



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 התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלון 37381 ושאלות אחדות משאלון 37303 תשע"ו

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

ריס 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 קצבניץ

פרופ' ליאור קרוניק

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

מרץ 2017

## תוכן עניינים

עמ'		
4	מבוא	♦
	ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות לפי שאלון 37381:	
6	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות סגורות	♦
7	ניתוח שאלות סגורות 1-8	♦
27	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות	♦
28	ניתוח התוצאות של שאלה 9	♦
39	ניתוח התוצאות של שאלה 10	♦
48	ניתוח התוצאות של שאלה 11	♦
60	ניתוח התוצאות של שאלה 12	♦
69	ניתוח התוצאות של שאלה 13	♦
79	ניתוח התוצאות של שאלה 14	♦
	ניתוח התוצאות של שאלות אחדות משאלון 37303:	
89	ניתוח התוצאות של שאלה 14	♦
98	ניתוח התוצאות של שאלה 15	♦

אנו מודים למעריכי בחינות הבגרות בכימיה, אשר השתתפו ביום העיון שהתקיים  
בתיכון חדרה, בתאריך 1.11.2016. יום העיון עסק בסיכום וניתוח של תוצאות  
בחינת הבגרות תשע"ו על פי שאלון 37381, ובמסגרתו התקיימה סדנה בה  
השתתפו 82 מעריכים, אשר עבדו בקבוצות בהנחיית המעריכים הבכירים וחברי  
הצוות של כתיבת ניתוח בגרות. בקבוצות התקיים דיון בכל נושאי הבחינה.  
המעריכים דנו בטעויות אופייניות של תלמידים ובדרכים להתגבר על קשיי למידה  
הגורמים לטעויות אלה. סיכומי העבודה בסדנה עזרו לנו בכתיבת חוברת זו.

## ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה תשע"ו

### שאלון 37381

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

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

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

ובאתר המפמ"ר:

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut\\_Pedagogit/chimya](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/chimya)

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

הפרק הראשון של הבחינה הוא פרק חובה המכיל:

שאלות 1-8 - שאלות סגורות.

שאלה 9 - ניתוח קטע ממאמר מדעי.

הפרק השני מכיל חמש שאלות פתוחות, מתוכן התלמיד חייב לענות על שלוש שאלות.

ניתוח שאלות סגורות 1-8 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני השאלות)

ותוצאות המדגם של 300 דפי תשובות של תלמידים (ציוני המסיחים).

ניתוח השאלות הפתוחות 9-14 מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני

סעיפים), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני תת-סעיפים) ועל טעויות אופייניות שאותרו על

ידי מעריכי בחינת הבגרות.

על-פי הממצאים של מכון סאלד, השנה ניגשו לבחינה לפי שאלון 37381 **6577** תלמידים.

לפי שאלון 37303 ניגשו לבחינה **1108** תלמידים - תלמידי כיתות י"ב שלא נבחנו בסוף כיתה י"א.

הכנסת השינויים לתוכנית הלימודים בכימיה למערכת דורשת לימוד מעמיק של טעויות אופייניות של תלמידים שמופיעות בבחינות הבגרות, במיוחד בנושאים החדשים יחסית, מציאת דרכים להתגבר על טעויות אלה ואף למנוע אותן בעזרת חומרי הוראה מתאימים ודרכי הוראה מגוונות. ארגון של ניתוח התוצאות של בחינות הבגרות נעשה בהתאם לתוכנית הלימודים החדשה בהיקף של 70%, עם דגש על היערכות לקשיי למידה על פי התוכנית החדשה. ניתוח בחינות הבגרות משמש מכשיר שימושי ומהימן להתמקצעות מורים ומאפיינות אותו הנקודות הבאות:

- הניתוח מאפשר הבנת קשיי למידה הנובעים ממודלים מוטעים, שימוש מושכל בחומרי הלמידה ועוד.
- הניתוח מאפשר פיתוח אסטרטגיות הוראה שונות ודרכים יעילות להבנת מושגים מדעיים.
- הניתוח כולל עיבוד טעויות אופייניות של תלמידים המאותרות במהלך ההערכה של בחינות הבגרות. כל הטעויות של תלמידים נאספות ממחברות הבחינה על ידי מעריכי בחינות הבגרות על פי בקשתנו. המעריכים רושמים את הציטטות של תשובות שגויות. כל חברי הצוות של כתיבת החוברות של ניתוח בגרות הם מעריכים וחצי מהם מעריכים בכירים. כל חברי הצוות רושמים ציטטות רבות ככל האפשר ממחברות הבחינה.
- הניתוח כולל ניתוח הסיבות לטעויות והסבר למקור הטעויות.
- הניתוח כולל המלצות למורים: הדגשים בהוראה (תרגול, ניסויים, דפי עבודה, מצגות, אנימציות) אשר מסייעים למורה להתגבר על הקשיים בהם נתקל התלמיד.

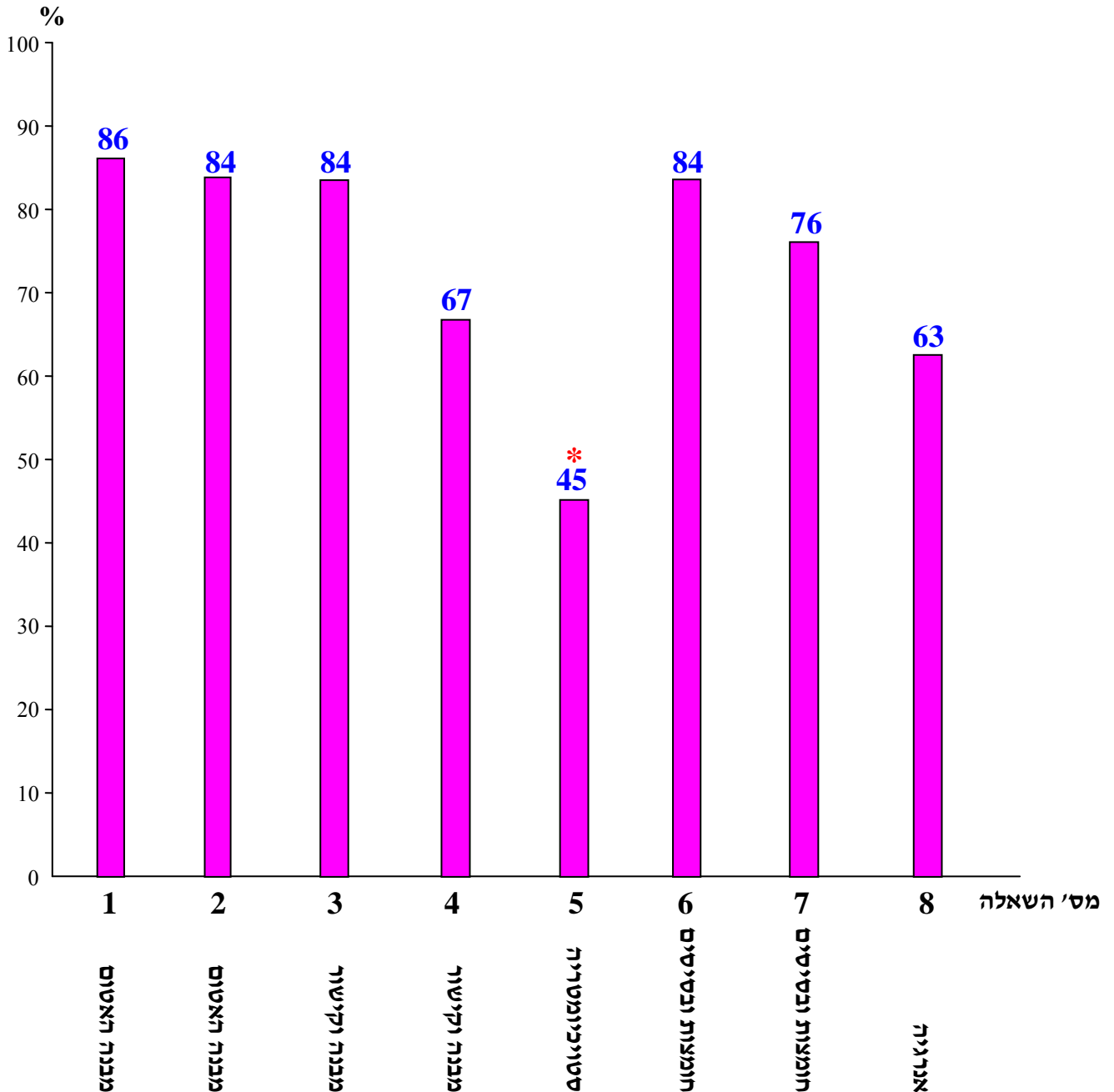
**איתור ואיסוף טעויות אלה כרוך במאמצים רבים מצד המעריכים ועל כך תודתנו הרבה.**

## ניתוח התוצאות של שאלות 1-8 בבחינת הבגרות תשע"ו

כפי שנאמר, ניתוח שאלות סגורות 1-8 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני השאלות) ותוצאות המדגם של 300 דפי תשובות של תלמידים (ציוני המסיחים).

### ציונים ממוצעים לשאלות 1-8:

נושא	מבנה האטום		מבנה וקישור		סטויכיו- מטריה	חומצות ובסיסים		אנרגיה
	1	2	3	4		6	7	
שאלה					5			8
ציון	86	84	84	67	45	84	76	63
רמת חשיבה	הבנה	יישום	יישום	יישום	יישום	יישום	יישום	אנליזה



## שאלה 1 מבנה האטום

נתונים שניים מבין האיזוטופים של אשלגן,  $^{39}\text{K}$  ו- $^{41}\text{K}$ .

מהו ההיגד הנכון?

4%	א.	המטען הגרעיני של האיזוטופ $^{41}\text{K}$ גדול מן המטען הגרעיני של האיזוטופ $^{39}\text{K}$ .
8%	ב.	מספר האלקטרונים באיזוטופ $^{41}\text{K}$ גדול ממספר האלקטרונים באיזוטופ $^{39}\text{K}$ .
86%	ג.	המסה של האיזוטופ $^{41}\text{K}$ גדולה מן המסה של האיזוטופ $^{39}\text{K}$ .
2%	ד.	הרדיוס של האיזוטופ $^{41}\text{K}$ גדול מן הרדיוס של האיזוטופ $^{39}\text{K}$ .

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ג.

מספר המסה של אטום הוא סכום של מספר פרוטונים ומספר נויטרונים בגרעין.

מספר המסה של אטום  $^{41}\text{K}$  גדול ממספר המסה של אטום  $^{39}\text{K}$ , לכן המסה של האיזוטופ  $^{41}\text{K}$  גדולה מן המסה של האיזוטופ  $^{39}\text{K}$ .

מסיח א אינו נכון, כי המטען הגרעיני של אטום נקבע על ידי מספר פרוטונים בגרעין, שבאטומים הנתונים הוא שווה (19 פרוטונים).

מסיח ב אינו נכון, כי מספר האלקטרונים באטומים הנתונים הוא שווה (19 אלקטרונים).

מסיח ד אינו נכון, כי רדיוס אטומי באטומים הנתונים הוא שווה (רדיוס אטומי תלוי במטען הגרעיני ובמספר אלקטרונים באטום). התלמידים המעטים שטעו לא מקשרים בין גודל האטום לבין מספר אלקטרונים באטום.

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להשתמש בסמלים של איזוטופים לפי שפת הכימאים.
- לקבוע מספר פרוטונים, נויטרונים ואלקטרונים באטום.
- לקבוע מטען גרעיני של אטום.
- לקבוע מספר המסה של אטום.
- להשוות בין איזוטופים של אותו יסוד על פי מספר המסה.

### סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו להשוות בין שני האיזוטופים על פי מספר המסה.

הסיבה לטעויות היא חוסר הבנה מהו איזוטופ וכיצד יש להשוות בין איזוטופים.

8% מהתלמידים בחרו במסיח ב בגלל חוסר הבחנה בין מספר המסה של אטום לבין מספר אטומי.

4% מהתלמידים בחרו במסיח א בגלל חוסר ידע והבנה מהו המטען הגרעיני.

2% מהתלמידים, שבחרו במסיח ד, מתקשים בהבנה מהו רדיוס אטומי ומהם הגורמים המשפיעים על גודלו.

## המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים את ההשוואה בין איזוטופים שונים של אותו יסוד, הדורשת הבנת משמעות הסימול של איזוטופים. תרגיל לדוגמה:  
א. בטבלה שלפניך מוצגים איזוטופים של חמצן. השלם את הטבלה.

איזוטופ	מספר פרוטונים	מספר נויטרונים	מספר אלקטרונים
$^{17}_8\text{O}$			
$^{16}_8\text{O}$			
$^{18}_8\text{O}$			

ב. בתגובה של תערובת האיזוטופים הנתונים עם מימן נוצרים מים.

- כמה סוגים של מולקולות מים ייווצרו בתגובה? נמק.
- הסבר במה דומות ובמה שונות מולקולות המים הנוצרות בתגובה.

מומלץ לעבוד עם התלמידים על היישומון "איזוטופים ומסה אטומית" הנמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=495&ArticleID=4091>

עמוד הבית ← חומרי למידה ← נושאי לימוד 70% ← מבנה האטום ← האטום

## שאלה 2 מבנה האטום

מדרגים שלושה אטומים על פי אנרגיית היינון שלהם.  
מהו הדירוג הנכון?

F > Ne > Cl	א.	12%
<b>Ne &gt; F &gt; Cl</b>	<b>ב.</b>	<b>84%</b>
F > Cl > Ne	ג.	1%
Ne > Cl > F	ד.	3%



## הנימוק

התשובה הנכונה היא ב.

גורמים המשפיעים על אנרגיית יינון:

- (1) המרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרון שהאנרגיה שלו היא הגדולה ביותר - הוא נמצא ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר. ככל שמרחק זה גדול יותר, אנרגיית האלקטרון גדולה יותר, המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין גרעין האטום חלשה יותר, ואנרגיית היינון נמוכה יותר.
- (2) מספר פרוטונים בגרעין האטום. ככל שמספר פרוטונים בגרעין גדול יותר, המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין גרעין האטום חזקה יותר, ואנרגיית היינון גבוהה יותר. השפעת הגורם הראשון על אנרגיית יינון גדולה מזו של הגורם השני, שאליו מומלץ להתייחס כשמשווים בין אנרגיות יינון של שני אטומים, שבהם המרחק בין גרעין לאלקטרון שיוצא מן האטום דומה. מספר פרוטונים בגרעין של אטום Ne גדול ממספר פרוטונים בגרעין של אטום F. המשיכה בין האלקטרון היוצא מאטום Ne לבין גרעין האטום חזקה יותר, ואנרגיית היינון גבוהה יותר. (המרחק בין גרעין לאלקטרון שיוצא מן האטום דומה בשני האטומים.) אנרגיית היינון של אטום F גבוהה מזו של אטום Cl, כי באטום F יש שתי רמות אנרגיה מאוכלסות באלקטרונים ובאטום Cl יש שלוש רמות אנרגיה מאוכלסות באלקטרונים. המרחק בין גרעין של אטום F לבין האלקטרון שיוצא קטן יותר, המשיכה בינו לבין גרעין האטום חזקה יותר, לכן יש להשקיע אנרגיה גדולה יותר כדי להוציא אלקטרון מן אטום F. המסיחים אינם נכונים, כי הם תוצאה של חוסר ניתוח הכולל השפעה של שני הגורמים על אנרגיית יינון.

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⚡ להגדיר את המושג "אנרגיית יינון".
- ⚡ להסביר את הגורמים המשפיעים על אנרגיית יינון, ואת ההבדל במידת ההשפעה של גורמים אלה.
- ⚡ לרשום ולהסביר את היערכות האלקטרונים באטום ברמות אנרגיה מאוכלסות.
- ⚡ לקשר בין מקומו של האטום בטבלה המחזורית לבין מספר רמות האנרגיה המאוכלסות בו.
- ⚡ להכיר וליישם את המגמות בהשתנות של אנרגיית יינון בהתאם למיקום האטומים בטבלה המחזורית.

### סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים ערכו נכון את ההשוואה בין אנרגיות יינון ראשונות של שלושת האטומים.

12% מהתלמידים בחרו במסיח א. תלמידים אלה לא הצליחו לנתח את ההשפעה של שני הגורמים על אנרגיית יינון. יתכן וקישרו בין אלקטרושליליות הגבוהה של אטום פלואור לבין אנרגיית יינון. 3% מהתלמידים, שבחרו במסיח ד, לא התייחסו אל הגורם הראשון, ו-1% מהתלמידים, שבחרו במסיח ג, לא התייחסו לגורם השני.

