדשנים הדרושה לחקלאות כדי שלא ייווצרו עודפים; (ב): שימוש בדשנים שלא פולטים ($N_2O_{(g)}$).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו בכתיבת תשובה נכונה ומלאה שדורשת שיקול דעת המבוסס על ידע רלוונטי לגבי הרכב הדשנים השונים. הטעויות האופייניות שאותרו הן הצעות להשתמש בדשן אורגני (בלי לדעת את הרכבו):

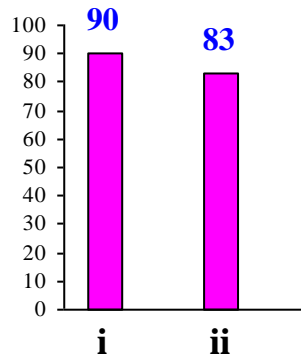
- "השתמש בדשן אורגני."
- "להחליף את הדשנים בדשנים אחרים - דשנים אורגניים."
- כמו כן הופיעו הצעות לא מתאימות לשאלה:
- "להפחית השימוש באזל כפאי השניים - להחליף אותו בחומר אחר."

פתיח לסעיפים ד - ה

דשנים רבים מכילים יוני NO_3^- , שעלולים לשמש מקור ל- $N_2O_{(g)}$ באטמוספירה. כדי לקבוע את הריכוז של יוני $NO_3^-_{(aq)}$ במים בשיטה ספקטרופוטומטרית, הכינו גרף כיוול. מדדו את הבליעה של תמיסות המכילות יוני $NO_3^-_{(aq)}$ בריכוזים שונים, באורך גל 220 nm. בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות.

בליעה באורך גל 220 nm	ריכוז $NO_3^-_{(aq)}$ ($\frac{mg}{liter}$)
0.4	4
0.8	8
1.6	16
2.2	24
2.3	28
2.3	32

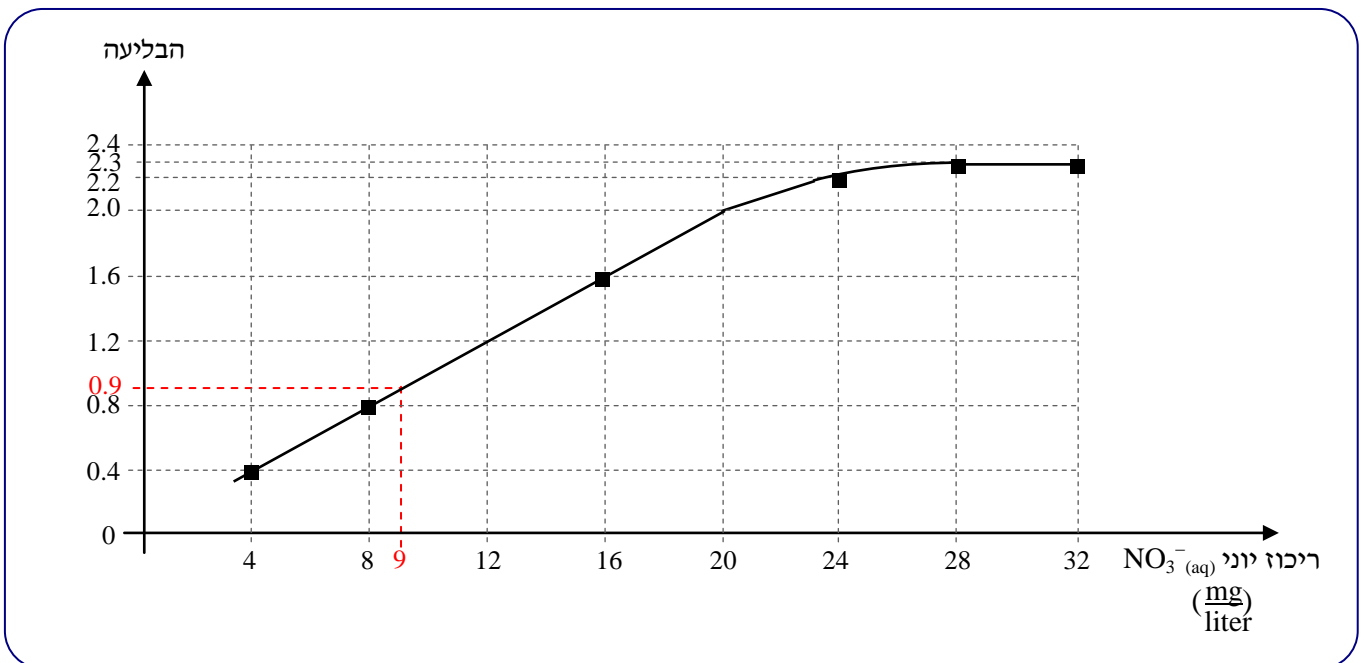
סעיף ד' (הציון 88)



תת-סעיף i (הציון 90)

על פי התוצאות שבטבלה, סרטט גרף כיול המציג את הקשר בין הבליעה לבין הריכוז של יוני NO_3^- (aq) במים. הקפד בסרטוט על כל הפרטים הנדרשים.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים הצליחו לסרטט גרף כיול המציג את הקשר בין הבליעה לבין הריכוז של יוני NO_3^- (aq) במים. הטעויות המעטות שאותרו הן אי-שמירה על קני מידה והפיכת מיקום הצירים.

המלצות:

מומלץ לבצע עם התלמידים, על כל שלביו, את הניסוי של קביעה ספקטרופוטומטרית של ריכוז יונים במי שתייה, כולל הכנת גרף כיוול. (מומלץ לסרטט גרף גם באופן ידני ולא רק ממוחשב ב-Excel) 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.

תת-סעיף ii (הציון 83)

הריכוז המותר של יוני NO_3^- (aq), במאגרי מים באזורים חקלאיים הוא 10 ppm. בדגימה ממאגר מים אחד נמדדה בליעה 0.9. מצא את הריכוז של יוני NO_3^- (aq) בדגימה זו, וקבע אם המים ממאגר זה מותרים לשימוש. נמק.

התשובה:

המים מותרים לשתיה.

$$9 \text{ ppm} = 9 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} \quad \text{: כאשר הבליעה 0.9 הריכוז הוא}$$

הריכוז נקבע על פי גרף הכיוול (אנ: על פי הטבלה).