### המלצות

מומלץ להסביר את הגורמים המשפיעים על אנרגיית יינון בעזרת חוק קולון. על פי חוק קולון אפשר להסביר לתלמידים מדוע המרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרון היוצא מן האטום משפיע במידה גדולה יותר על אנרגיית יינון מאשר מספר פרוטונים בגרעין האטום.  
שאלה לדוגמה:

מהו הסדר העולה הנכון של אנרגיית יינון ראשונה של האטומים הנתונים? נמק.

א.  $K > Na > Cl > Ne$

ב.  $Ne > Na > K > Cl$

ג.  $K > Na > Ne > Cl$

ד.  $Ne > Cl > Na > K$

מומלץ לעבור יחד עם התלמידים על מצגת "אנרגיית יינון":

<https://www.youtube.com/watch?v=D9EnDLYY7Nw>

המצגת כוללת נושא העשרה - אנרגיות יינון עוקבות.

### שאלה 3 מבנה וקישור

בטבלה שלפניך מוצג מידע על המבנה המרחבי של ארבע מולקולות.

HCN	CS <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	BF <sub>3</sub>	המולקולה
קווית	קווית	מישורית משולשת	מישורית משולשת	המבנה המרחבי של המולקולה

לאילו מבין המולקולות הנתונות יש דו-קוטב קבוע?

א.  $HCN$  ו-  $CS_2$  5%

ב.  $CH_2O$  ו-  $BF_3$  8%

ג.  $HCN$  ו-  $CH_2O$  84%

ד.  $CS_2$  ו-  $BF_3$  3%

## הנימוק

התשובה הנכונה היא ג.

מולקולות  $\text{CH}_2\text{O}$  ו-  $\text{HCN}$  הן בעלות דו-קוטב קבוע (קוטביות), מכיוון שבכל אחת מהן לאטום הפחמן המרכזי קשורים אטומים שונים, ולכן יש חלוקת מטען לא שווה על פני המולקולה. המסיחים שכוללים מולקולה  $\text{CS}_2$  אינם נכונים, כיוון שלמולקולה זו צורה קווית ולאטום הפחמן המרכזי קשורים אטומים זהים, ולכן יש חלוקת מטען שווה על פני המולקולה - במולקולה אין דו-קוטב קבוע. המסיחים שכוללים מולקולה  $\text{BF}_3$  אינם נכונים, כיוון שלמולקולה זו צורה של משולש מישורי ולאטום הבור המרכזי קשורים אטומים זהים, ולכן יש חלוקת מטען שווה על פני המולקולה - במולקולה אין דו-קוטב קבוע.

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

## כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקשר בין מבנה מרחבי של מולקולה לקוטביות שלה.
- ◀ לקבוע אם למולקולה נתונה יש דו-קוטב קבוע על פי צורת המולקולה ועל פי חלוקת מטען על פני המולקולה.
- ◀ להסביר שאם במולקולה לאטום המרכזי קשורים אטומים שונים, יש חלוקת מטען לא שווה על פני המולקולה - במולקולה יש דו-קוטב קבוע.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים זיהו נכון את המולקולות שיש בהן דו-קוטב קבוע. 13% מהתלמידים בחרו במסיחים א ו-ב. הם זיהו נכון מולקולה קוטבית, אך טעו בזיהוי מולקולה שנייה, כי לא הצליחו לקשר בין מבנה מרחבי של מולקולה לקוטביות שלה. 3% מהתלמידים, שבחרו במסיח ד, טעו בזיהוי של שתי מולקולות.

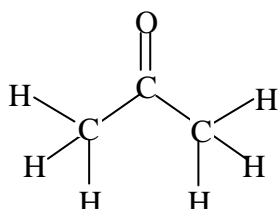
## המלצות

מומלץ לבנות עם התלמידים מודלים של מולקולות שונות. מודלים עוזרים לתלמידים לקבוע את קוטביות המולקולות הנתונות. מומלץ לתרגל עם התלמידים רישום נוסחאות מבנה של מולקולות וקביעת קוטביות שלהן תוך הדגשת שני גורמים המשפיעים על קוטביות המולקולה: קוטביות קשרים קוולנטיים בין אטומים ומבנה מרחבי של מולקולה. יתכן שחלק מהטעויות נובע מחוסר הבחנה בין קוטביות הקשר, שתלויה רק בהפרשי האלקטרושליליות של אטומים, לבין קוטביות המולקולה, שתלויה גם במבנה המרחבי שלה. לכן מומלץ לתת לתלמידים תרגילים שבהם יש לקבוע את קוטביות המולקולות. בתרגילים אלה מומלץ לכלול:

- ♦ מולקולות קוטביות בעלות אותה צורה. למשל: HCN ו- HF
  - ♦ מולקולות לא קוטביות בעלות אותה צורה. למשל:  $\text{CH}_2\text{O}$  ו-  $\text{BCl}_2\text{I}$
  - ♦ מולקולות קוטביות בעלות צורות שונות. למשל:  $\text{H}_2\text{O}$  ו-  $\text{CHCl}_3$
- יש להשתמש בכיתה בשני מינוחים: מולקולות בעלות דו-קוטב קבוע ומולקולות קוטביות.

## שאלה 4 מבנה וקישור

לפניך ייצוג מלא לנוסחת המבנה של מולקולת אצטון:



לפניך ארבעה היגדים IV-I:

- I. במצב נוזל בין המולקולות של אצטון יש רק אינטראקציות ון-דר-ואלס.
- II. במצב נוזל בין המולקולות של אצטון יש גם אינטראקציות ון-דר-ואלס וגם קשרי מימן.
- III. בתמיסה מימית של אצטון יש קשרי מימן בין המולקולות של אצטון לבין המולקולות של מים.
- IV. בתמיסה מימית של אצטון יש רק אינטראקציות ון-דר-ואלס בן המולקולות של אצטון לבין המולקולות של מים.

מה הם ההיגדים הנכונים?

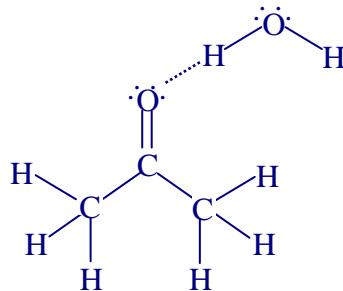
א.	I ו- III	67%
ב.	I ו- IV	13%
ג.	II ו- III	18%
ד.	II ו- IV	2%

## הנימוק

התשובה הנכונה היא א.

היגד I נכון - בין המולקולות של אצטון יש רק אינטראקציות ון-דר-ואלס, כי אין אפשרות ליצירת קשרי מימן בין מולקולות של אצטון. לאטום חמצן שבמולקולת אצטון יש שני זוגות אלקטרוניים לא קושרים, אך במולקולה זו אין אטום מימן החשוף מאלקטרוניים. (אטומי מימן במולקולת אצטון מחוברים לאטומי פחמן שאלקטרושליליות שלהם קרובה לזו של אטומי מימן). על פי הסבר זה, היגד II אינו נכון.

היגד III נכון - בתמיסה מימית של אצטון יש קשרי מימן בין המולקולות של אצטון לבין המולקולות של מים. נוצרים קשרי מימן בין זוגות אלקטרונים לא קושרים של אטום חמצן במולקולת אצטון לבין אחד מאטומי מימן החשופים מאלקטרונים שבמולקולת המים.



על פי הסבר זה, היגד IV אינו נכון.

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ☞ להבחין בין חומר מולקולרי במצב נוזל לבין תמיסה מימית של חומר מולקולרי.
- ☞ לקבוע את סוג הקשרים הבין מולקולריים בחומרים מולקולריים במצב נוזל.
- ☞ להסביר את תנאי ההיווצרות של קשרי מימן.

### סיבות אפשריות לטעויות

הציון נמוך יחסית.

18% מהתלמידים בחרו במסיח ג. הם קבעו נכון שבתמיסה מימית של אצטון יש קשרי מימן בין המולקולות של אצטון לבין המולקולות של מים, אך טעו בקביעת סוג הקשרים בין המולקולות של אצטון במצב נוזל. תלמידים אלה התקשו ביישום התנאים לקיום קשרי מימן.

13% מהתלמידים בחרו במסיח ב. הם קבעו נכון שבמצב נוזל בין המולקולות של אצטון יש רק אינטראקציות ון-דר-וואלס, אך טעו בקביעת סוג הקשרים בין המולקולות של אצטון לבין המולקולות של מים.

2% מהתלמידים שבחרו במסיח ד טעו בקביעת הנכונות של שני ההיגדים. הם לא הצליחו לקבוע את סוג הקשרים הבין מולקולריים הן באצטון במצב נוזל והן בתמיסה מימית של אצטון.

### המלצות

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את השלבים של קביעת המסיסות של חומרים מולקולריים שונים בממסים הנתונים.

**טבלה 1: קביעת המסיסות של אצטון במים**

הממס : מים	המומס : אצטון	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ואלס חלשים	אינטראקציות ון-דר-ואלס	הקשרים בין חלקיקי החומר
אפשרות ליצירת קשרי מימן, כי במולקולות של אצטון יש מוקדים ליצירת קשרי מימן - אטומי חמצן, ובמולקולות המים יש אטומי מימן חשופים מאלקטרוניים.		סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה
המסיסות של אצטון במים טובה.		המסקנה

**טבלה 2: קביעת המסיסות של אצטון בהקסאן**

הממס : הקסאן, $C_6H_{14(l)}$	המומס : אצטון	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס	אינטראקציות ון-דר-ואלס	הקשרים בין חלקיקי החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס		סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה
המסיסות של אצטון בהקסאן טובה.		המסקנה

מומלץ לתת לתלמידים דוגמאות של מסיסות חומרים מולקולריים בממסים שונים ולבקש להסביר מדוע וכיצד מתרחש תהליך ההמסה או מדוע הוא לא מתרחש, תוך התייחסות לכוחות הפועלים בין מולקולות החומר ולכוחות הפועלים בין מולקולות הממס לאחר ההמסה. כמו כן, מומלץ החל מכיתה י להדגיש את ההבדל בין מושגים "נוזל" ו"תמיסה", כאשר נוזל הינו מושג שמתייחס לחומר טהור, ותמיסה היא תערובת. הסיבה לבלבול היא שימוש יום יומי לא נכון במושגים האלו, כמו: "חלב ותה הם נוזלים", "אוויר הוא גז". לכן כבר בלימודים של מושגי היסוד אפשר להשתמש בתרגילים שבהם יש להבחין בין המושגים האלו. למשל:

ציין לגבי כל אחת מן הקביעות אם היא נכונה או לא נכונה. נמק.

- תה הוא נוזל
- פלדה היא חומר טהור
- מים מזוקקים הם נוזל
- מי ברז הם נוזל
- אוויר הוא גז
- חמצן הוא גז.

## שאלה 5 סטויכיומטריה

ערבבו 1 ליטר תמיסת נתרן הידרוקסידי,  $\text{NaOH}_{(aq)}$ , בריכוז 0.2M עם 1 ליטר של תמיסה מימית המכילה 0.2 מול אתאנול,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(aq)}$ . מהו ריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  בתמיסה שהתקבלה?

0.1M	א.	45%
0.2M	ב.	34%
0.3M	ג.	2%
0.4M	ד.	19%

### הנימוק

התשובה הנכונה היא א.

מספר המולים של  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בתמיסה המקורית: 0.2 mol  
על פי יחס המולים בניסוח תהליך ההמסה של נתרן הידרוקסידי במים:



מספר מולי  $\text{OH}^-_{(aq)}$  שווה למספר מולי  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בתמיסה המקורית: 0.2 mol

נפח התמיסה שהתקבלה הוא סכום הנפחים של שתי התמיסות: 1 liter + 1 liter = 2 liter

הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  בתמיסה שהתקבלה:  $\frac{0.2 \text{ mol}}{2 \text{ liter}} = 0.1 \text{ M}$

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- למצוא חישובים סטויכיומטריים.
- להשתמש בנוסחאות ובשיטות המתאימות לסוגים שונים של חישובים סטויכיומטריים: נפח תמיסה וריכוז תמיסה.
- להשתמש ביחס בין מספר מולים של חומר בתמיסה למספר מולים של היונים הממוימים בתמיסה כדי לקבוע את מספר המולים של היונים בתמיסה הנתונה.
- לזהות את הנתון ההידרוקסידי כחומר יוני המתפרק ומשחרר יוני הידרוקסיל לתמיסה.
- לזהות את האתאנול כחומר מולקולרי שאינו מתפרק ליונים במהלך ההמסה במים.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציון נמוך מאוד.

34% מהתלמידים, שבחרו במסיח ב, התייחסו לריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה המקורית, אך שכחו לחבר את הנפחים של שתי התמיסות. לפיכך, הם חילקו את מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בנפח של התמיסה המקורית וקיבלו תוצאה כפולה פי 2.

19% מהתלמידים, שבחרו במסיח ד, טעו כנראה בזיהוי של אתאנול כחומר מולקולרי וחשבו שזהו חומר יוני, אשר מתפרק ליונים במהלך ההמסה במים ויוצר יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ , לכן הם חיברו כפי הנראה את מספר המולים של שני המומסים וחילקו בנפח של התמיסה המקורית.

תלמידים מעטים (2%) בחרו במסיח ג. הם טעו כנראה בזיהוי של אתאנול כחומר מולקולרי וחשבו שזהו חומר יוני, אשר מתפרק ליונים בתמיסה ויוצר יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ , לכן הם חיברו כפי הנראה את מספר המולים של שני המומסים וחילקו בסכום הנפחים השגוי של שתי התמיסות.

## המלצות

מומלץ להרבות בתרגול של חישובים בתמיסות: ערבוב תמיסות שאינן מגיבות זו עם זו וערבוב תמיסות המכילות יון משותף.

רצוי לתת לתלמידים שלבי ביניים לפתרון בעיות מסוג זה:

1. לנסח תהליך המסה לכל אחד מהחומרים המומסים.
2. לחשב את מספר המולים של כל אחד מהחלקיקים (במקרה של שאלות ספציפיות ניתן לחשב רק עבור החלקיק שבשאלה).
3. לחשב את הנפח הכולל של התמיסה על ידי חיבור של נפחי התמיסות שעורבבו.
4. לחשב את הריכוז החדש של סוג החלקיקים שאליה השאלה מתייחסת לפי הנוסחה:  $C = \frac{\sum n}{\sum V}$

**חשוב לזכור כי בערבוב תמיסות ניתן לחבר מספר מולים, ניתן לחבר נפחים, אולם אסור לחבר ריכוזים.**

תרגיל לדוגמה:

הכינו תמיסה מימית שנפחה 0.5 liter על ידי המסת המלח מגנזיום ברומי,  $\text{MgBr}_{2(\text{s})}$ , במים. ריכוז יוני  $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}$  בתמיסה היה 0.4M.

חילקו את התמיסה המקורית לשתי תמיסות שוות נפח (0.25 liter כל אחת).

לתמיסה הראשונה הוסיפו 250 ml מים ונוצרה תמיסה חדשה.

א. חשב מהו הריכוז של יוני הברום,  $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה החדשה. פרט את חישוביך.

לתמיסה השנייה הוסיפו 250 ml תמיסת  $\text{KBr}_{(\text{aq})}$  בריכוז 0.4M ונוצרה תמיסה חדשה.

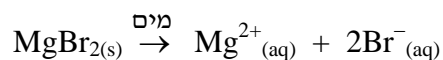
ב. חשב מהו הריכוז של יוני הברום,  $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ , בתמיסה החדשה. פרט את חישוביך.



פתרון :

**א.**

ניסוח תהליך ההמסה במים של מגנזיום ברומי,  $\text{MgBr}_{2(s)}$  :



בתמיסה הראשונה המקורית :

מספר המולים של היונים : 0.1 mol 0.2 mol

ריכוזי היונים : 0.4 M 0.8 M

נפח התמיסה : 0.25 liter

נפח התמיסה החדשה : 0.25 liter + 0.25 liter = 0.5 liter

הריכוז של יוני הברום,  $\text{Br}^{-}_{(aq)}$  בתמיסה החדשה :

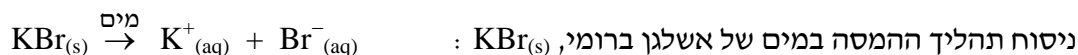
$$\frac{0.2 \text{ mol}}{0.5 \text{ liter}} = 0.4 \text{ M}$$

**א**: הכנת התמיסה החדשה היא מיהול פי שניים של התמיסה המקורית.

לכן הריכוז של יוני הברום,  $\text{Br}^{-}_{(aq)}$  בתמיסה החדשה נמוך פי שניים מריכוזם בתמיסה

המקורית : 0.4 M .

**ב.**



מספר המולים של KBr ב- 250 מ"ל תמיסה שהוספה :  $0.4 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.25 \text{ liter} = 0.1 \text{ mol}$

על פי יחס המולים בניסוח תהליך ההמסה של אשלגן ברומי במים, מספר מולי  $\text{Br}^{-}_{(aq)}$  שווה

למספר המולים של KBr : 0.1 mol

נפח התמיסה החדשה הוא סכום הנפחים של שתי התמיסות : 0.25 liter + 0.25 liter = 0.5 liter

מספר המולים של יוני הברום בתמיסה החדשה הוא סכום של מספר המולים של יוני הברום בשתי

התמיסות : 0.2 mol + 0.1 mol = 0.3 mol

הריכוז של יוני הברום,  $\text{Br}^{-}_{(aq)}$  בתמיסה החדשה :  $\frac{0.3 \text{ mol}}{0.5 \text{ liter}} = 0.6 \text{ M}$

## שאלה 6 חומצות ובסיסים

נתונות שתי תמיסות מימיות חסרות צבע, A ו-B .

לתמיסה A  $\text{pH} = 5$

לתמיסה B  $\text{pH} = 9$

מהו ההיגד הנכון?

- 6% א. הוספת מים לתמיסה A גורמת לירידה ב-  $\text{pH}$  של התמיסה.
- 9% ב. הוספת מים לתמיסה B גורמת לעלייה בריכוז יוני ההידרוקסיד,  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ , בתמיסה.
- 1% ג. אי אפשר להבחין בין תמיסה A לתמיסה B בעזרת האינדיקטור פנולפתלאין.
- 84% ד. הזרמת גז מימן ברומי,  $\text{HBr}_{(\text{g})}$ , לתמיסות גורמת לירידה ב-  $\text{pH}$  של כל אחת

משתי התמיסות.

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ד.

הגז מימן ברומי,  $\text{HBr}_{(\text{g})}$ , מגיב עם מים ליצירת יוני ההידרוניום על פי התגובה:



עלייה בריכוז יוני ההידרוניום בתמיסה גורמת לירידה ב-  $\text{pH}$  של התמיסה.

הוספת מים לתמיסה A מוהלת את התמיסה, לכן ריכוז יוני ההידרוניום יורד, ולכן ה-  $\text{pH}$  עולה.

מסיח ב אינו נכון, כי ה-  $\text{pH}$  של המים הוא 7. לכן הוספת מים לתמיסה B גורמת לירידה בריכוז

יוני ההידרוקסיד,  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ , בתמיסה.

מסיח ג אינו נכון, כי אפשר להבחין בין תמיסה חומצית A לתמיסה בסיסית B בעזרת האינדיקטור פנולפתלאין.

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ☞ להסביר מהי סקלת  $\text{pH}$  ומהו  $\text{pH}$  התמיסה.
- ☞ לזהות את החלקיקים הגורמים לשינוי ב-  $\text{pH}$  של התמיסה.
- ☞ לקשר בין ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה לבין  $\text{pH}$  התמיסה.
- ☞ לקשר בין ריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה לבין  $\text{pH}$  התמיסה.
- ☞ לזהות את הגז מימן ברומי,  $\text{HBr}_{(\text{g})}$ , כחומר שמגיב עם מים כחומצה ויוצר יוני ההידרוניום.
- ☞ להבחין בין תהליכים המתרחשים כשמוסיפים מים לתמיסות חומציות לבין תמיסות בסיסיות.
- ☞ להסביר את תפקידו של פנולפתלאין כאינדיקטור שמזהה תמיסות בסיסיות.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים בחרו בהיגד הנכון.

התלמידים, שבחרו במסיחים א ו-ב, סבורים כנראה שהמים מתפרקים ליונים  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  ו-  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ . 9% מהתלמידים, שבחרו במסיח ב, ו- 6% מהתלמידים, שבחרו במסיח א, מתבלבלים בין השפעות על התחום הבסיסי לבין השפעות על התחום החומצי.

חלק מהתלמידים אינם מבינים מהו מיהול התמיסה וכיצד הוא משפיע על pH התמיסה.

תלמידים מעטים (1%) בחרו בהיגד ג, כפי הנראה מכיוון שאינם מכירים את תכונות האינדיקטור פנולפתלאין כמבחין בין תמיסות חומציות לתמיסות בסיסיות.

## המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות העוסקות בהוספת מים או תמיסות שונות לתמיסות חומציות או לתמיסות בסיסיות.

תרגיל לדוגמה:

ביצעו ניסוי שבו הכניסו לכל אחד מארבעה כלים 200 מ"ל תמיסה של חומצה גופרתית,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ , בריכוז 0.1M.

לכלי א' הוסיפו 200 מ"ל מים.

- א. i קבע אם ה- pH של התמיסה עלה, ירד או לא השתנה. נמק.
  - ii חשב את ריכוז יוני ההידרוניום בתמיסה החדשה. פרט את חישוביך.
- לכלי ב' הוסיפו 100 מ"ל תמיסה של סידן הידרוקסיד,  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ , בריכוז 0.4M.
- ב. i נסח ואזן את התגובה המתרחשת (ניסוח נטו).
  - ii קבע אם ה- pH של התמיסה עלה, ירד או לא השתנה. נמק.
  - iii קבע אם בתום התגובה ה- pH של התמיסה גבוה, נמוך או שווה ל- 7. פרט את חישוביך ונמק.

לכלי ג' הוסיפו 100 מ"ל של תמיסת אתאנול,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{aq})}$ , בריכוז 0.5M.

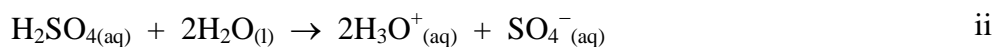
- ג. i קבע אם ה- pH של התמיסה עלה, ירד או לא השתנה. נמק.
- ii קבע אם לאחר ההוספה ה- pH של התמיסה החדשה גבוה, נמוך או שווה ל- 7. פרט את חישוביך ונמק.

לכלי ד' הזרימו גז אמוניה,  $\text{NH}_{3(\text{g})}$ .

- ד. i קבע אם ה- pH של התמיסה עלה, ירד או לא השתנה. נמק.

פתרון:

i. א. ה-pH של התמיסה עלה מכיוון שהוסיפו ממס - מים מבלי לשנות את מספר המולים של החומצה. לכן ריכוז יוני ההידרוניום ירד וה-pH עלה.



בתמיסה המקורית:

מספר המולים של היונים: 0.02 mol                      0.04 mol

הריכוזים: 0.1M                                      0.2 M

נפח התמיסה: 0.2 liter

נפח התמיסה החדשה: 0.2 liter + 0.2 liter = 0.4 liter

הריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה החדשה:  $\frac{0.04 \text{ mol}}{0.4 \text{ liter}} = 0.1\text{M}$

לפי החישוב ניתן לאשר את התשובה לסעיף הקודם. ריכוז יוני ההידרוניום בתמיסה המקורית היה 0.2M ובתמיסה החדשה 0.1M.

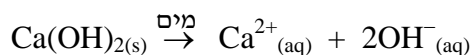
או: הכנת התמיסה החדשה היא מיהול פי שניים של התמיסה המקורית.

לכן הריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה החדשה נמוך פי שניים מריכוזם בתמיסה המקורית: 0.1M.



ii. ה-pH של התמיסה עלה, מכיוון שיוני ההידרוניום הגיבו וריכוזם ירד.

iii. תהליך ההמסה של סידן הידרוקסידי:



הוסיפו 100 מ"ל תמיסה של סידן הידרוקסידי,  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ , בריכוז 0.4M.

מספר המולים של  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ב-100 מ"ל תמיסה: 0.04 mol

מכל מול של סידן הידרוקסידי מתקבלים 2 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

לכן מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  ב-100 מ"ל תמיסה: 0.08 mol

נפח התמיסה החדשה: 0.3 liter

בתגובת הסתירה שהתרחשה הגיבו 0.4 מול יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  עם 0.08 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

יחס המולים של היונים בניסוח התגובה הוא 1:1, לכן בתום התגובה יישאר עודף

של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

לכן בתום התגובה ה-pH של התמיסה גבוה מ-7.

i. ג. ה-pH של התמיסה עלה מכיוון שהוסיפו ממס - מים מבלי לשנות את מספר המולים של

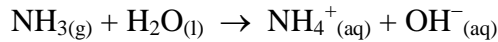
החומצה. (הכוהל אינו מגיב עם חומצה) לכן ריכוז יוני ההידרוניום בתמיסה ירד

וה-pH עלה.

ii. לאחר ההוספה, ה-pH של התמיסה עדיין נמוך מ-7 מכיוון שיש בתמיסה עודף יוני

הידרוניום.

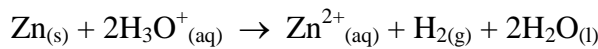
ד. גז אמוניה מגיב כבסיס בנוכחות מים.



ה- pH של התמיסה עלה מכיוון שגז האמוניה (או יוני ההידרוכסיד שנוצרו בתמיסה) הגיב כבסיס עם יוני ההידרוניום וריכוזם בתמיסה ירד בעקבות התגובה.  
(התלמידים צריכים לדעת לנסח את התגובה בין אמוניה למים. לא נדרש ניסוח תגובה בין אמוניה לחומצה)

## שאלה 7 חומצות ובסיסים

אבץ,  $\text{Zn}(\text{s})$ , הגיב עם תמיסה X המכילה יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , על פי התגובה:



בתגובה זו נוצרו 0.2 מול מימן,  $\text{H}_2(\text{g})$ .

איזו מן התמיסות א-ד שלפניך היא תמיסה X?

1M $\text{HCl}(\text{aq})$	א.	200 מ"ל תמיסת	15%
<b>2M <math>\text{HCl}(\text{aq})</math></b>	<b>ב.</b>	<b>200 מ"ל תמיסת</b>	<b>76%</b>
0.5M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	ג.	200 מ"ל תמיסת	7%
1M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	ד.	100 מ"ל תמיסת	2%

## הנימוק

התשובה הנכונה היא ב.

מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  ב- 200 מ"ל תמיסת 2M  $\text{HCl}(\text{aq})$ :  $2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.4 \text{ mol}$   
יחס המולים בניסוח התגובה בין  $\text{H}_2(\text{g})$  לבין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  הוא 2:1,  
לכן כדי ליצור 0.2 מול  $\text{H}_2(\text{g})$  צריכים להגיב 0.4 מול יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ .  
מסיחים א, ג, ד אינם נכונים:

מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  ב- 200 מ"ל תמיסת 1M  $\text{HCl}(\text{aq})$ :  $1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.2 \text{ mol}$

מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  ב- 200 מ"ל תמיסת 0.5M  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ :

$1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.2 \text{ mol}$

מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  ב- 100 מ"ל תמיסת 1M  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ :

$2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.1 \text{ liter} = 0.2 \text{ mol}$

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

## כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לנסח את תהליכי ההמסה במים של החומצות:  $\text{HCl}_{(g)}$  ו-  $\text{H}_2\text{SO}_{4(l)}$
- לקבוע את הריכוז של יוני הידרוניום בתמיסת כשנתון הריכוז המולרי של החומצה.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים: חישוב מספר המולים של מומס בנפח נתון של התמיסה על פי הריכוז המולרי של החומצה.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציון בינוני.

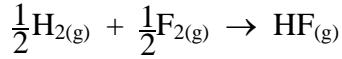
- 15% מהתלמידים, שבחרו במסיח א, לא התייחסו כנראה ליחס המולים בניסוח התגובה, וחישבו את מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  על פי יחס המולים בניסוח התגובה בין  $\text{H}_2_{(g)}$  לבין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  1:1.
- 9% מהתלמידים, שבחרו במסיחים ג ו- ד, ידעו שמכל מול  $\text{H}_2\text{SO}_{4(l)}$  מקבלים במהלך ההמסה במים שני מול יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ , אך חישבו את מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  על פי יחס המולים בניסוח התגובה בין  $\text{H}_2_{(g)}$  לבין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  1:1.

## המלצות

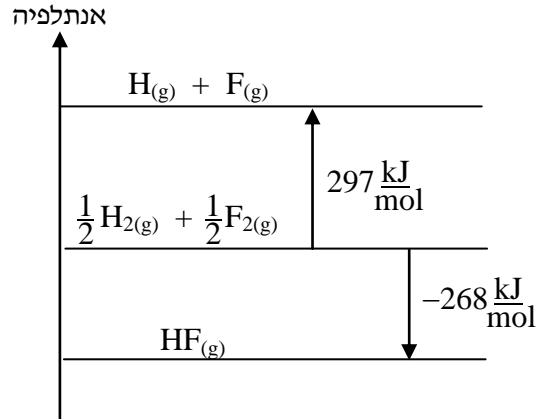
- לתרגל עם התלמידים חישובים סטויכיומטריים עבור תמיסות מימיות. תרגילים אלה צריכים לכלול:
  - קביעת מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  המתקבלים בתמיסות של חומצות חד-פרוטיות ודו-פרוטיות.
  - התייחסות ליחס המולים של מגיבים ותוצרים בניסוח תגובה. תרגיל לדוגמה:  
ערבבו תמיסת  $\text{HI}_{(aq)}$  עם תמיסת  $\text{Ca(OH)}_{2(aq)}$ . כל אחת מן התמיסות הכילה מספר מולים שווה של מומס.  
קבע אם בתום הערבוב ה-pH של התמיסה שהתקבלה גבוה מ-7, נמוך מ-7 או שווה ל-7. נמק.  
פתרון:  
ה-pH של התמיסה גבוה מ-7 מכיוון שיש בתמיסה עודף יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ .  
מכל מול  $\text{HI}_{(g)}$  מתקבל במהלך ההמסה במים מול אחד של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ ,  
מכל מול  $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$  מתקבלים במהלך ההמסה במים שני מולים של יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ .  
התרחשה תגובת הסתירה:  
$$\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
  
יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  לבין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  הוא 1:1,  
לאחר התגובה יישאר עודף יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ , לכן ה-pH של התמיסה גבוה מ-7.

## שאלה 8 אנרגיה

מימן,  $H_{2(g)}$ , מגיב עם פלואור,  $F_{2(g)}$ , על פי התגובה:



לפניך תרשים המציג שינויי אנתלפיה בתגובה זו.



מהו הערך של אנתלפיית הקשר H-F?

- |                                     |    |     |
|-------------------------------------|----|-----|
| $-268 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ | א. | 15% |
| $+268 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ | ב. | 18% |
| $+297 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ | ג. | 4%  |
| $+565 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ | ד. | 63% |

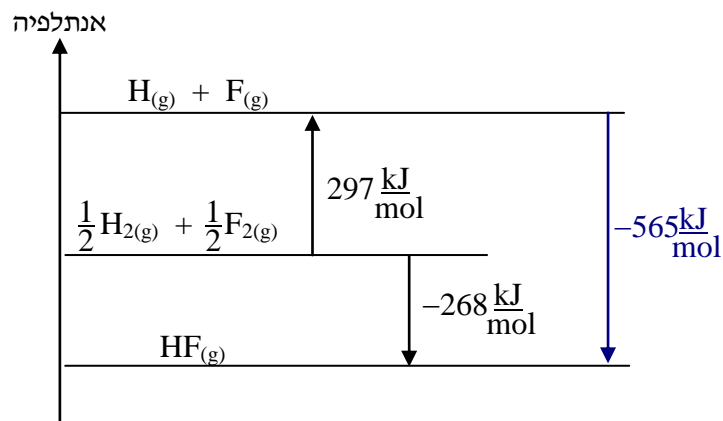
### הנימוק

שינוי האנתלפיה בתגובה הנתונה:

$$\Delta H^\circ = \sum (\text{אנתלפיות הקשר בתוצרים}) - \sum (\text{אנתלפיות הקשר במולקולות המגיבים})$$

$$-268 = 297 - (H-F)$$

$$(H-F) = 565 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$



או על פי הגרף:

הגרף מציג את יצירת הקשר H-F .