הריכוז של יוני NO_3^- (aq) בו נמוך מהריכוז המותר (10 ppm).

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

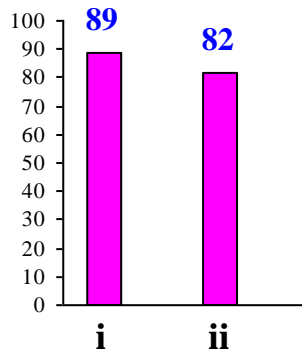
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את הריכוז של יוני NO_3^- (aq) בדגימה, וקבעו שהמים ממאגר זה מותרים לשימוש. הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא הסקת מסקנה הפוכה מהחישוב הנכון שנובעת מהבנה לקויה של הביטוי "הריכוז המותר":

• "המים אינם מותרים לשתיה, כי צריך ריכוז של 10 ppm וכאן יש רק 9 ppm."

סעיף ה' (הציון 85)

על פי תוצאות המדידות, הבליעה של יוני NO_3^- (aq) שהריכוז שלהם בתמיסה היה $16 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$, גדולה יותר מאשר בריכוז $8 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$.



תת-סעיף i (הציון 89)

קבע איזה מן ההיגדים שלפניך, (1) או (2), עשוי להסביר ממצא זה.

- (1) בריכוז גדול יותר של יוני NO_3^- (aq) בתמיסה, האנרגיה של כל פוטון שנבלע גדולה יותר.
- (2) כל יון NO_3^- בולע פוטון אחד. ככל שיש יותר יונים בליטר תמיסה, נבלעים יותר פוטונים.

התשובה:

היגד (2) נכון.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים בחרו בהיגד הנכון. רק תלמידים מעטים טעו - בחרו בהיגד שגוי.

תת-סעיף ii (הציון 82)

הסבר מדוע פסלת את ההיגד האחר בתת-סעיף ה i.

התשובה:

היגד (1) אינו נכון, כי אנרגיית הפוטון לא תלויה בריכוז היונים הבולעים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו להסביר מדוע פסלו את ההיגד השגוי. יחד עם זאת, חלק מהתלמידים התקשו להסביר את הפסילה:

- "צפייה בריכוז יוני NO_3^- (aq) אינה תלויה בצפייה באנרגיית הפוטון. הקשר קיים בין הצפייה התמיסה לבין אנרגיית הפוטון."

המלצות לשאלות 13-14:

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.

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

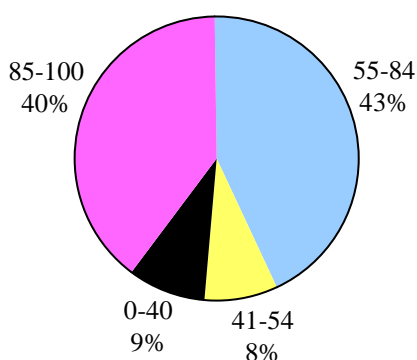
<https://www.youtube.com/watch?v=wxrAELeXlek>

שאלה 15

פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני

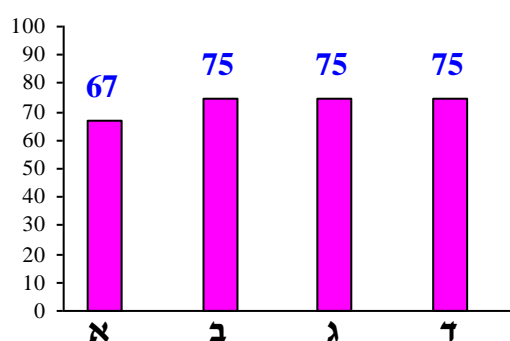
ציון משוקלל	שאלון 37203	שאלון 37202	שאלון 37201	
74	70	90	74	ציון

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 2% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 74

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר את מושג האנטרופיה ואת השפעת הגורמים השונים על ערך האנטרופיה.
- לקבוע לאיזה משני חומרים מולקולריים במצב צבירה גז אנטרופיה מולרית תקנית גדולה יותר.
- להסביר את ההבדלים בערכים של אנטרופיה מולרית תקנית בין שני חומרים מולקולריים במצב צבירה גז.
- לקבוע אם במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת עולה, יורדת או לא משתנה - על פי השינוי במספר המולים של גז.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים.
- לקבוע, בעזרת משוואת הגזים, כיצד שינוי במספר המולים של גז בכלי משפיע על הטמפרטורה בכלי, כשהלחץ והנפח קבועים.
- לבצע חישובים על פי משוואת הגזים.
- להסביר ברמה מיקרוסקופית כיצד השינוי של אחד המשתנים במשוואת הגזים משפיע על הערכים של המשתנים האחרים במשוואה.
- לסרטט גרף סכמתי המציג את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T.
- לקבוע אם התגובה הנתונה ספונטנית בטמפרטורה מסוימת - על פי סימנו וערכו של ΔG° .

- ⤵ לבחור בין הערכים הנתונים בערך של קבוע שיווי משקל המתאים לתגובה מסיימת בטמפרטורה הנתונה - על פי ספונטניות התגובה בטמפרטורה זו.
- ⤵ להבחין בין צורות של מעבר האנרגיה - עבודה וחימום.
- ⤵ לקבוע אם במהלך התגובה, המתרחשת בכלי סגור, יש מעבר אנרגיה בצורת עבודה כשנתונים תנאי לחץ וטמפרטורה והערך של ΔU° .
- ⤵ לקבוע את הכיוון של מעבר האנרגיה: מן המערכת אל הסביבה או מן הסביבה אל המערכת.
- ⤵ לחשב את השינוי באנתלפיה התקנית, ΔH° , עבור התגובה בטמפרטורה מסוימת, כשנתון השינוי באנרגיה הפנימית, ΔU° .

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

בשכבות העליונות של האטמוספירה, אוזון, $O_3(g)$, נוצר מחמצן, $O_2(g)$, בהשפעת קרינה אולטרה-סגולה. לאחר שנים רבות שבהן מחקרים הראו כי שכבת האוזון באטמוספירה הידלדלה, בספטמבר 2014 פורסם כי שכבת האוזון גדלה.

סעיף א' (הציון 67)

לאיזה מן החומרים, $O_2(g)$ או $O_3(g)$, אנטרופיה מולרית תקנית, S° , גדולה יותר? נמק.