לכן הערך של אנתלפיית הקשר H-F הוא  $565 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ◀ לחשב את שינוי האנתלפיה בתגובה על פי אנתלפיות קשר; לחשב את האנתלפיה של אחד מסוגי הקשרים במגיבים או בתוצרים על פי שינוי האנתלפיה בתגובה ושאר אנתלפיות קשר.
- ◀ לקרוא גרף - להוציא נתונים מהגרף: לקבוע מה מייצג כל חץ בגרף.
- ◀ להשתמש נכון בסימנים (פלוס ומינוס) - בהתאם לסוג התהליך: אנדותרמי או אקסותרמי.

### סיבות אפשריות לטעויות

הציון נמוך יחסית.

18% מהתלמידים, שבחרו במסיח ב, לא הבינו את משמעות הסימנים (פלוס ומינוס) שליד הערכים בגרף. הם לא התאימו את הסימנים לערכים המוצגים בגרף.

15% מהתלמידים, שבחרו במסיח א, לא מבחינים בין שינוי האנתלפיה בתגובה לבין אנתלפיית הקשר במולקולות התוצר/המגיב.

4% מהתלמידים, שבחרו במסיח ג, לא מבחינים בין אנתלפיית הקשר במולקולות המגיבים לבין אנתלפיית הקשר במולקולות התוצר.

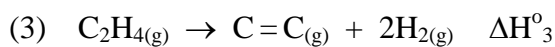
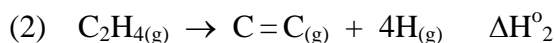
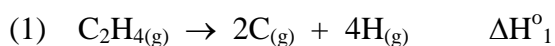
הסיבות לטעויות אלה הן חוסר מיומנות של קריאת גרף. חוסר הבנה מהי אנתלפיית קשר וכיצד יש לחשב את שינוי האנתלפיה בתגובה על פי אנתלפיות קשר. כיצד יש לחשב את האנתלפיה של אחד מסוגי הקשרים במגיבים או בתוצרים על פי שינוי האנתלפיה בתגובה ושאר אנתלפיות קשר.

### המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות המתייחסות לאנתלפיית קשר תוך הבהרת המשמעות של אנתלפיית קשר ושימוש נכון בסימנים (פלוס ומינוס) - בהתאם לסוג התהליך: אנדותרמי או אקסותרמי. מומלץ להרבות בהצגות גרפיות מתאימות.

תרגיל לדוגמה:

לפניך מספר תהליכים:





אנתלפיית הקשר הממוצעת של הקשר C-H במולקולות C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> היא :

א.  $\frac{1}{4}\Delta H^\circ_1$

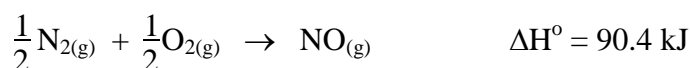
ב.  $\frac{1}{4}\Delta H^\circ_2$

ג.  $\frac{1}{4}\Delta H^\circ_3$

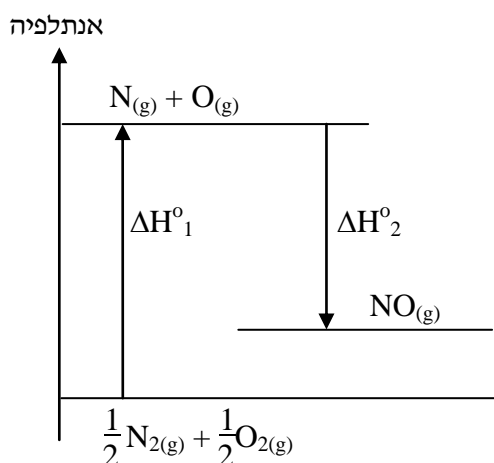
ד.  $\Delta H^\circ_3$

מומלץ לתת לתלמידים גם תרגילים העוסקים באנתלפיות קשר ודורשים קריאת גרף, לדוגמה :

תחמוצת NO<sub>(g)</sub> מתקבלת מחנקן ומחמצן לפי התגובה :



לפיכך דיאגרמת אנתלפיה עבור התגובה הנתונה :



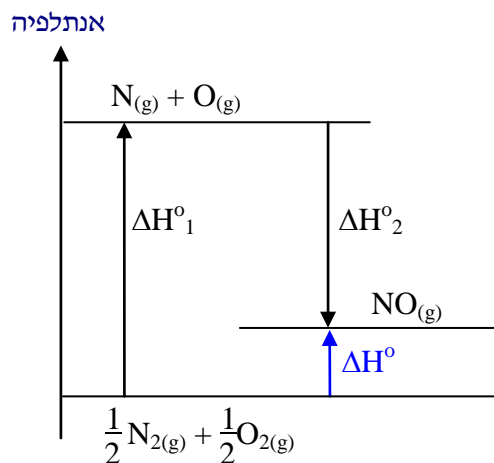
נתון כי אנתלפיית הקשר בין אטומי החנקן במולקולות N<sub>2(g)</sub> היא 945 kJ/mol ,

ואנתלפיית הקשר בין אטומי החמצן במולקולות O<sub>2(g)</sub> היא 497 kJ/mol .

- א. סמן בדיאגרמה באמצעות חץ את  $\Delta H^\circ$  של התגובה.
- ב. מהו הערך של  $\Delta H^\circ_1$  המסומן בדיאגרמה? פרט את חישוביך.
- ג. מהו הערך של  $\Delta H^\circ_2$  המסומן בדיאגרמה? פרט את חישוביך.
- ד. מהו הערך של אנתלפיית הקשר בין אטומי החנקן לאטומי החמצן במולקולות של NO<sub>(g)</sub> ? נמק.

התשובה :

א.



ב. 
$$\Delta H^{\circ}_1 = \frac{1}{2} \text{mol} \times 945 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + \frac{1}{2} \text{mol} \times 497 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 721 \text{ kJ}$$

ג. 
$$\Delta H^{\circ}_2 = 90.4 \text{ kJ} - 721 \text{ kJ} = -630.6 \text{ kJ}$$

ד. 
$$\Delta H^{\circ}_{N-O} = -\Delta H^{\circ}_2 = 630.6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

אנתלפיית הקשר היא האנרגיה שיש להשקיע בפירוק מול קשרי N-O, ואילו  $\Delta H^{\circ}_2$  היא האנרגיה המשתחררת כאשר נוצר מול קשרי N-O.

## ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות בבחינת הבגרות תשע"ו

כפי שנאמר, ניתוח השאלות הפתוחות 9-14 מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני תת-סעיפים) ועל טעויות אופייניות שאותרו על ידי מעריכי בחינת הבגרות.

בטבלה הבאה מופיעים ממצאים סטטיסטיים שדווחו על-ידי מכון סאלד לגבי הבחינה לפי שאלון 37381.

ממצאים אלה מתבססים על **6577** נבחנים.

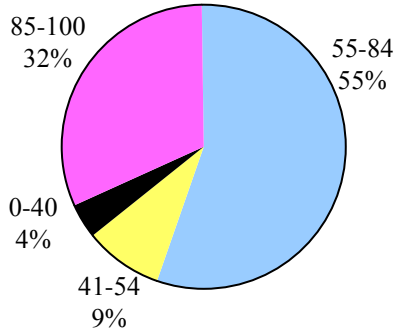
מס' שאלה	9	10	11	12	13	14
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מבנה וקישור וחמזון-חיזור	כימיה של מזון	מבנה וקישור וחמזון-חיזור	חומצות ובסיסים וסטויכיו-מטריה	אנרגיה ודינמיקה שלב 1
ציון ממוצע	74	71	72	65	81	74
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	73%	67%	46%	60%	53%
% תלמידים שציונם	85-100	32	34	30	60	38
	55-84	55	47	36	26	43
	0-54 (0-40)	13 (4)	21 (10)	34 (22)	14 (8)	19 (8)

**התשובות לשאלות שמופיעות בחוברת זו מבוססות על המחווון למעריכי בחינת הבגרות ומיועדות למורים. תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר!**

## שאלה 9

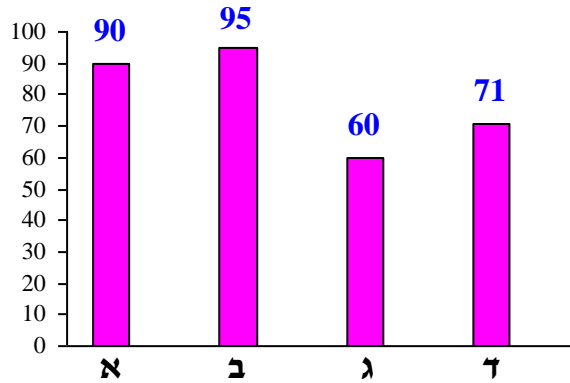
### ניתוח קטע ממאמר מדעי

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 74

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⚡ לעבוד עם קטע ממאמר מדעי לא מוכר, להסיק מסקנות מן הכתוב בטקסט מדעי.
- ⚡ ליישם את הידע המדעי שנלמד.
- ⚡ לנסח ולאזן תגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים.
- ⚡ להבחין בין תגובת חומצה-בסיס לבין תגובת חמצון-חיזור על פי ניסוחי התגובות.
- ⚡ לקשר בין נוסחאות החומרים לבין סוגיהם.
- ⚡ להכיר את המבנה של חומרים יוניים ואת הכוחות הפועלים בין היונים.
- ⚡ לקבוע דרגות חמצון של אטומים בתרכובות.
- ⚡ לקבוע את דרגת החמצון המרבית ואת דרגת החמצון המזערית של אטומי יסוד על פי מיקומו בטבלה המחזורית.
- ⚡ לקבוע, על פי דרגת החמצון המרבית ודרגת החמצון המזערית של אטומי יסוד, הנמצאים במולקולות של תרכובות או ביונים מורכבים, אם הם יכולים לשמש כמחמצן, כמחזר או גם כמחמצן וגם כמחזר.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים א-ד שאחריו.

### דשנים חנקניים - אליה וקוץ פה

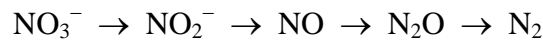
חנקן הוא אחד מן היסודות הדרושים להתפתחות תקינה של צמחים. הגז חנקן,  $N_2(g)$ , הוא מרכיב עיקרי של האוויר, אך הצמחים אינם יכולים לנצל אותו ישירות. הצמחים קולטים את החנקן הדרוש להתפתחותם מן הקרקע, בצורה של יוני אמוניום,  $NH_4^+(aq)$ , או בצורה של יונים חנקתיים,  $NO_3^-(aq)$ .

לפני כמאה שנה מצא הכימאי פריץ הבר את התנאים שבהם החנקן שבאוויר,  $N_2(g)$ , מגיב עם מימן,  $H_2(g)$ . בתגובה זו נוצר הגז אמוניה,  $NH_3(g)$ . מן האמוניה אפשר להפיק חומרים רבים ובהם דשנים חנקניים מלאכותיים כגון אמוניום חנקתי,  $NH_4NO_3(s)$ , ואשלגן חנקתי,  $KNO_3(s)$ , המספקים לצמחים את החנקן הדרוש להתפתחותם. מאז שהחלו לייצר דשנים מלאכותיים ולהשתמש בהם, עלתה כמות היבולים החקלאיים, וגדלה כמות המזון בעולם.

פריץ הבר קיבל פרס נובל בכימיה בשנת 1918 על תרומתו לאנושות בזכות התגלית. אולם נמצא שהצמחים קולטים רק כמחצית מכמות הדשנים החנקניים שמוסיפים לקרקע. הדשנים מתמוססים היטב במים ונקלטים על ידי הצמחים. העודפים שנשארים בקרקע עלולים לחלחל למקורות מי השתייה, להגדיל בהם את הריכוז של יוני  $NO_3^-(aq)$  מעבר למותר, ובכך לגרום לנזקים בריאותיים.

בקרקע יש חיידקים ההופכים את יוני  $NO_3^-$  למולקולות  $N_2$  בתהליך רב-שלבי המכונה דניטריפיקציה.

החלקיקים הנוצרים בשלבים השונים של תהליך הדניטריפיקציה מוצגים בתרשים הבא:



הדניטריפיקציה באמצעות החיידקים אינה מקטינה במידה רצויה את ריכוז יוני  $NO_3^-(aq)$  שמקורם בדישון ומחלחלים למי השתייה, לכן כימאים מחפשים דרכים נוספות לכך. באחת מן השיטות שפותחו לאחרונה עושים כימאים שימוש בננו-טכנולוגיה כדי להפוך ישירות את יוני  $NO_3^-(aq)$  ל- $N_2(g)$ , וכך לצמצם במידה ניכרת את הפגיעה באיכות מי השתייה.

#### מקורות:

א"ר טאוונסנד ור"ו הווארדס, "תיקונה של בעיית החנקן בעולם", סיינטיפיק אמריקן ישראל, יוני 2010.

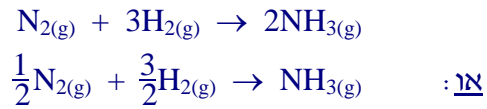
<https://www.utwente.nl/en/news/!/2015/1/357005/nanoparticles-for-clean-drinking-water>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Denitrification>

### סעיף א' (הציון 90)

על פי הקטע, נסח ואזן את התגובה לקבלת  $\text{NH}_3(\text{g})$ .

#### התשובה:



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד, התלמידים ידעו לנסח תגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים. כמעט ולא נתגלו טעויות.

### סעיף ב' (הציון 95)

על פי הקטע, ציין יתרון אחד וחיסרון אחד לשימוש בדשנים חנקניים מלאכותיים.

#### התשובה:

אחד מבין שני היתרונות:

- מספק לצמחים את החנקן הדרוש להתפתחותם (בצורת יוני  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$  ויוני  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ ).
  - גורם להגדלת היבולים החקלאיים וכמות המזון בעולם.
- חיסרון:

- דשנים חנקניים (א: יוני  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ ) יכולים לחלחל למקורות מי השתייה ולזהם אותם (א: עלולים להזיק לבריאות).

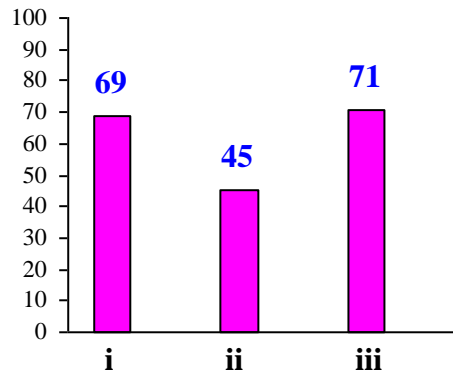
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים הבינו את מה שכתוב בקטע, הסיקו מסקנות נכונות וציינו נכון את היתרון והחיסרון של דשנים חנקניים מלאכותיים.

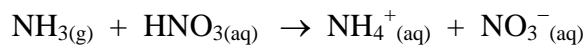
## סעיף ג' (הציון 60)

בקטע מוזכר הדשן אמוניום חנקתי,  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ .



## תת-סעיף i (הציון 69)

תמיסת הדשן  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$  מתקבלת בתגובה בין  $\text{NH}_3(\text{g})$  ובין תמיסה מרוכזת של  $\text{HNO}_3(\text{aq})$ , על פי התגובה:



קבע אם תגובה זו היא תגובת חמצון-חיזור או תגובת חומצה-בסיס. נמק.

### התשובה:

זאת תגובת חומצה-בסיס. יש מעבר פרוטונים ( $\text{H}^+$ ) ממולקולות  $\text{HNO}_3$  למולקולות  $\text{NH}_3$ .  
א: מולקולות  $\text{NH}_3$  מגיבות כבסיס וקושרות פרוטונים.  
מולקולות  $\text{HNO}_3$  מגיבות כחומצה ומוותרות על פרוטונים (א: מוסרות פרוטונים).

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשלושה סוגים עיקריים:

1. קביעה נכונה של סוג התגובה המלווה בנימוק שאינו מתאים או בנימוק חלקי:

- "מולקולה  $\text{HNO}_3$  מוסרת H."
- "מכיוון שיש מעבר של אטום מימן חיובי" - לא מציינים מהי החומצה ומהו הבסיס.
- "התגובה היא חומצה-בסיס, כי לא חל שינוי בדרגות חמצון."

2. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

- "התגובה היא חמצון-חיזור, משום שיש שינוי בדרגת חמצון של החומר."
- "התגובה היא חמצון-חיזור ולא חומצה-בסיס, משום שאין בתגובה  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  ו-  $\text{OH}^-(\text{aq})$  ואין מעבר של  $\text{H}^+$ ."

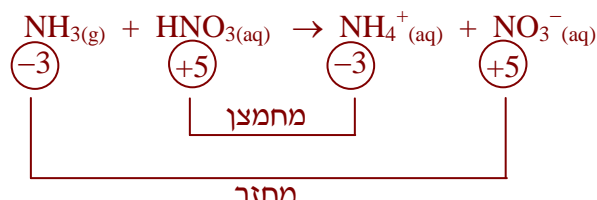
- "התגובה אינה חומצה-בסיס כי לא נוצרו מים ולא נוצר מלח."

3. חוסר הבנה כללי מהי תגובת חמצון-חיזור:

- "תגובת חמצון-חיזור, שבה  $\text{NH}_3(\text{g})$  הוא מחזור - מקבל פרוטון."

- "תגובת חמצון-חיזור, מכיוון שיש מסירת פרוטונים."

- "זוהי תגובת חמצון-חיזור, כי היה שינוי בדרגות חמצון של החנקן:"



### המלצות

מומלץ לעמוד על טיבו של כל סוג תגובה ולדון עם התלמידים בגורמים המיוחדים לכל סוג.

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלה המציגה הבדלים בין שני סוגי התגובות:

תגובת חמצון-חיזור	תגובת חומצה-בסיס	
מחזור - נלקחים ממנו אלקטרונים ודרגת חמצון שלו עולה (עובר חמצון) מחמצן - נוספים לו אלקטרונים ודרגת חמצון שלו יורדת (עובר חיזור) מעבר אלקטרונים ממחזור למחמצן	חומצה - משחררת פרוטון בסיס - קולט פרוטון	מגיבים
מעבר אלקטרונים ממחזור למחמצן	מעבר פרוטון מחומצה לבסיס	אופי התגובה
שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה	אין שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה	דרגות חמצון

כמו כן, מומלץ לתרגל עם התלמידים זיהוי של סוג התגובה ולבקש:

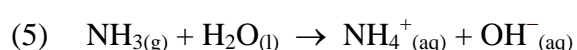
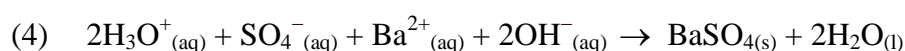
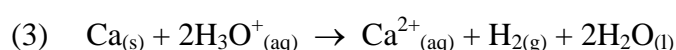
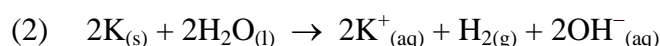
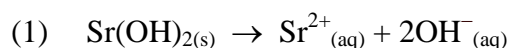
- להבחין בין תגובת חמצון-חיזור לבין תגובת חומצה-בסיס
- להבחין בין המסת חומר במים לבין תגובה של חומר עם מים
- לקבוע את התפקיד של כל אחד מהמגיבים.

דוגמאות לשאלות:

בחינת בגרות תשע"ד, שאלה 1 ז

שאלה נוספת:

נתונים חמישה ניסוחי תגובות:





א. עבור כל אחת מן התגובות הנתונות, ציין את סוג התגובה: חומצה-בסיס, חמצון-חיזור, המסה במים.

ב. עבור תגובות חומצה-בסיס ציין את החומצה ואת הבסיס.

ג. עבור תגובות חמצון-חיזור ציין את החומר המחמצן ואת החומר המחזור.

התשובה:

א. תגובה (1) המסה במים

תגובה (2) חמצון-חיזור

תגובה (3) חמצון-חיזור

תגובה (4) חומצה-בסיס

תגובה (5) חומצה-בסיס

ב. תגובה (4): חומצה - יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) בסיס - יוני  $\text{OH}^-$  (aq)

תגובה (5): חומצה -  $\text{H}_2\text{O}$  (l) בסיס -  $\text{NH}_3$  (g)

ג. תגובה (2): מחמצן - יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) מחזור -  $\text{Ca}$  (s)

ג. תגובה (3): מחמצן -  $\text{H}_2\text{O}$  (l) מחזור -  $\text{K}$  (s)

### תת-סעיף ii (הציון 45)

הסבר מדוע התרכובת  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (s) היא מוצק בטמפרטורת החדר.

**התשובה:**

התרכובת  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (s) בנויה מיוני  $\text{NH}_4^+$  ומיוני  $\text{NO}_3^-$  (אנ: זאת תרכובת יונית).  
בין היונים יש משיכה חשמלית חזקה (קשר יוני).

נדרשת אנרגיה רבה כדי להחליש את כוחות המשיכה שבין היונים.

לכן טמפרטורת ההיתוך של  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (s) גבוהה מטמפרטורת החדר,

ולכן התרכובת  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (s) היא מוצק בטמפרטורת החדר.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. אפשר למיין את הטעויות האופייניות לארבעה סוגים עיקריים:

1. תשובות חלקיות:

- "התרכובת  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (s) מוצקה בטמפרטורת החדר מכיוון שהיא חומר יוני וחומרים יונים הם מוצקים בטמפרטורת החדר."

- "NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(s) חומר יוני, מוצק יוני - יונים חיוביים של מתכת ויונים שליליים של אל-מתכת, לסירוגין ביניהם כוחות חשמליים חזקים היוצרים מבנה ענק, צפוף ומסודר, לכן הוא מוצק בטמפרטורת החדר."
- 2. זיהוי אמוניום חנקתי כחומר מולקולרי ולא כחומר יוני. כתוצאה מכך, התלמידים התקשו לאתר את הטעויות בתיאור הנתון:
  - "התרכובת NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(s) מוצקה בטמפרטורת החדר בשל ענן אלקטרוניים גדול יחסית, המחזק את קשרי ון-דר-ואלס בין המולקולות, ובנוסף - מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן בין מולקולריים - רבים וחזקים."
  - "במולקולה של NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(s) קיימים קשרי מימן בין החלקיקים, קשרים אלו נחשבים לחזקים וקשרים חזקים בין החלקיקים מאפיינים חומרים במצב מוצק."
- 3. בלבול במושגים ובהבנת ההבדל בין חומרים יוניים לחומרים מולקולריים.
  - הסבר על חומר יוני על פי אינטראקציות ון-דר-ואלס:
  - "התרכובת NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(s) היא יונית, ולכן צריך להשקיע אנרגיה בשביל לפרק את הקשרים הבין מולקולריים בין היונים החיוביים ליונים השליליים."
- 4. תלמידים רבים לא מקשרים בין טמפרטורת היתוך של תרכובת לבין מצב צבירה של תרכובת זו בטמפרטורת החדר.

## המלצות

מכיוון שהתלמידים רבים מתקשים לזהות את משפחות החומרים ולזהות את סוגי הקשרים בחומר, מומלץ להדגיש את ההבדלים בתהליכי היתוך של חומרים יוניים וחומרים מולקולריים מבחינת הקשרים הניתקים במהלך ההתכה. אפשר לבקש מהתלמידים להשלים את הטבלה הבאה:

מצב צבירה נוזל		תהליך היתוך		מצב צבירה מוצק		
מוליכות חשמלית (גבוהה או זניחה)	חלקיקים ניידים בנוזל	ניסוח תהליך היתוך	קשרים הניתקים במהלך ההתכה	סוג הסריג	חלקיקים המרכיבים את הסריג	נוסחת החומר המוצק
גבוהה	יוני K <sup>+</sup> יוני Γ	$KI_{(s)} \rightarrow K^+_{(l)} + \Gamma_{(l)}$	קשרים יוניים	יוני	יוני K <sup>+</sup> יוני Γ	KI <sub>(s)</sub>
זניחה	מולקולות C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	$C_2H_5OH_{(s)} \rightarrow C_2H_5OH_{(l)}$	קשרי מימן ואינטר-אקציות ון-דר-ואלס	מולקולרי	מולקולות C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(s)</sub>
						O <sub>2(s)</sub>
						K <sub>3</sub> PO <sub>4(s)</sub>
						Br <sub>2(s)</sub>
						CH <sub>3</sub> COOH <sub>(s)</sub>
						Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3(s)</sub>

### תת-סעיף iii (הציון 71)

הסבר מדוע התרכובת  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$  יכולה לשמש כדשן.

#### התשובה:

התרכובת  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$  מתמוססת במים ומספקת לצמחים את החנקן הדרוש להם בצורה של יוני  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$  ויוני  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ .

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני.

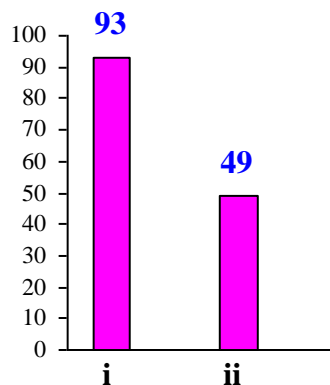
הבעיה העיקרית של תת-סעיף זה היא תשובות חלקיות, כגון:

- "הדשן טוב כי נמס במים."
- "הדשן טוב כי מכיל אטומי חנקן."

### המלצות

בתרגול מומלץ להקפיד על תשובות מלאות ולא חלקיות. בתשובה יש לציין, בנוסף לשם החומר, את הקשרים הקיימים בין החלקיקים. התייחסות קבועה להיבט המיקרוסקופי יכולה לעזור.

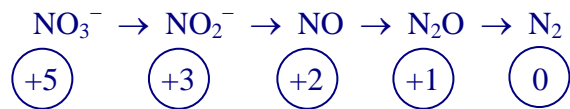
### סעיף ד' (הציון 71)



### תת-סעיף i (הציון 93)

קבע את דרגת החמצון של אטומי N בכל אחד מחמשת החלקיקים המעורבים בשלבים השונים של תהליך הדניטריפיקציה.

## התשובה:



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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון דרגות חמצון של אטומי N ביסוד חנקן, בתרכובותיו וביונים המכילים אטומים אלה. הופיעו טעויות מעטות, בעיקר עקב חוסר ידע של אחד מהכללים לקביעת דרגות חמצון: סכום דרגות חמצון במולקולה שווה לאפס, סכום דרגות חמצון ביון מורכב שווה למטען היון וסכום מטעני היונים בחומר יוני שווה לאפס.

## תת-סעיף ii (הציון 49)

כדי להפוך יוני  $\text{NO}_3^-$  (aq) ל- $\text{N}_2$ (g), לחיידקי הדניטריפיקציה נדרש חומר שהמולקולות שלו מכילות אטומי פחמן, C.

איזה מן החומרים מתאים לכך: פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_2$ (g), או מתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}$ (l)? נמק.

## התשובה:



במעבר מיוני  $\text{NO}_3^-$  (aq) ל- $\text{N}_2$ (g) דרגת החמצון של אטומי N יורדת (אן: אטומי N עוברים חיזור). לשם כך דרוש חומר מחזור.

דרגת החמצון של אטומי C ב- $\text{CH}_3\text{OH}$ (l) היא  $\textcircled{-2}$  (שהיא נמוכה מדרגת החמצון המרבית של הפחמן, שהיא  $\textcircled{+4}$ ).

אטומי C במולקולות של תרכובת זו יכולים להגיב כמחזור, ולכן התרכובת  $\text{CH}_3\text{OH}$ (l) יכולה לשמש מקור לפחמן בתהליך הדניטריפיקציה.

אן: דרגת החמצון של אטומי C ב- $\text{CO}_2$ (g) היא  $\textcircled{+4}$  זאת דרגת החמצון המרבית של הפחמן, ולכן אטומי C ב- $\text{CO}_2$ (g) יכולים להגיב רק כמחמצן.

התרכובת  $\text{CO}_2$ (g) אינה מתאימה לשמש מקור לפחמן בתהליך הדניטריפיקציה.

(ולכן התרכובת  $\text{CH}_3\text{OH}$ (l) היא המתאימה לכך.)

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הצליחו לקבוע שהתגובה המתוארת בשאלה היא תגובת חמצון-חיזור, וכדי שהיא תתרחש, במגיבים צריכים להיות חלקיקים שיעברו חמצון וחלקיקים שיעברו חיזור. התלמידים התייחסו למצבי צבירה, למסיסות במים, לתגובת חומצה-בסיס ונתנו תשובות לא רלוונטיות. ניתן לחלק את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
  - החומר המתאים הוא  $\text{CO}_2(\text{g})$ , בשל היותו גז המצוי באוויר באופן טבעי, ולכן נגיש יותר עבור החיידקים, יותר קל להם לקלוט אותו ולהשתמש בו.
  - "דרגת חמצון בחומר  $\text{CO}_2(\text{g})$  גדולה יותר, ולכן הוא יכול לקחת כמות אלקטרוניים הנדרשת ל-  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  כדי להפוך אותו ל-  $\text{N}_2(\text{g})$ , בניגוד למתאנול שבו הפחמן לא יכול לקחת מספיק אלקטרוניים בשביל למלא את התפקיד" - טעויות אלה נבעו מחוסר הבנה של תגובות חמצון-חיזור.

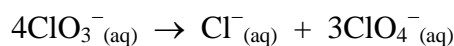
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

- "החומר המתאים הוא  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ , משום שהוא יכול ליצור קשרי מימן עם יוני  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  וכך יתחברו ויוכלו להגיב ביניהם."
- "מתאנול - יוני  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  בעלי מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן, ולכן חומר, שמכיל מוקדים בעלי יכולת ליצירת קשרי מימן, עדיף."
- מתאנול, כיוון שהוא מתמוסס במים ו-  $\text{CO}_2(\text{g})$  לא.
- מתאנול, כיוון שהוא נוזל ולא יכול לברוח מהאדמה כמו  $\text{CO}_2(\text{g})$ .
- מתאנול, כי ייתן תמיסה בסיסית ו-  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  ייתן  $\text{H}^+$  ויהפוך ל  $\text{N}_2(\text{g})$ ."

## המלצות

חלק מהתלמידים מתקשים למצוא מחזור ומחמצן כאשר מתבקשים לנסח תגובות על פי נתוני השאלה. לכן מומלץ לתת לתלמידים שאלות כגון:

1. נתונה התגובה:



ציין את תוצר החיזור ואת תוצר החמצון בתגובה הנתונה. נמק.

2. החומר  $\text{HBrO}(\text{aq})$  מגיב בתגובת חמצון-חיזור עם  $\text{Na}_2\text{S}(\text{s})$ . קבע אם  $\text{HBrO}(\text{aq})$  עובר תהליך חמצון או תהליך חיזור בתגובה? נמק.

3. תרגילים מהחוברת "שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו", שהוכנה על ידי משתתפי הסדנה לפיתוח משימות מבחן, במכון ויצמן למדע, תשס"ח, לדוגמה שאלה 14 העוסקת ביד, בתרכובותיו וביונים המכילים אטומי יוד.

החוברת נמצאת באתר המפמ"ר, בדף :

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut\\_Pedagogit/Chimya/Mivnyot/AzareyHuraa.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/Mivnyot/AzareyHuraa.htm)

וגם באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף :

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=458&ArticleID=6243>

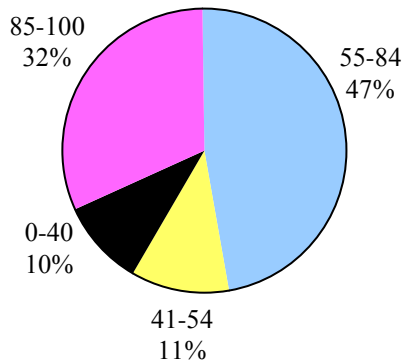
עמוד הבית ← חומרי למידה ← נושאי לימוד 70% ← חמצון-חיזור ← כללי והעשרה

## שאלה 10

### מבנה וקישור

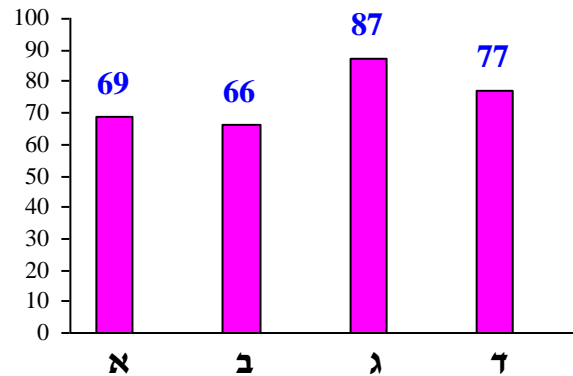
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 73% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 71

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

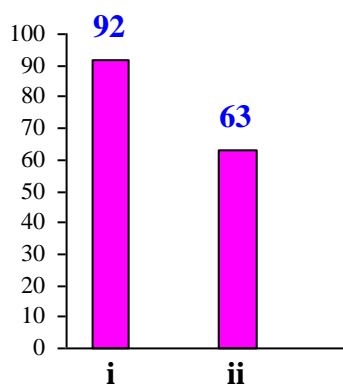
- לנסח תגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים.
- לקבוע את סוג החומר הנתון: יוני, מולקולרי, מתכתי.
- לציין את סוג החלקיקים המרכיבים את החומר הנתון.
- לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של החלקיקים הנתונים: מולקולות, אטומים, יונים.
- לקבוע את סוג הקשרים בין החלקיקים המרכיבים את החומר הנתון.
- לקרוא גרף ולנתח את הנתונים המוצגים בו.
- לקשר בין הולכה חשמלית בתמיסה מימית של חומר יוני (רמה מאקרוסקופית) לבין ריכוז היונים בתמיסה זו (רמה מיקרוסקופית).
- להסביר את עקרונות המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים שונים.
- להגדיר תמיסה כתערובת הומוגנית.
- להסביר את תנאי המוליכות החשמלית בתמיסות.