התשובה:

לאוזון אנטרופיה גבוהה יותר.
במולקולה של אוזון יש יותר אטומים (Δ): המולקולות מורכבות יותר; Δ : המולקולות גדולות יותר) מאשר במולקולה של חמצן.
ככל שבמולקולות יש יותר אטומים, יש יותר אפשרויות תנועה (Δ : תנועה).
יש אפשרויות רבות יותר של פיזור אנרגיה, מספר המצבים המיקרוסקופיים האפשריים גדול יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון די נמוך. רוב התלמידים קבעו נכון שלאוזון, $O_{3(g)}$, אנטרופיה מולרית תקנית, S° , גדולה יותר, אך חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר את ההבדלים בערכים של אנטרופיה מולרית תקנית של שני חומרים מולקולריים $O_{2(g)}$ ו- $O_{3(g)}$. הטעויות האופייניות שאותרו:
- ◆ נימוקים חלקיים - חוסר התייחסות לאפשרויות תנועה ולאפשרויות פיזור אנרגיה.
 - ◆ חוסר הבחנה בין אטומים למולקולות:
 - "אטום $O_{3(g)}$ "
 - "מולקולות האטום $O_{3(g)}$ "
 - " $O_{3(g)}$ - יש יותר מולקולות, ולכן יש יותר התנעויות וסיכוי להתנעויות פורייה צלפה."

המלצות:

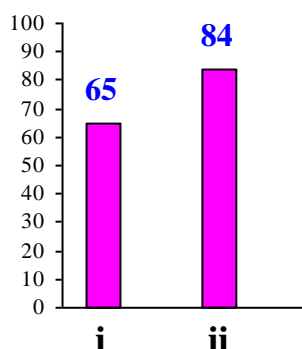
מומלץ לתרגל את ההשוואה בין ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית של חומרים מולקולריים שונים במצב גז.
שאלה לתרגול:
לפניך ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית של שלושת הגזים:

חומר	$N_{2(g)}$	$NH_{3(g)}$	$H_{2(g)}$
$S^\circ (J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1})$	191.4	192.5	130.6

- א. הסבר מדוע ערך האנטרופיה המולרית התקנית של חנקן, $N_{2(g)}$, גדול מערך האנטרופיה המולרית התקנית של מימן, $H_{2(g)}$.
- ב. הסבר מדוע ערך האנטרופיה המולרית התקנית של חנקן, $N_{2(g)}$, קרוב לערך האנטרופיה המולרית התקנית של אמוניה, $NH_{3(g)}$.

סעיף ב' (הציון 75)

נתונים שלושה כלים סגורים, A, B, C.



תת-סעיף i (הציון 65)

כלי A מכיל 1 גרם $O_2(g)$, וכלי B מכיל 1 גרם $O_3(g)$. לשני הכלים אותו נפח ובשניהם אותו לחץ. קבע באיזה מן הכלים, A או B, טמפרטורת הגז גבוהה יותר. נמק.

התשובה:

בכלי B.

32 $\frac{gr}{mol}$: המסה המולרית של $O_2(g)$

$\frac{1 gr}{32 \frac{gr}{mol}} = 0.031 mol$: מספר המולים של $O_2(g)$

48 $\frac{gr}{mol}$: המסה המולרית של $O_3(g)$

$\frac{1 gr}{48 \frac{gr}{mol}} = 0.021 mol$: מספר המולים של $O_3(g)$

אז: מספר המולים נמצא ביחס הפוך למסה המולרית. ל- $O_2(g)$ מסה מולרית קטנה יותר מאשר ל- $O_3(g)$, ולכן מספר המולים של חמצן גדול יותר.

על פי משוואת המצב של הגזים: $PV = nRT$, מכיוון ש-P ו-V קבועים, בכלי שמכיל מספר קטן יותר של מולי הגז הטמפרטורה גבוהה יותר. לכן הטמפרטורה של הגז בכלי B גבוהה יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע, בעזרת משוואת הגזים, כיצד שינוי במספר המולים של גז בכלי משפיע על הטמפרטורה בכלי, כשהלחץ והנפח קבועים. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ חוסר התייחסות למספר המולים של גז בכלי.
- ♦ התייחסות לאנרגיה במקום לטמפרטורה:
- ♦ "בכלי A יש פחות אטומים ותידרש פחות אנרגיה לחימום."
- ♦ "בכלי B יש יותר חלקיקים ולכן יהיו יותר התנגשויות."
- ♦ תשובות חלקיות: חישוב מספר המולים של החומרים בלבד.
- ♦ חוסר הבחנה בין מולקולה לתרכובת:
- ♦ " $O_{2(g)}$, כי התרכובת קטנה יותר."

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. שאלה לתרגול:

- השאלה עוסקת בתהליך התהוות אוזון, $O_{3(g)}$, מחמצן אטמוספרי, $O_{2(g)}$.
- א. הכלי שנפחו 2 ליטר מכיל 3 מול חמצן, נמצא בלחץ 250 אטמוספרות. חשב את הטמפרטורה בכלי. פרט את חישוביך.
- ב. i נסח את תגובת ההתהוות של $O_{3(g)}$ מחמצן.
ii שינו את הטמפרטורה בכלי ל- 2500 K. נפח הכלי היה קבוע. קבע אם הלחץ בכלי עלה, ירד או לא השתנה. הסבר ברמה המיקרוסקופית.

תת-סעיף ii (הציון 84)

כלי C מכיל 0.08 גרם $O_{2(g)}$, והוא מוחזק בטמפרטורה $60^{\circ}C$. לחץ הגז בכלי הוא 0.76 אטמוספרות. חשב את נפח הכלי. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$\frac{0.08 \text{ gr}}{32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.0025 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } O_{2(g)} :$$

$$60 + 273 = 333 \text{ K} \quad \text{הטמפרטורה בכלי:}$$

$$\left[PV = nRT \quad V = \frac{nRT}{P} \right] \quad \text{נפח הכלי:}$$

$$\frac{0.0025 \text{ mol} \times 0.082 \text{ liter} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 333 \text{ K}}{0.76 \text{ atm}} = 0.089 \text{ liter (= 89 ml)}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים חישבו נכון את נפח הכלי על פי משוואת הגזים. תלמידים מעטים טעו - הציבו את הטמפרטורה במעלות צלזיוס במקום מעלות קלווין.