## 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	i	ד
יישום	ii	

### סעיף א' (הציון 69)

ברום נוזלי,  $Br_{2(l)}$ , הגיב עם פס מגנזיום,  $Mg_{(s)}$ . בתגובה התקבל מוצק לבן של מגנזיום ברומי,  $MgBr_{2(s)}$ .



### תת-סעיף i (הציון 92)

נסח ואזן את התגובה שהתרחשה.

**התשובה:**



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. אותרו טעויות מעטות הנובעות מחוסר הבחנה בין יסוד ליוני יסוד זה.



## תת-סעיף ii (הציון 63)

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים חלקיים על החומרים המעורבים בתגובה שניסחת בתת-סעיף א i. העתק את הטבלה למחברתך, והשלם בה את הנתונים החסרים.

סוג הקשרים בין החלקיקים	נוסחת ייצוג אלקטרונית של חלקיקי החומר	סוג החלקיקים בחומר	החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס			
			$\text{MgBr}_{2(s)}$
		יונים חיוביים ב"ים של אלקטרוניים"	

### התשובה:

סוג הקשרים בין החלקיקים	נוסחת ייצוג אלקטרונית של חלקיקי החומר	סוג החלקיקים בחומר	החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Br}}\text{:}\ddot{\text{Br}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{Br}}-\ddot{\text{Br}}\text{:} \end{array}$ א:	מולקולות	$\text{Br}_{2(l)}$
קשר יוני א: משיכה חשמלית בין היונים	$\begin{array}{c} [\text{Mg}]^{2+} \\ \text{:}\ddot{\text{Br}}\text{:}]^{-} \end{array}$	יונים חיוביים ויונים שליליים א: יוני $\text{Mg}^{2+}$ ויוני $\text{Br}^{-}$	$\text{MgBr}_{2(s)}$
קשר מתכתי א: משיכה חשמלית בין יונים חיוביים ו"ים אלקטרוניים"		יונים חיוביים ב"ים של אלקטרוניים"	$\text{Mg}_{(s)}$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. הטעויות האופייניות:

♦ לגבי  $\text{Br}_{2(l)}$ :

חוסר הבחנה בין מולקולות של יסוד ברום לבין אטומי ברום:

• סוג החלקיקים בחומר: "אטומים".

◀ לגבי  $\text{MgBr}_{2(s)}$ :

התייחסות למגנזיום ברומי כאל חומר מולקולרי, למרות קביעה נכונה של סוג החלקיקים בחומר:

• נוסחת ייצוג אלקטרונית של חלקיקי החומר:  $\text{:}\ddot{\text{Br}}-\text{Mg}-\ddot{\text{Br}}\text{:}$  - טעות נפוצה.

• סוג הקשרים בין החלקיקים: "אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות".

לגבי  $Mg(s)$  : <

קושי בקביעת סוג הקשרים בין החלקיקים, למרות קביעה נכונה של סוג החלקיקים בחומר :

- סוג הקשרים בין החלקיקים : "זהו אטום - אין לו קשרים בין מולקולות".

## המלצות

השאלה דורשת ידע והבנה בהרכב החומרים ומיומנות של מיון חומרים. מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מסוג זה, לדוגמה שאלות מבחינות הבגרות עם שינויים קלים - כדי שיתאימו לתוכנית הרפורמה.

לדוגמה, סעיפים משאלה 2 מבחינת הבגרות תשס"ד 2004 :

א. העתק למחברתך את הטבלה שלפניך, והשלם בה את הנתונים החסרים.

חומר	סוג החומר (מתכתי, יוני, מולקולרי, אטומרי)	סוג החלקיקים במוצק (אטומים, מולקולות, יונים, אלקטרונים)	סוג הקשר בין החלקיקים במוצק (מתכתי, יוני, קוולנטי, ון-דר-ואלס, קשרי מימן)	מוליכות חשמלית במצב נוזל (טובה, זניחה)	מוליכות חשמלית במצב מוצק (טובה, זניחה)
$H_2O_2$					
$BaCl_2$					
$HCl$					
$S_8$					
$Ba$					
$C_{יהלום}$					

ב. טמפרטורת הרתיחה של  $H_2O_2$  גבוהה בהרבה מזו של  $HCl$ . הסבר עובדה זו.

שאלות מתאימות נוספות : שאלה 3 בבחינת בגרות תשע"א 2011, שאלה 4 בבחינת בגרות תשע"ד 2014.

מומלץ לתרגל כתיבה של נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של אטומים, מולקולות, יונים חיוביים ושיליים, תוך הדגשת ההבדל בין חלקיק בודד לבין חומר (צבר חלקיקים); לתרגל נוסחאות ייצוג אלקטרונית של אטומים, יונים ומולקולות של יסוד במטרה להבחין ביניהם.

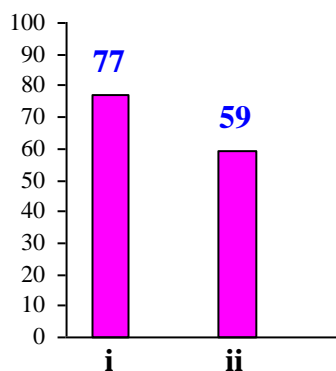
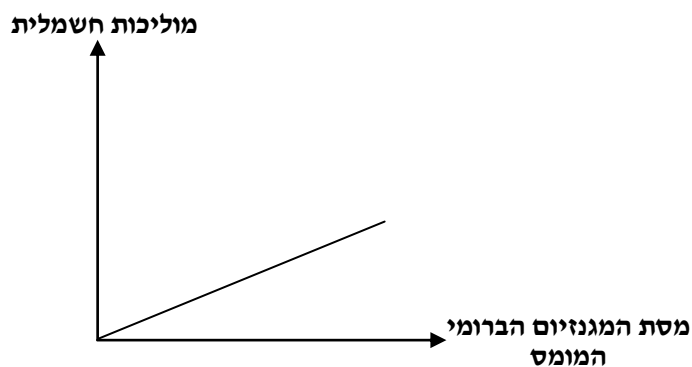
לדוגמא :

Ba(OH) <sub>2(s)</sub>	CH <sub>2</sub> O(l)	Cl <sub>2(g)</sub>	LiBr(l)	Na <sub>(s)</sub>	החומר
					סוג החלקיקים בחומר
					נוסחאות החלקיקים בחומר
					נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של החלקיקים

### סעיף ב' (הציון 66)

תלמידים ערכו ניסוי במעבדה.

- לכוס שהכילה 100 מ"ל מים הוסיפו בהדרגה את המוצק מגנזיום ברומי, MgBr<sub>2(s)</sub>. אחרי כל הוספה ערבבו היטב, עד להמסת המוצק כולו. בכל פעם הם מדדו את המוליכות החשמלית של התמיסה. נפח התמיסה במהלך הניסוי נשאר קבוע. תוצאות הניסוי מוצגות באופן סכמתי בגרף שלפניך.



## תת-סעיף i (הציון 77)

נסח את תהליך ההמסה במים של המגנזיום הברומי,  $\text{MgBr}_{2(s)}$ .

### התשובה:



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

## ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים ניסחו נכון את תהליך ההמסה של חומר יוני במים, אך חלק מהתלמידים אינם מבחינים בין יסוד ברום לבין יוני ברום, ולבין אטומי ברום. הטעויות האופייניות:

- $\text{MgBr}_{2(s)} \xrightarrow{\text{מים}} \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + \text{Br}_2^{-}_{(aq)}$
- $\text{MgBr}_{2(s)} \xrightarrow{\text{מים}} \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Br}_{(aq)}$

כמו כן היו תלמידים שטעו באיזון של ניסוח התגובה.

## המלצות

מומלץ להיעזר באנימציות של המסת חומר יוני במים, לדוגמה:

<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/molvie1.swf>

מומלץ לבקש מהתלמידים לצייר באופן סכמתי את החלקיקים בתמיסה, כפי שהם מופיעים בתמיסת נתרן כלורי, עבור תמיסות מימיות של חומרים יוניים נוספים, ולאחר מכן לרשום את הניסוחים של תהליכי ההמסה של חומרים אלה.

## תת-סעיף ii (הציון 59)

הסבר את תוצאות הניסוי המוצגות בגרף.

### התשובה:

תמיסת  $\text{MgBr}_{2(aq)}$  מוליכה חשמל כי יש בה יונים (או חלקיקים טעונים) ניידים. המוליכות החשמלית של התמיסה מושפעת מריכוז היונים בתמיסה. המוליכות החשמלית של מים היא זניחה, לכן העקומה מתחילה בראשית הצירים. ככל שהמיסו במים כמות גדולה יותר של  $\text{MgBr}_{2(s)}$ , גדל ריכוז היונים בתמיסה (א): גדלה כמות היונים בתמיסה; א): גדל מספר היונים בתמיסה) והמוליכות החשמלית עולה.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. ניתן לחלק את הטעויות האופייניות שאותרו לשלושה סוגים עיקריים:

1. חוסר הבחנה בין חומר יוני מותך לבין חומר יוני מומס במים:
  - "מגנזיום ברומי הוא חומר יוני שמוליד בנוזל ולא מוליד במוצק."
  - "חומר יוני מוליד בנוזל, כפי שמוצג בגרף: בהתחלה החומר מוצק, לכן ההולכה היא אפס, ולאחר שהוא הופך לנוזל ההולכה עולה."
2. חוסר הבחנה בין הולכה חשמלית במתכת לבין הולכה בתמיסה של חומר יוני. כנראה חלק מהתלמידים מקשרים הולכה חשמלית לתנועת אלקטרונים בלבד:
  - "בהמסת חומר יוני במים נוצרים יונים ניידים, להם אלקטרונים חופשיים, שבזכותם קיימת מוליכות חשמלית."
  - "ככל שיש יותר יונים חופשיים בים אלקטרונים כך מוליכות התמיסה עולה."הסיבה לטעויות מסוג זה היא חוסר ידע והבנה - מהם החלקיקים הקיימים בתמיסה מימית של חומר יוני.
3. חוסר ידע והבנה לגבי מעגל חשמלי:
  - "בין היונים של מגנזיום וברום נוצרים כוחות משיכה חשמלית חזקה. יונים אלה ניידים ולכן יש מוליכות חשמלית."

## המלצות

מומלץ להמחיש את ההבדל בין מלח מוצק לבין מלח מומס במים, וגם לבדוק את הולכת הזרם החשמלי במלח מוצק ובתמיסתו המימית - כל זה בעזרת ניסוי פשוט של הולכה חשמלית. חומרים וציוד:

מלחים שונים במצב מוצק, למשל:  $\text{NaCl}_{(s)}$ ,  $\text{KBr}_{(s)}$ ,  $\text{CaCl}_{2(s)}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)}$  ועוד.

ביקרים עם מים

כפיות

מעגל חשמלי: סוללה, חוטי הולכה, אלקטרודות, נורה (או מד זרם).

מהלך הניסוי:

עבור כל אחד מהמלחים:

א. בודקים הולכת זרם בגרגיר של מלח מוצק.

ב. ממיסים את המלח במים.

ג. בודקים הולכת זרם בתמיסה.

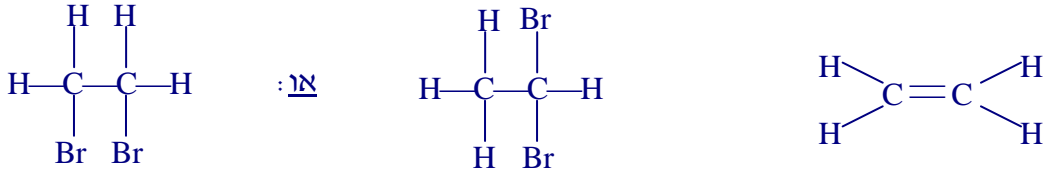
לאחר הניסוי מקיימים דיון בשילוב הדגמה של מודלים ואיורים שונים.

### סעיף ג' (הציון 87)

ברום,  $\text{Br}_{2(l)}$ , מגיב עם אתן,  $\text{C}_2\text{H}_{4(g)}$ . מתקבל הנוזל דו-ברומו אתאן,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_{2(l)}$ .  
רשום ייצוג מלא לנוסחת המבנה של כל אחת מן המולקולות  $\text{C}_2\text{H}_4$  ו- $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ .

#### התשובה:

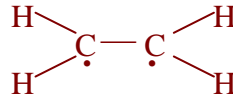
ייצוג מלא לנוסחת המבנה:



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

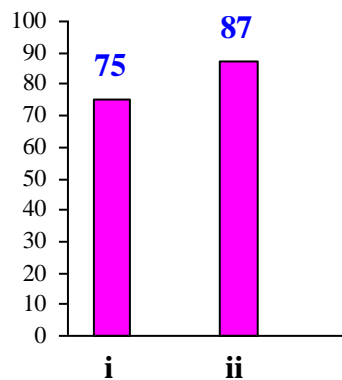
#### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. אותרו טעויות מעטות ברישום נוסחת ייצוג אלקטרונית של אתן. הסיבה לטעויות אלה היא קושי בייצוג הקשר הכפול:



### סעיף ד' (הציון 77)

בניסוי אחר הכניסו התלמידים דו-ברומו אתאן,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_{2(l)}$ , לשני כלים A ו- B.  
כלי A הכיל מים,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ .  
כלי B הכיל הקסאן,  $\text{C}_6\text{H}_{14(l)}$ .  
רק באחד משני הכלים התקבלה תערובת הומוגנית.



## תת-סעיף i (הציון 75)

קבע באיזה מן הכלים, A או B, התקבלה תערובת הומוגנית. נמק את קביעתך.

### התשובה:

בכלי B.

בכלי B נוצרת תערובת הומוגנית (אן: תמיסה), כיוון שבין המולקולות של דו-ברומו אתאן ובין המולקולות של הקסאן נוצרו אינטראקציות ון-דר-ואלס.  
אן: בכלי A נוצרת תערובת הטרוגנית, כיוון שהמולקולות של דו-ברומו אתאן אינן יכולות ליצור קשרי מימן עם מולקולות המים.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

- רוב התלמידים קבעו נכון באיזה כלי נוצרה תמיסה ובאיזה נוצרה תערובת הטרוגנית. הטעויות הופיעו בעיקר בנימוקים. הטעויות האופייניות שאותרו:
- ♦ חוסר הבחנה בין תערובת הומוגנית לתערובת הטרוגנית:
  - "תערובת הומוגנית היא תערובת שבה ניתן להבחין בין החומרים שמרכיבים אותה בצורה ויזואלית."
  - ♦ כתיבת סיסמאות במקום נימוק:
  - "דומה מתמוסס בדומה."

## תת-סעיף ii (הציון 87)

קבע אם התערובת ההומוגנית שהתקבלה מוליכה חשמל.

### התשובה:

התערובת ההומוגנית (אן: התמיסה) אינה מוליכה חשמל.

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

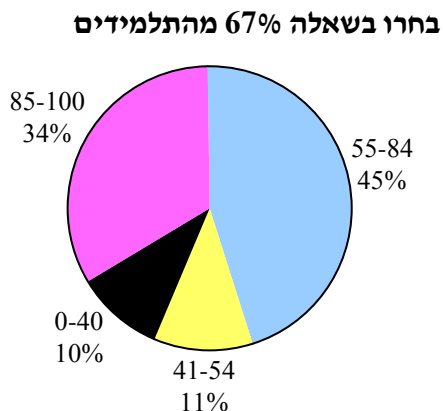
### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. אותרו טעויות מעטות הנובעות מחוסר ידע והבנה של תנאי המוליכות החשמלית בתמיסות.

# שאלה 11

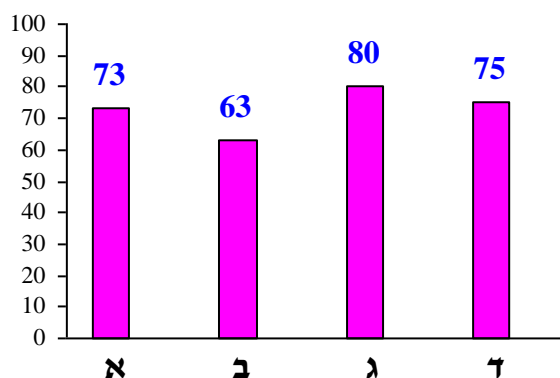
## כימיה של מזון

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 72

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⏪ לרשום נוסחאות שונות לחומצות שומן: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה.
- ⏪ להשוות בין טמפרטורות היתוך של חומצות שומן על פי הגורמים המשפיעים על טמפרטורת ההיתוך: המספר הכולל של האלקטרונים במולקולות החומצות (ענן האלקטרונים, אורך השרשרת), חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של חומצות שומן, אנרגיה הנדרשת להחלשת הכוחות שבין המולקולות של חומצות שומן.
- ⏪ לרשום ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של טריגליצריד, כשנתונות נוסחאות של חומצות שומן שמהן הוא מתקבל.
- ⏪ להשוות בין חוזק האינטראקציות בין המולקולות של הטריליגליצרידים שונים על פי סוגי חומצות השומן שמהן התקבלו טריגליצרידים אלה: גודל של ענני אלקטרונים של מולקולות החומצות, חומצות רוויות ולא רוויות, איזומרים ציס וטרנס של חומצות לא רוויות וכתוצאה מכך - צורת השרשרת הפחמימנית של מולקולות החומצות.
- ⏪ לציין את הגורמים המשפיעים על אורך הקשרים: C-H ו-C-C: רדיוסים של האטומים היוצרים את הקשר וקוטביות הקשר.
- ⏪ לקבוע איזה קשר חזק יותר: C-C או C=C, ולציין את הגורם המשפיע במקרה זה - סדר הקשר.
- ⏪ לבצע חישובים סטויכיומטריים: לחשב כמות שמן דקל שתספק את הצריכה היומית של ויטמין E המומלצת לנוער, כשנתונים הצריכה היומית של ויטמין E המומלצת לנוער ומספר המולים של ויטמין E בליטר אחד של שמן דקל.



## רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

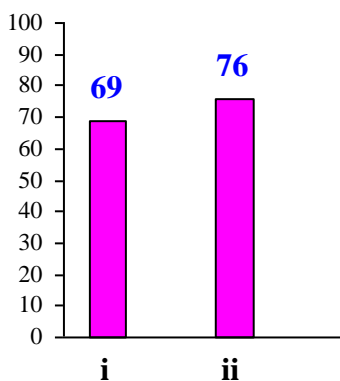
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
אנליזה	ii	
יישום	i	ב
יישום	ii	
הבנה	i	ג
יישום	ii	
יישום		ד

### פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בשמן דקל, המופק מפרות של עצי דקל (palm tree) שגדלים באזורים טרופיים. שמן דקל משמש בין השאר בייצור מזון ומוצרי קוסמטיקה. בטבלה שלפניך מוצגות חומצות השומן העיקריות המרכיבות טריגליצרידים המצויים בשמן דקל.

אחוז	ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה	סמל	חומצות השומן
44%	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	P	חומצה פלמיטית
37%	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3(\text{CH}_2)_7 \quad \quad \quad (\text{CH}_2)_7\text{COOH} \\  \quad \quad \quad \diagdown \quad \quad \quad / \\  \quad \quad \quad \text{C} = \text{C} \\  \quad \quad \quad / \quad \quad \quad \diagdown \\  \text{H} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{H}  \end{array}  $	O	חומצה אולאית

### סעיף א' (הציון 73)



## תת-סעיף i (הציון 69)

כתוב רישום מקוצר של חומצה פלמיטית ושל חומצה אולאית.

### התשובה:

C16:0 - חומצה פלמיטית

C18:1 $\omega$ 9,cis - חומצה אולאית

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב הטעויות נבעו מספירה שגויה של אטומי הפחמן ומאי ציון של סוג איזומר גיאומטרי - ציס או טרנס.

### המלצות

מומלץ לתרגל מעבר בין נוסחאות שונות: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה. מומלץ להדגיש לתלמידים שבמספור אטומי פחמן במולקולה של חומצת שומן יש לכלול גם את אטום הפחמן שבקבוצה הקרבוקסילית. מומלץ להיעזר בטבלה המופיעה בניתוח שאלה 8, בחוברת של ניתוח בגרות תשע"ה, שאלון 37303: <http://chemcenter.weizmann.ac.il/Uploads/dbsAttachedFiles/nituach3-15.pdf> ניתן להשתמש בטבלה זו כאשר חלק מהמידע לא כתוב ולבקש מהתלמידים להשלים את החסר.

## תת-סעיף ii (הציון 76)

בשמן דקל יש אחוז קטן של חומצה מיריסטית: C14:0. טמפרטורת ההיתוך של חומצה מיריסטית היא 54°C. קבע אם טמפרטורת ההיתוך של חומצה פלמיטית גבוהה מ-54°C או נמוכה ממנה. נמק.

### התשובה:

גבוהה מ-54°C.

המספר הכולל של האלקטרונים במולקולות של חומצה פלמיטית גדול מהמספר הכולל של האלקטרונים במולקולות של חומצה מיריסטית (א: ענן האלקטרונים; א: מספר אטומי הפחמן בשרשרת; א: אורך השרשרת). לכן יש סיכוי גדול יותר להיווצרות דו-קוטב זמני בכל מולקולה, ולכן אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של חומצה פלמיטית חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס שבין המולקולות של חומצה מיריסטית.

נדרשת יותר אנרגיה להחלשת הקשרים שבין המולקולות של חומצה פלמיטית, ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה פלמיטית גבוהה מ- $54^{\circ}\text{C}$ , שהיא טמפרטורת ההיתוך של חומצה מיריסטית. **לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.**

### **ניתוח טעויות אופייניות**

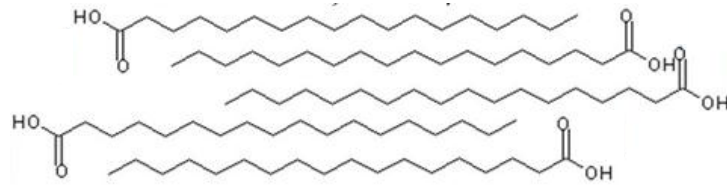
- הציון בינוני. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה לשני סוגים עיקריים:
1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
    - ♦ חוסר הבנה כיצד משפיע גודל של ענני האלקטרונים במולקולות החומר על טמפרטורת ההיתוך שלו:
      - "טמפרטורת ההיתוך של חומצה פלמיטית נמוכה יותר, כי מולקולות שלה גדולות יותר, ולכן קשה להן להיארג בצפיפות."
      - ♦ חוסר הבנה מהו הסימון של חומצה רוויה ומהו הסימון של חומצה לא רוויה:
        - "טמפרטורת ההיתוך של חומצה פלמיטית נמוכה כי היא לא רוויה."
    - 2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
      - ♦ התייחסות לפירוק מולקולות במקום החלשת קשרים בין מולקולות בתהליך ההיתוך. אי ציון של סוג החלקיקים, חוסר הבחנה בין חומר למולקולה:
        - "לחומצה יש 16 פחמנים לעומת 14 פחמנים בחומצה המיריסטית. זה הופך את החומצה לארוכה יותר, גדולה יותר וכך קשה יותר לפרק אותה. מכאן טמפרטורת ההיתוך גבוהה יותר."
        - ♦ חוסר הבחנה בין מבנה המולקולות של חומצת שומן רוויה למבנה המולקולות של חומצה בלתי רוויה במצב טראנס. חוסר הבנה מהי איזומריה גיאומטרית:
          - "טמפרטורת ההיתוך של חומצה פלמיטית תהיה גבוהה יותר, מכיוון ששתי חומצות השומן רוויות במצב טראנס."

### **המלצות**

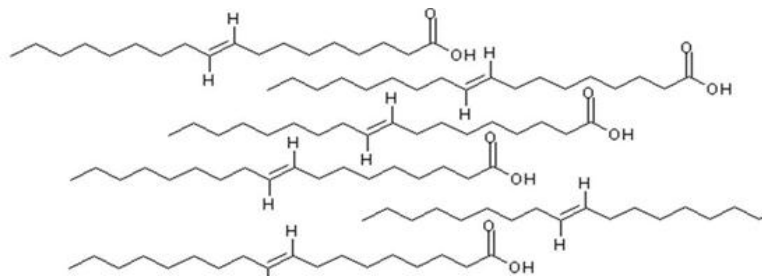
מומלץ לתת לתלמידים לעבוד עם מודלים - לבקש לבנות מודלים של חומצות שומן רוויות ובלתי רוויות, איזומרים ציס וטרנס. כך יוכלו התלמידים להבין טוב יותר את ההבדלים בין חומצות השומן השונות. חשוב מאוד שבדוגמאות של המורה יוצגו מספר חומצות שומן כדי שתלמידים יוכלו להבין את המשמעות של האריזה של מולקולות. אנו מביאים דוגמאות לאריזה של מולקולות חומצות שומן שהכינה ד"ר מלכה יאיון.

## דוגמאות לאריזה של מולקולות חומצות שומן

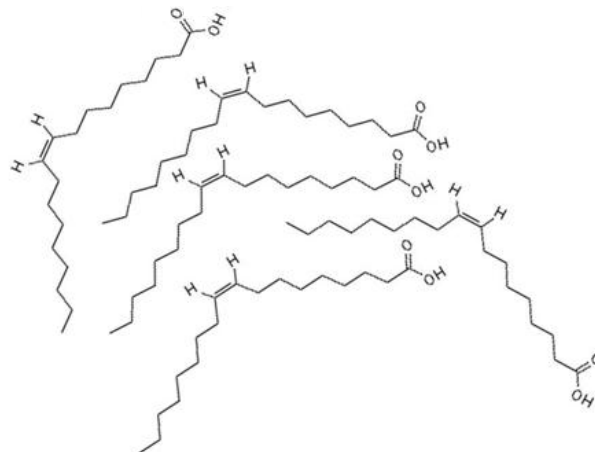
אריזה מאוד צפופה בחומצת השומן הרוויה, המבנה הכי סדיר



אריזה צפופה בחומצת השומן הלא רוויה טרנס

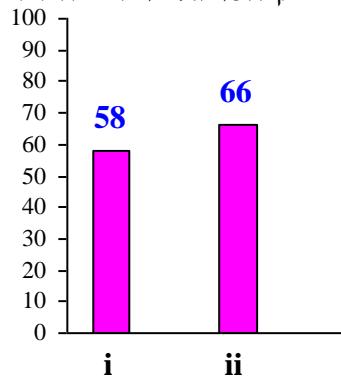


אריזה פחות צפופה בחומצת השומן הלא רוויה ציס



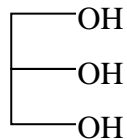
## סעיף ב' (הציון 63)

הטריגליצרידים PPP ו-OOO הם שניים מן הטריגליצרידים המצויים בשמן דקל.



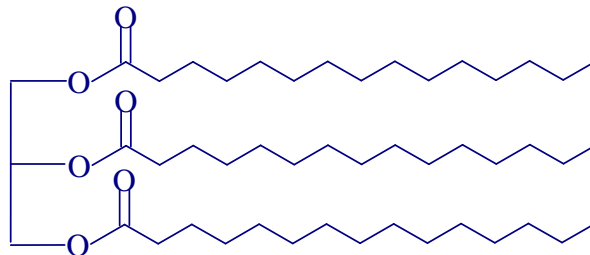
## תת-סעיף i (הציון 58)

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת גליצרול.



רשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של הטריגליצריד PPP.

## התשובה:

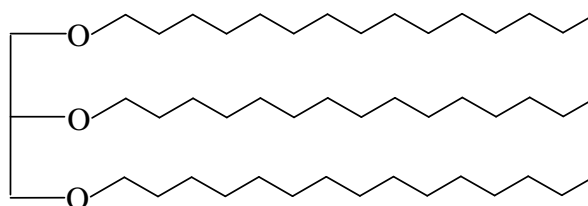


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

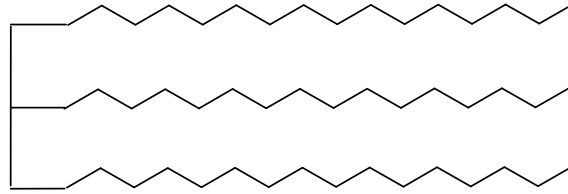
## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לרשום נכון את ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של הטריגליצריד הנתון. הסיבה לרוב הטעויות היא חוסר ידע והבנה כיצד נוצרות קבוצות אסטר. הטעויות האופייניות הן:

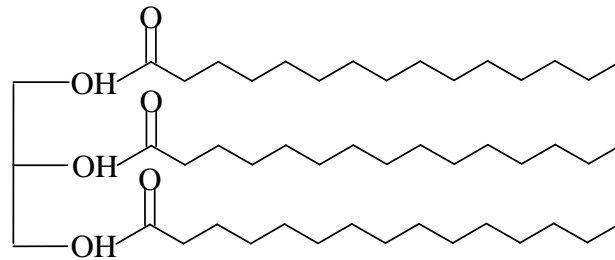
♦ רישום נוסחאות ללא קבוצות אסטר:



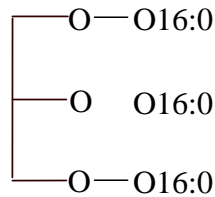
♦ רישום נוסחאות ללא אטומי חמצן :



♦ רישום נוסחאות עם אטומי מימן בתוך קבוצות אסטר :



♦ רישום נוסחאות "המשלבות" ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה ורישום מקוצר :



♦ רישום ייצוג מלא לנוסחת מבנה במקום ייצוג מקוצר.

♦ שילוב של ייצוג מלא לנוסחת מבנה (החלק של גליצרול) וייצוג מקוצר לנוסחת מבנה (שרשרת פחמימנית).

## המלצות

מומלץ לתת לתלמידים לעבוד עם מודלים - לבקש לבנות מודלים של טריגליצרידים שונים כדי להמחיש את יצירת הקשרים האסטרניים מקבוצות כוהל של הגליצרול ומקבוצות קרבוקסיליות של חומצות השומן. לאחר מכן לבקש מהתלמידים לרשום נוסחאות של טריגליצרידים : ייצוג מקוצר לנוסחות מבנה וייצוג מלא לנוסחות מבנה. כמו כן מומלץ לחזור על קבוצות פונקציונליות במולקולות שונות. מומלץ לתרגל גם יצירת טריגליצריד וגם פירוקו : מולקולת טריגליצריד מתפרקת לשלוש מולקולות של חומצות שומן ומולקולת גליצרול.

## תת-סעיף ii (הציון 66)

האינטראקציות שבין המולקולות של הטריגליצריד PPP חזקות מן האינטראקציות שבין המולקולות של הטריגליצריד OOO. הסבר מדוע.