המלצות:

מומלץ לתרגל שאלות הדורשות ביצוע החישוב על פי משוואת הגזים והבנה של התלות המשתנים המוצגים במשוואה אחד בשני.

שאלה לתרגול:

הידרזין נוזלי, $N_2H_4(l)$, משמש כחומר דלק לטילים. הידרזין מגיב עם מימן על חמצני, $H_2O_2(l)$. תוצרי התגובה הם חנקן ואדי מים.

א. רשום ואזן את ניסוח התגובה.

ב. חשב את הנפח שהיו תופסים הגזים, הנוצרים בתגובה של 32 ק"ג הידרזין, בטמפרטורה

של 2273 K ובלחץ של 1000 אטמוספרות. פרט את חישוביך.

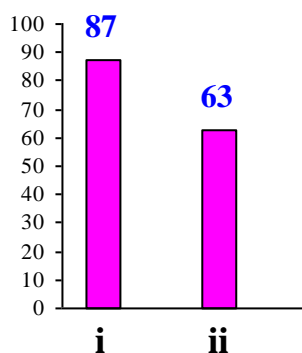
ג. קבע אם ניתן לקבל אותו נפח של גזים בלחץ נמוך יותר. נמק.

ד. הלחץ הגבוה הכרחי לפליטת הטיל מן המפלט. קבע אם העלאת הטמפרטורה מסייעת להשגת

הלחץ הגבוה. נמק ללא חישוב.

סעיף ג' (הציון 75)

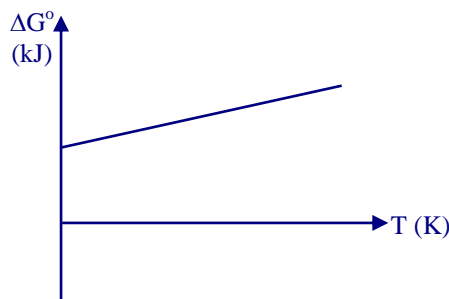
לכלי סגור, המוחזק בטמפרטורה 298 K, הכניסו $O_2(g)$. התרחשה תגובה (1):



תת-סעיף i (הציון 87)

עבור התגובה הישירה סרטט גרף סכמתי המציג את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

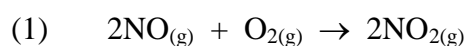
הציון גבוה. התלמידים הצליחו לסרטט גרף סכמתי המציג את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T. תלמידים מעטים טעו: סרטטו גרף עם שיפוע שלילי ו/או סימנו ערכים שליליים בציר X.

המלצות:

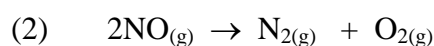
- כדי לסרטט גרף סכמתי המציג את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, התלמיד צריך לשים לב למספר פרטים:
- נקודת החיתוך של העקומה עם ציר Y מסמנת את הערך של ΔH° עבור התגובה.
 - שיפוע העקומה מבטא את $-\Delta S^\circ$ עבור התגובה.
 - בתגובה, שבמהלכה קטן מספר המולים של גז, $\Delta S^\circ < 0$ ושיפוע העקומה חיובי.
 - בתגובה, שבמהלכה גדל מספר המולים של גז, $\Delta S^\circ > 0$ ושיפוע העקומה שלילי.
 - לא יכולים להיות ערכים שליליים בציר X.

שאלה לתרגול:

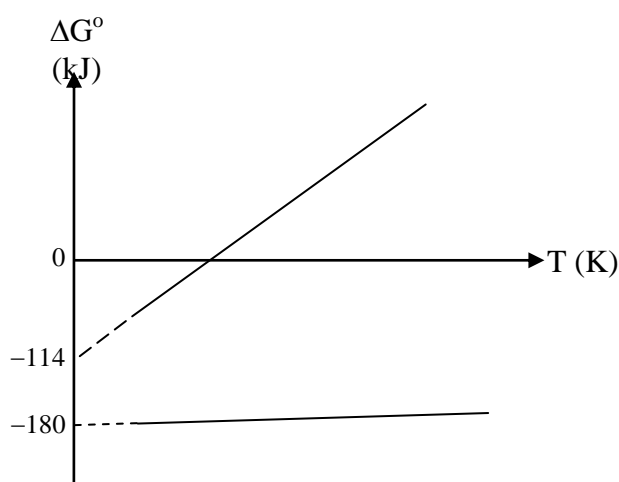
בתעשייה מייצרים חנקן דו-חמצני, $\text{NO}_{2(g)}$, על פי תגובה (1):



בתנאים מסוימים מתרחשת תגובה הפירוק של $\text{NO}_{(g)}$ ליסודות על פי תגובה (2):



הגרף שלפניך מציג השתנות ΔG° עם הטמפרטורה עבור שתי תגובות (1) ו-(2).



א. התאם כל אחת מן העקומות לאחת מהתגובות (1)-(2). הסבר.

ב. אפשר לייצר חנקן דו-חמצני, $\text{NO}_2(\text{g})$, על פי תגובה (3):



חשב את ΔH° עבור תגובה (3). פרט את חישוביך.

ג. קבע אם במהלך תגובה (3) האנטרופיה של המערכת עולה או יורדת. נמק.

תת-סעיף ii (הציון 63)

לפניך שלושה ערכים של קבוע שיווי-משקל, K :

$$5.8 \cdot 10^{55}, 1.0, 1.7 \cdot 10^{-56}.$$

קבע מהו הערך של קבוע שיווי המשקל המתאים למערכת זו בטמפרטורה 298 K. נמק.

התשובה:

$$K = 1.7 \cdot 10^{-56}$$

התגובה הישירה אינה ספונטנית בכל טמפרטורה, לכן במצב שיווי-משקל ריכוז התוצרים קטן מאוד וערכו של K קטן מאוד.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. תלמידים רבים התקשו לקבוע את הערך של קבוע שיווי המשקל המתאים למערכת הנתונה, כי לא קישרו בין ספונטניות התגובה בטמפרטורה מסוימת, הנקבעת על פי סימנו וערכו של ΔG° , לבין הערך של קבוע שיווי-משקל. דוגמאות לתשובות שגויות:

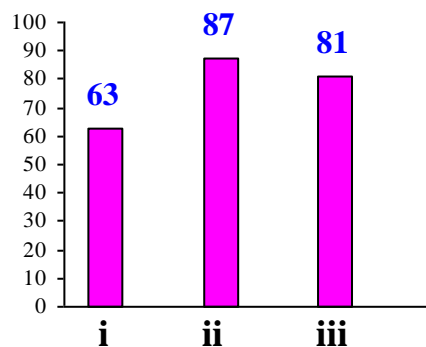
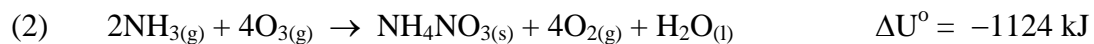
- "ארכו K fe חייב להיות fe ".
- " $K=1$, כי ריכוז האיזימט הוא ריכוז התוצרים".

המלצות:

מומלץ לתת לתלמידים תרגילים העשויים לסייע להבין מה מבטא קבוע שיווי-משקל ומהו הקשר בינו לבין השינוי באנרגיה החופשית בתגובה מסוימת.

סעיף ד' (הציון 75)

אוזון מגיב עם אמוניה על פי תגובה (2):



תת-סעיף i (הציון 63)

קבע אם במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת עולה, יורדת או אינה משתנה. נמק.

התשובה:

במהלך תגובה (2) האנטרופיה של המערכת יורדת. במהלך התגובה יש ירידה במספר המולים של גז מ-6 מול גז במגיבים ל-4 מול גז בתוצרים. יש פחות מולקולות גז במערכת, ולכן יש פחות אפשרויות לתאר פיזור אנרגיה ופיזור חלקיקים במערכת, לכן מספר המצבים המיקרוסקופיים האפשריים קטן.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. תלמידים רבים התקשו לקבוע אם במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת עולה, יורדת או לא משתנה - על פי השינוי במספר המולים של גז, ולא התייחסו כלל לאפשרויות לתאר פיזור אנרגיה ופיזור חלקיקים במערכת.

המלצות:

מומלץ להרגיל את התלמידים לכתוב תשובות מלאות לשאלות מסוג זה.

שאלה לתרגול:

עבור כל אחד מתהליכים (1)-(5) ציין אם $\Delta S^\circ > 0$ או $\Delta S^\circ < 0$. נמק.

- (1) $\text{Cu}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}_{(l)}$
- (2) $\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- (3) $\text{Hg}_{(l)} \rightarrow \text{Hg}_{(g)}$
- (4) $\text{CO}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(s)}$
- (5) $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(s)}$

תת-סעיף ii (הציון 87)

מבצעים את תגובה (2) בכלי סגור בלחץ קבוע ובטמפרטורה קבועה.

קבע אם במהלך התגובה יש מעבר אנרגיה בצורת עבודה.

אם כן - ציין את כיוון המעבר.

אם לא - הסבר מדוע.

התשובה:

יש מעבר אנרגיה בצורת עבודה. כיוון המעבר הוא מן הסביבה אל המערכת.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים קבעו נכון שיש מעבר אנרגיה בצורת עבודה, וכיוון המעבר הוא מן הסביבה אל המערכת. הופיעו טעויות מעטות הנובעות מחוסר הבנה - מהי המשמעות של כלי סגור:

- "אין מעבר אנרגיה, כי הכלי סגור, כך שלא יכולה להתבצע בו עבודה."
- "כלי סגור לא משנה את הנפח, ולכן אין אפשרות לביצוע עבודה."

המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים שכדי לשמור על לחץ קבוע, נפח הכלי קטן.

שאלה לתרגול:

לפניך ארבעה אירועים:

- I משה הכניס מים מהברז לסיר והניח אותו על פלטה חמה.
- II רחל הכניסה כוס ובה 50 מ"ל נוזל בטמפרטורה של 53°C , לתוך סיר המכיל 800 מ"ל מים בטמפרטורה של 44°C .
- III דני שם במקפיא כוס המכילה מים בטמפרטורת החדר.
- IV אחרי 3 שעות דני הוציא את הכוס מהמקפיא והניח אותה על השולחן. עבור כל אחד מהאירועים:
 - א. קבע מהו כיוון העברת האנרגיה בצורת חום.
 - ב. תאר את מעברי האנרגיה ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית.

תת-סעיף iii (הציון 81)

חשב את השינוי באנתלפיה התקנית, ΔH° , עבור תגובה (2), בטמפרטורה 298 K. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$w = -RT\Delta n \quad \text{העבודה:}$$

$$-8.31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 298 \text{ K} \times (-2 \text{ mol}) = 4953 \text{ J} = 4.95 \text{ kJ}$$

$$\Delta U^{\circ} = \Delta H^{\circ} + w \quad \Delta H^{\circ} = \Delta U^{\circ} - w \quad \text{שינוי האנתלפיה:}$$

$$-1124 \text{ kJ} - 4.95 \text{ kJ} = -1128.95 \text{ kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את השינוי באנתלפיה התקנית, ΔH° , עבור תגובה (2) בטמפרטורה הנתונה, והציבו ערכים מתאימים. הטעויות שאותרו הן:
- ♦ טעות בקביעת הסימן של העבודה.
 - ♦ הצבה בחישוב העבודה את ערך ה-R שלא מתאים.

המלצות:

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות הדורשות לקבוע ו/או לחשב את הגדלים השונים הקשורים לאנרגיה ולקבוע אם במהלך התגובה היה מעבר אנרגיה, ואם כן - באיזו צורה ובאיזה כיוון.

שאלה לתרגול:

בחימום $\text{KMnO}_4(\text{s})$ נפלט חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$, שנאסף במזרק, שבו נשמר לחץ של 1 אטמוספירה (באמצעות בוכנה ניידת). תלמיד מדד את נפח הגז ומצא שהנפח עלה מ- 5 מ"ל ל- 93 מ"ל.

א. קבע אם המערכת ביצעה עבודה על הסביבה או הסביבה ביצעה עבודה על המערכת. נמק.

ב. חשב את העבודה שהתבצעה. פרט את חישוביך.

ג. נמצא כי הועברה אנרגיה בצורת חום מהסביבה אל המערכת בשיעור של 200 J.

חשב את השינוי באנרגיה הפנימית. פרט את חישוביך.

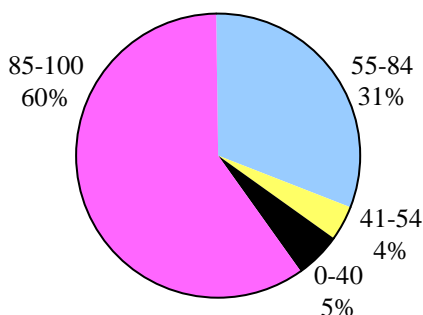
שאלה 16

פרקים בתרמודינמיקה, שלב שני

שאלון	שאלון	שאלון	שאלון	
37201	37202	37203	משוקלל	ציון
82	92	80	82	

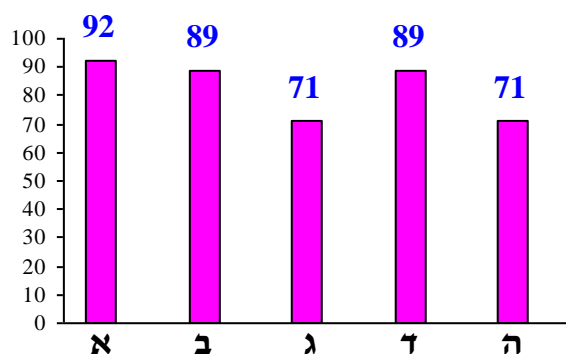
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 2% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 82

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⏪ להסביר את מושג האנטרופיה ואת השפעת הגורמים השונים על ערך שלו.
- ⏪ לקבוע אם במהלך התגובה האנטרופיה של המערכת עולה, יורדת או לא משתנה - על פי השינוי במספר המולים של גז.
- ⏪ לקרוא גרף סכמתי המציג את השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T , ולהוציא מהגרף את הנתונים הדרושים ואת המידע.
- ⏪ לקבוע אם התגובה הנתונה ספונטנית בטמפרטורה מסוימת - על פי סימנו וערכו של ΔG° .
- ⏪ לקבוע אם התרכובת יציבה או לא יציבה יחסית ליסודותיה על פי הסימן של ΔG° עבור תגובת היווצרות של התרכובת מהיסודות.
- ⏪ לקבוע אם האנטרופיה של הסביבה עולה או יורדת במהלך התגובה - על פי סימנו של ΔH° עבור התגובה הנתונה.
- ⏪ לחשב את השינוי באנתלפיה התקנית, ΔH° , עבור התגובה בטמפרטורת היפוך, כשנתון ערך שינוי האנטרופיה של המערכת.
- ⏪ לחשב את הערך של שינוי האנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כשנתונים ערכים של ΔH° , ושל מערכת ΔS° .

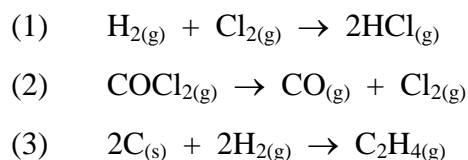
- < לעבוד עם גרף המתאר את האנרגיה החופשית, G , כפונקציה של הרכב המערכת עבור התגובה הנתונה, בטמפרטורה הנתונה.
- < להבחין בין ΔG° לבין ΔG של התגובה הנתונה.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

נתונות שלוש תגובות, (1)-(3):



סעיף א' (הציון 92)

לפניך שלושה ערכים של שינוי האנטרופיה התקנית במערכת, מערכת ΔS° :

$$+137 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}, \quad +20 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}, \quad -53 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

התאם ערך של מערכת ΔS° לכל אחת מן התגובות (1)-(3). נמק עבור תגובה (3) בלבד.

התשובה:

$$\text{תגובה (1)} - 20 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$\text{תגובה (2)} - 137 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$\text{תגובה (3)} - 53 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

בתגובה (3) יש ירידה במספר המולים של גז במערכת מ-2 מול גז במגיבים ל-1 מול גז בתוצרים,

ולכן יש ירידה באנטרופיה של המערכת (אנ: $\Delta S^\circ < 0$).

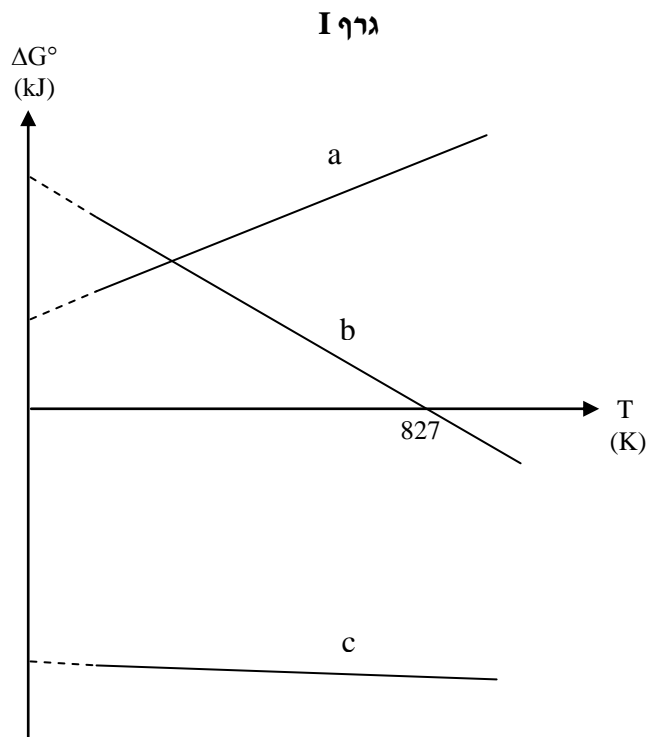
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה מאוד. רוב התלמידים התאימו נכון ערך של מערכת ΔS° לכל אחת מן התגובות (1)-(3), ונימקו את ההתאמה לתגובה (3). הטעויות המעטות שאותרו:
- ♦ כותבים "אנטרופיה של Fe" במקום "ירידה באנטרופיה".
 - ♦ התאמה שגויה:
 - "תגובה (1) - $-53 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ תגובה (2) - $+20 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ תגובה (3) - $+137 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ ".
 - ♦ ניסיון לנמק התאמה שגויה:
 - "תגובה (3) - $+20 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$. האנטרופיה של האצרכת צולה, משום שהאצרכת היא מוצק ולכן והתוצר הוא רק גז. לכן האנטרופיה צולה".

סעיף ב' (הציון 89)

בגרף I שלפניך מסורטטות שלוש עקומות a, b, c המתארות את שינוי האנרגיה החופשית התקינית, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, עבור התגובות (1)-(3).



התאם כל אחת מן העקומות a, b, c לכל אחת משלוש התגובות (1)-(3). נמק עבור תגובה (1) בלבד.

התשובה:

תגובה (1) - עקומה c

תגובה (2) - עקומה b

תגובה (3) - עקומה a

$$(\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ)$$

השיפוע של העקומה המתארת את ΔG° כפונקציה של הטמפרטורה T הוא מערכת $-\Delta S^\circ$. בתגובה (1) אין שינוי במספר מולי הגז, לכן השיפוע של העקומה c הוא קטן (או: עקומה c כמעט מקבילה לציר ה-x), דבר המתאים לשינוי קטן באנטרופיה של המערכת. (לכן עקומה c מתאימה לתגובה (1)).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קראו נכון את הגרף הסכמתי המציג את השינוי באנרגיה החופשית התקינה, ΔG° , כפונקציה של הטמפרטורה, T, והוציאו מן הגרף את הנתונים הדרושים ואת המידע, כדי כל אחת מן העקומות a, b, c לכל אחת משלוש התגובות (1)-(3), ונימקו את ההתאמה לתגובה (1). הטעויות המעטות שאותרו:

♦ התאמה שגויה:

• "תאמה (1) - עקומה a"

תאמה (2) - עקומה c

תאמה (3) - עקומה b."

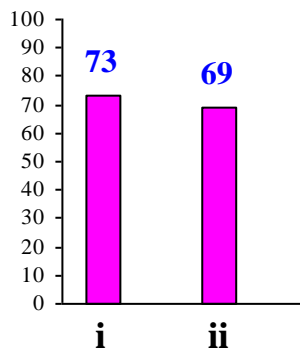
♦ חוסר התייחסות לכך ששיפוע העקומה הוא מערכת $-\Delta S^\circ$.

המלצות:

ראו הערות לשאלה 15, תת-סעיף ג' i.

סעיף ג' (הציון 71)

עבור כל אחד מן ההיגדים ii-i שלפניך קבע אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 73)

בכל טמפרטורה, התרכובת $C_2H_4(g)$ אינה יציבה מבחינה תרמודינמית יחסית ליסודות $C(s)$ ו- $H_2(g)$.

התשובה:

ההיגד נכון.

תגובה (3) היא תגובת ההתהוות של התרכובת $C_2H_4(g)$.

על פי עקומה $\Delta G^\circ > 0$, בכל טמפרטורה, ולכן בכל טמפרטורה התוצר $C_2H_4(g)$ אינו יציב יחסית ליסודות.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין סימנו וערכו של ΔG° לספונטניות של התגובה. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה לשני סוגים עיקריים:

- קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "לא נכון. תגובה (3) אינה ספונטנית בכל טמפרטורה, מכיוון שבכל טמפרטורה היסודות יציבו וייצרו את התרכובת $C_2H_4(g)$. מכאן נובע שהתרכובת יותר יציבה מיסודותיה בכל טמפרטורה."
 - "לא נכון, המציבים יציבים יותר, כי במהלך התגובה האנטרופיה יורדת."
 - "לא נכון, כי קיימת צדיפות תרמודינמית ליצירת התרכובת."
- קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - "נכון, בגלל שהאנטרופיה של $C_2H_4(g)$ גדולה מזו של $H_2(g)$ ושל $C(s)$."
 - "נכון, מכיוון ש- $C_2H_4(g)$ מולקולה גדולה, מספר אלקטרונים בה גדול יותר, לכן אנטרופיית התוצר גדולה יותר."

תת-סעיף ii (הציון 69)

במהלך התגובה (2) האנטרופיה של הסביבה עולה.

התשובה:

ההיגד לא נכון.

הערך של ΔH° עבור תגובה (2) הוא בנקודת החיתוך של העקומה c עם ציר ה-y ($T=0$).
על פי עקומה b, ΔH° של התגובה (2) הוא חיובי (אָ: תגובה (2) היא אנדותרמית).
אנרגיה עוברת בצורת חום מהסביבה אל המערכת, ולכן האנטרופיה של הסביבה יורדת.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין סימנו של ΔH° עבור תגובה (2) לשינוי באנטרופיה של הסביבה במהלך התגובה. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "נכון, האנטרופיה צולה מ-1 מול ל-2 מול."

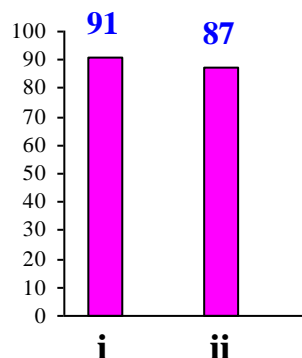
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• "לא נכון, האנטרופיה של המערכת צולה, לכן האנטרופיה של הסביבה יורדת."

המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד קובעים אם האנטרופיה של הסביבה עולה או יורדת במהלך התגובה: קובעים סימנו של ΔH° עבור התגובה הנתונה על פי הגרף - נקודת החיתוך של העקומה המתאימה לתגובה עם ציר ה-y. אם התגובה אנדותרמית, אנרגיה עוברת בצורת חום מהסביבה אל המערכת, ולכן האנטרופיה של הסביבה יורדת. אם התגובה אקסותרמית, אנרגיה עוברת בצורת חום מהמערכת אל הסביבה, ולכן האנטרופיה של הסביבה עולה.

סעיף ד' (הציון 89)



תת-סעיף i (הציון 91)

הסתמך על תשובותיך על סעיפים א ו-ב וחשב את הערך של שינוי האנתלפיה התקנית, ΔH° , של התגובה שעקומה b מתאימה לה. פרט את חישוביך.

התשובה:

עקומה b מתאימה לתגובה (2).

$$T_{\text{היפוך}} = 827 \text{ K} \quad (T_{\text{היפוך}} = \frac{\Delta H^\circ}{\Delta S^\circ})$$
$$\Delta H^\circ = 827 \text{ K} \times 137 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} = 113300 \text{ J} = 113.3 \text{ kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים חישבו נכון את הערך של שינוי האנתלפיה התקנית, ΔH° , עבור תגובה (2) בטמפרטורת ההיפוך. כמעט ולא אותרו טעויות.

תת-סעיף ii (הציון 87)

חשב עבור תגובה זו את הערך של שינוי האנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , ב-298 K. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$(\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ)$$
$$\Delta G_{298}^\circ = +113300 \text{ J} - 298 \text{ K} \times 137 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} = 72474 \text{ J} = 72.47 \text{ kJ}$$

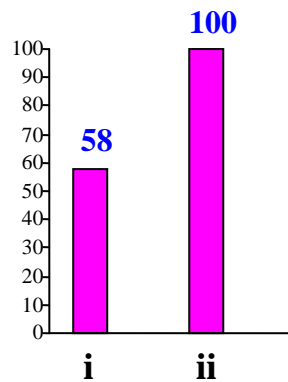
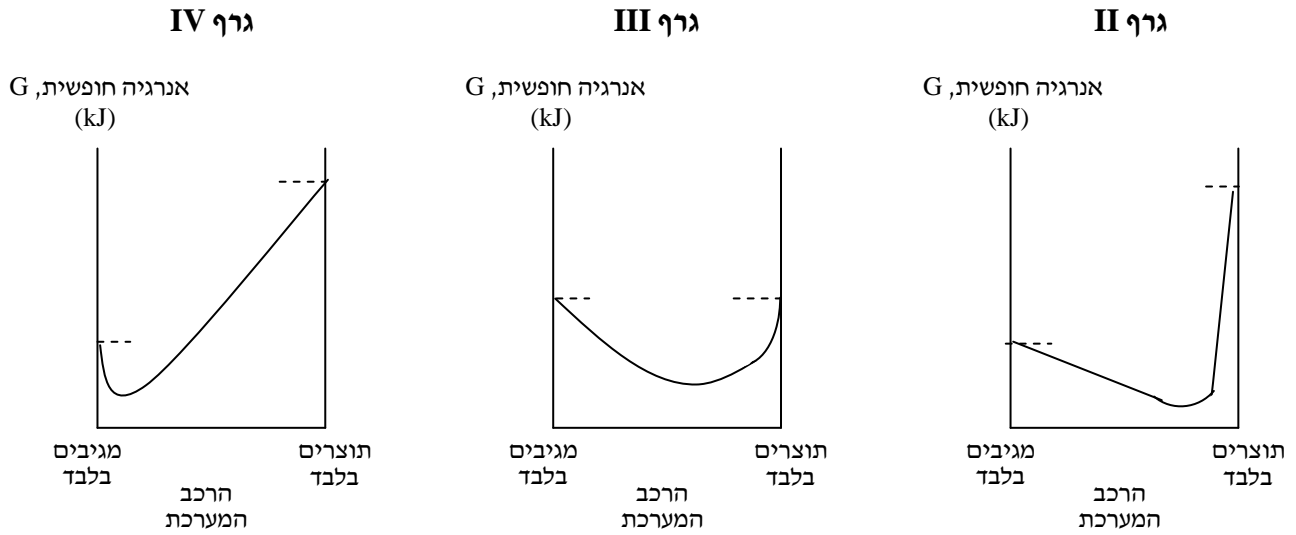
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים חישבו נכון את הערך של שינוי האנרגיה החופשית התקנית, ΔG° , כשנתונים ערכים של ΔH° , ושל $\Delta S_{\text{מרכב}}^\circ$. אותרו טעויות מעטות של אי-התאמת יחידות.

סעיף ה' (הציון 71)

לפניך שלושה גרפים, II, III, IV, המתארים את האנרגיה החופשית, G , כפונקציה של הרכב המערכת עבור התגובה שעקומה b מתאימה לה.



תת-סעיף i (הציון 58)

קבע איזה מן הגרפים II, III, IV מתאים למערכת בטמפרטורה 298 K. נמק.

התשובה:

גרף IV.

עבור תגובה (2) בטמפרטורה 298K $\Delta G^\circ > 0$.

על פי הנוסחה $\Delta G^\circ = -T \ln K$, כאשר $\Delta G^\circ > 0$, $K < 1$.

לפיכך, במצב שיווי-משקל ב- 298K ריכוז המגיב צריך להיות גדול מריכוזי התוצרים, (או: המערכת מכילה בעיקר את המגיב).

הערך המזערי של האנרגיה החופשית צריך להיות קרוב למגיבים.

הערך המזערי של האנרגיה החופשית צריך להיות קרוב למגיבים ולכן גרף IV מתאים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לעבוד עם הגרף המתאר את האנרגיה החופשית, G , כפונקציה של הרכב המערכת עבור התגובה הנתונה, בטמפרטורה הנתונה, להבחין בין ΔG° לבין ΔG של התגובה הנתונה, לקשר בין ΔG למצב שיווי-משקל. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "ד"ר II, $\Delta G > 0$, התאמה אינה ספונטנית והכיוון המוצדק הוא הישיר. לכן במערכת יש יותר תוצרים מאשר מגיבים."
 - "ד"ר II, כי במערכת יש יותר תוצרים מאשר מגיבים."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - "ד"ר IV, מכיוון שריכוז התוצרים גדול מריכוז המגיבים. K גדול מ-1, לכן ריכוז התוצרים גבוה יותר, $\Delta G < 0$."
 - "ד"ר IV, כי אמנו ניתן לראות $e - \Delta G > 0$."

בתשובות של חלק מהתלמידים בולט חוסר הבחנה בין אנרגיה חופשית לבין ריכוז מרכיבי המערכת, למרות שריכוז לא מוצג בגרפים, ואפשר רק להסיק מסקנות מהמידע שבגרפים לגבי הריכוזים.

המלצות:

מומלץ לחדד את ההבדלים בין המושגים השונים:

- ♦ הבדל בין ΔG° לבין ΔG . ΔG° מייצג 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.

תת-סעיף ii (הציון 100)

קבע איזה מן הגרפים II , III , IV מתאים למערכת בטמפרטורה 827 K .

התשובה:

גרף III .

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון מעולה. כל התלמידים קבעו נכון איזה גרף מתאים למערכת בטמפרטורה 827 K .
לא אותרו טעויות.