### התשובה:

במולקולה של חומצה פלמיטית יש רק קשרי C – C יחידים (א): חומצה פלמיטית היא חומצת שומן רוויה). שרשרת אטומי הפחמן במולקולה של חומצה פלמיטית "ישרה" (א): אין בה כיפוף). לפי כך, המולקולות של הטריגליצריד PPP יכולות להתארגן באריזה צפופה. במולקולה של חומצה אולאית יש קשר כפול (במבנה ציס), הגורם לכיפוף במולקולה (א): בשרשרת אטומי הפחמן). כיפוף זה מקשה על המולקולות של הטריגליצריד OOO להיארגן בצפיפות. האריזה של מולקולות הטריגליצריד PPP יותר צפופה מהאריזה של מולקולות הטריגליצריד OOO, ולכן אינטראקציות ון-דר-וואלס בין המולקולות של הטריגליצריד PPP חזקות יותר.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר מדוע האינטראקציות בין המולקולות של הטריגליצריד PPP חזקות יותר. הטעויות האופייניות שאותרו:
- ♦ חוסר התייחסות לכיפוף המולקולות המקשה על המולקולות של הטריגליצריד OOO להיארגן בצפיפות:
  - "כי ל- Cis יש פחות אינטראקציות ון-דר-וואלס. הוא יוצר צורה עם פחות אינטראקציות."
  - ♦ הסברים חלקיים תוך חזרה על הקביעה הנתונה בשאלה:
  - "OOO מורכב מחומצות שומן לא רוויות לכן יש להן יכולת קישור נמוכה מאשר ברוויות. PPP מקיים אינטראקציה חזקות יותר, כי לרוויות קשר חזק בין המולקולות."
  - ♦ ציון ההבדל בין שטח פנים של מולקולות, אך ללא הסבר מהי המשמעות של שטח פנים של מולקולה, וההבדל בין מונח זה לבין יכולת ההתקרבות של המולקולות זו לזו הנובעת הן משוני משמעותי בשטח הפנים והן מצורת המולקולות:
  - "האינטראקציות בין מולקולות PPP חזקות יותר משל OOO מכיוון ששטח הפנים שלהן גדול יותר, ולכן יש עוצמת כוחות ון-דר-וואלס גדולה יותר. ויש קשרים כפולים שמחזקים את האינטראקציות."
  - ♦ טענה שבין המולקולות של טריגליצריד יש קשרי מימן. הסיבה לכך היא חוסר ידע והבנה מהם התנאים להיווצרות קשרי מימן בין מולקולות החומר:
  - "בטריגליצריד PPP יש יותר קשרי מימן. ככל שיש יותר קשרי מימן האינטראקציות חזקות יותר."

♦ התייחסות ל"חוזק של מולקולה" במקום לחוזק הכוחות הבין מולקולריים:

• "ככל שאינטראקציות חזקות יותר מולקולה חזקה יותר."

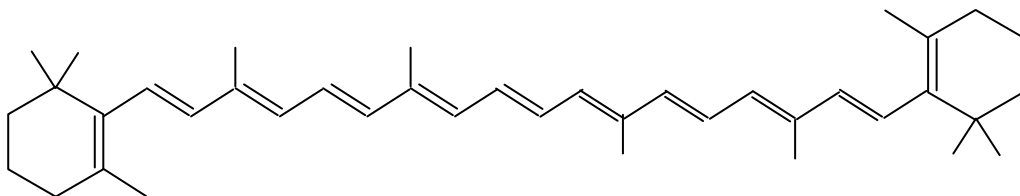
### המלצות

לפני הוראת הנושא מומלץ לחזור עם התלמידים על נושא "מבנה וקישור": מבנה מולקולות, קוטביות מולקולות, צורות של מולקולות, כוחות בין מולקולריים, אריזה של מולקולות ועוד. בכל שלב של הוראת הנושא מומלץ להשתמש במודלים לבניית מולקולות. בעבודה על שאלות מסוג זה מומלץ לעבוד על כתיבת תשובות הכוללות קביעה ולאחר מכן נימוק מלא, הכולל את כל הגורמים המשפיעים.

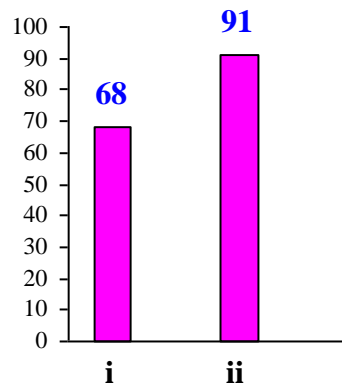
### סעיף ג' (הציון 80)

שמן דקל עשיר בֶּטָא-קרוטן.

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת בטא-קרוטן.



במולקולה של בטא-קרוטן יש קשרי C-H, קשרי C-C, וקשרי C=C.



### תת-סעיף i (הציון 68)

הקשר C-H קצר מהקשר C-C. ציין את הגורמים המשפיעים על כך.

### התשובה:

הגורמים המשפיעים:

- הרדיוס של האטומים היוצרים את הקשר.

- קוטביות הקשר.



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הטעויות האופייניות שנתגלו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר ידע והבנה מהם הגורמים המשפיעים על אורך הקשר הקוולנטי. צוינו גורמים לא רלוונטיים:

- ♦ אלקטרושליליות המיוחסת לקשר. הדבר נובע מחוסר הבנה של המושג אלקטרושליליות:
  - "הקשר C-H יותר אלקטרושלילי."
- ♦ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים:
  - "C-H הוא קשר ון-דר-ואלס וקשר C-C הוא קשר קוולנטי."
- ♦ חוסר הבנה מהי המשמעות של ענן אלקטרוני, המתייחס לגודל המולקולה ולא לקשר קוולנטי שבתוך המולקולה:
  - "הקשר C-H קצר יותר בגלל ענן אלקטרוני - בקשר זה 7 אלקטרוני ובקשר C-C יש 12 אלקטרוני, ולכן המרחק בין האטומים יהיה יותר גדול."

### המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד הרדיוס של האטומים היוצרים את הקשר וקוטביות הקשר משפיעים על אורך הקשר הקוולנטי - על פי נספח 2 הנמצא באתר המפמ"ר:

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut\\_Pedagogit/Chimya/Thochni\\_yotLimudimChadasha/Meyda3Yachal.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/Thochni_yotLimudimChadasha/Meyda3Yachal.htm)

הסבר זה לא יידרש בבחינת הבגרות, אך נדרש להבנה - מהם הגורמים המשפיעים וכיצד הגורמים משפיעים על אורך הקשר הקוולנטי. ההסבר יעזור לתלמידים לקבוע מה הם הגורמים על פי הבנה ולא על פי שינון.

### תת-סעיף ii (הציון 91)

קבע איזה קשר חזק יותר: C-C או C=C. ציין את הגורם המשפיע.

### התשובה:

קשר C=C חזק מקשר C-C. הגורם המשפיע: סדר הקשר.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים קבעו נכון שקשר  $C=C$  חזק מקשר  $C-C$ , וציינו את הגורם המשפיע: סדר הקשר. תלמידים מעטים טעו בגורם המשפיע וציינו "ענן אלקטרוניים", "משיכה בין גרעינים" או לא ציינו את הגורם.

## המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד סדר קשר משפיע על אנרגיית הקשר הקוולנטי - על פי נספח "הגורמים המשפיעים על אורך הקשר הקוולנטי" הנמצא באתר המפמ"ר. הסבר זה יתרום להבנת הנושא ויעזור לתלמידים לענות לשאלות מסוג זה.

## סעיף ד' (הציון 75)

שמן דקל מכיל גם ויטמין E.  
הצריכה היומית של ויטמין E המומלצת לנוער היא 15 מ"ג (0.015 גרם).  
בליטר אחד של שמן דקל במצב נוזל יש 0.00267 מול של ויטמין E.  
המסה המולרית של ויטמין E היא  $431 \frac{\text{גרם}}{\text{מול}}$ .  
קבע אם 1 מ"ל שמן דקל יכול לספק את הצריכה היומית של ויטמין E המומלצת לנוער.  
פרט את חישוביך.

## התשובה:

1 מ"ל של שמן דקל אינו מספק את הצריכה היומית המומלצת.

המסה של ויטמין E ב-1 ליטר שמן:  $2.67 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 431 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 1.15 \text{ gr}$

המסה של ויטמין E ב-1 מ"ל שמן:  $\frac{1.15 \text{ gr} \times 1 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} = 1.15 \cdot 10^{-3} \text{ gr} = 1.15 \text{ mg}$

א:

מספר המולים של ויטמין E ב-1 מ"ל שמן דקל:  $\frac{0.00267 \text{ mol} \times 1 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} = 2.67 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$

המסה של ויטמין E ב-1 מ"ל שמן דקל:  $2.67 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \times 431 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 1.15 \cdot 10^{-3} \text{ gr} = 1.15 \text{ mg}$

א:

מספר המולים של ויטמין E המומלצים:  $\frac{0.015 \text{ gr}}{431 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 3.48 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

מספר המולים של ויטמין E ב-1 מ"ל שמן דקל:  $\frac{0.00267 \text{ mol} \times 1 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} = 2.67 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$

1 מ"ל של שמן דקל אינו מספק את הצריכה היומית של ויטמין E המומלצת לנוער, כי המסה של ויטמין E ב-1 מ"ל שמן דקל קטנה מהצריכה היומית המומלצת לנוער.

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

### **ניתוח טעויות אופייניות**

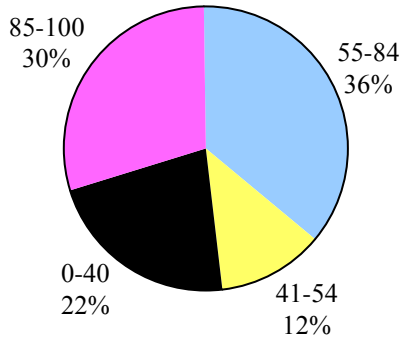
רוב התלמידים חישבו נכון את כמות שמן דקל שתספק את הצריכה היומית של ויטמין E המומלצת לנוער, על פי הנתונים של הצריכה היומית של ויטמין E המומלצת לנוער ומספר המולים של ויטמין E בליטר אחד של שמן דקל. הטעויות הופיעו בחישובים: טעויות ביחידות ובלבול במספר אפסים אחרי הנקודה העשרונית.

## שאלה 12

### מבנה וקישור וחמצון-חיזור

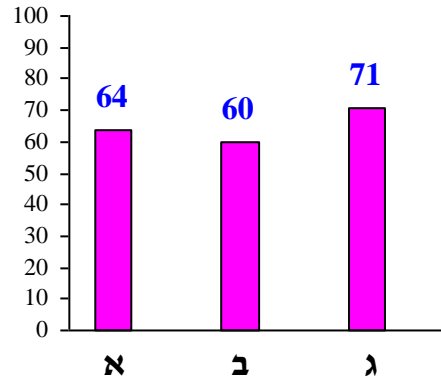
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 46% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 65

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לתאר תמיסה מימית של חומר יוני ברמה מיקרוסקופית.
- להבחין בין תיאור ברמה מאקרוסקופית לבין תיאור ברמה מיקרוסקופית.
- לנסח תגובת חמצון-חיזור בין מתכת לבין יוני מתכת אחרת.
- לתאר תצפיות - שינויים הנראים לעין במהלך הניסוי.
- לקבוע את כיוון מעבר האלקטרונים בתגובת חמצון-חיזור.
- לדרג מתכות לפי כושרן לחזור על פי תוצאות הניסוי.

#### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

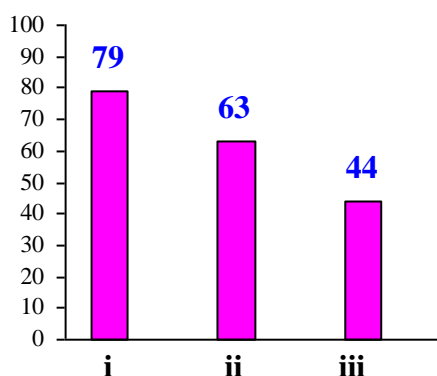
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום	i	א
יישום	ii	
אנליזה	iii	
הבנה	i	ב
יישום	ii	
הבנה	iii	
אנליזה	i	ג
יישום	ii	

## פתיח לשאלה

תלמידים ערכו במעבדה ניסויים עם תמיסה מימית של נחושת כלורית,  $\text{CuCl}_2(\text{aq})$ .  
יוני הנחושת,  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ , בתמיסה מקנים לה גוון כחול.

## סעיף א' (הציון 64)

התלמידים התבקשו לתאר ברמה מיקרוסקופית את התמיסה המימית של נחושת כלורית.  
לפניך התיאור שכתב אחד התלמידים.  
"התמיסה המימית של נחושת כלורית היא נוזל בצבע כחול. בתמיסה זו יש יונים חיוביים של נחושת,  
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ , ויונים שליליים של כלור,  $\text{Cl}_2^-(\text{aq})$ . היונים מוקפים במולקולות של מים. היונים החיוביים  
יוצרים קשרי מימן עם מולקולות המים. קשרי מימן נוצרים גם בין מולקולות המים לבין עצמן."



## תת-סעיף i (הציון 79)

בתיאור כתב התלמיד פרט אחד, שאינו מתאים לתיאור של תמיסה ברמה מיקרוסקופית.  
ציין פרט זה, והסבר מדוע הוא אינו מתאים.

### התשובה:

"התמיסה המימית של נחושת כלורית היא נוזל בצבע כחול."  
זהו פרט שמתאים לתיאור מאקרוסקופי של התמיסה (א): פרט זה נקלט באמצעות חוש הראיה;  
א: בפרט זה אין התייחסות לחלקיקים).

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

## ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים ציינו נכון את הפרט שאינו מתאים לתיאור מיקרוסקופי.  
הטעויות העיקריות שאותרו נובעות מאי הבחנה בין תיאור ברמה מאקרוסקופית לתיאור ברמה  
מיקרוסקופית. חלק מהתלמידים ציינו תיאורים ברמה מיקרוסקופית כטעויות:

- "קשרי מימן נוצרים בין מולקולות המים לבין עצמן."
- "היונים מוקפים במולקולות של מים."

היו תלמידים שכנראה לא הבינו את השאלה, ולכן ציינו תיאורים שגויים כתיאורים שאינם מתאימים לרמה מיקרוסקופית:

- "היונים החיוביים יוצרים קשרי מימן עם המים."

## תת-סעיף ii (הציון 63)

ציון שתי טעויות בתיאור המיקרוסקופי שכתב התלמיד, והסבר מדוע כל אחת מהן היא טעות.

### התשובה:

- הנוסחה של יוני כלור אינה נכונה.
- יוני כלור הם יונים חד אטומיים. במקום  $\text{Cl}_2^-$  (aq) צריך לרשום  $\text{Cl}^-$  (aq).
- "היונים החיוביים יוצרים קשרי מימן עם מולקולות המים."
- בין היונים החיוביים לבין הקטבים השליליים של מולקולות המים פועלים כוחות משיכה חשמליים ולא קשרי מימן (או): היונים החיוביים נמשכים אל הקטבים השליליים של מולקולות המים).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. רוב התלמידים ציינו נכון את הטעות הראשונה - שהנוסחה של יוני כלור אינה נכונה, אבל טעו באיתור הטעות השנייה. הסיבה העיקרית לטעויות היא חוסר הבחנה בין רמה מאקרוסקופית לרמה מיקרוסקופית.

ניתן לחלק את הטעויות האופייניות בתת-סעיף זה לשני סוגים עיקריים:

1. טעויות בציון הטעות השנייה:
  - "קשרי מימן נוצרים גם בין מולקולות המים לבין עצמן. זוהי טעות, כי מים הם הממס."
  - "קשרי מימן נוצרים גם בין מולקולות המים לבין עצמן. זאת טעות, כי קשרי מימן לא נוצרו אלא כבר היו."
  - "היונים מוקפים במולקולות מים. זה תיאור מאקרוסקופי ולכן אינו נכון."
2. ציון נכון של הטעות השנייה המלווה בהסבר שגוי:
  - "אין קשרי מימן כי אין מימן חשוף מאלקטרונים."
  - "אין קשרי מימן כי אין אחד מיסודות N O F."
  - "היונים החיוביים מושכים את היונים השליליים של המים."

### תת-סעיף iii (הציון 44)

כתוב פרט אחד שהיה צריך לכתוב בתיאור המיקרוסקופי של תמיסת  $\text{CuCl}_2(\text{aq})$ , והתלמיד לא כתב.

#### התשובה:

אחד מהפרטים:

- היונים השליליים נמשכים אל הקטבים החיוביים של מולקולות המים.
- קשרי המימן נוצרים בין אטום מימן חשוף מאלקטרוניים במולקולה אחת של מים לזוג אלקטרוניים בלתי קושר על אטום חמצן במולקולת מים סמוכה.
- החלקיקים אינם מסודרים.
- אופני התנועה של החלקיקים שבתמיסה (יונים ומולקולות המים): תנודה וסיבוב.

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

#### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים לא הצליחו לכתוב תיאור נוסף ברמה מיקרוסקופית. הטעויות האופייניות נחלקות לשני סוגים עיקריים:

1. חוסר הבחנה בין תיאור מאקרוסקופי לתיאור מיקרוסקופי:
    - "התמיסה מוליכה חשמל."
  2. טעויות בתיאור מיקרוסקופי של הכוחות הפועלים בין החלקיקים שבתמיסה:
    - "בין היונים החיוביים ליונים השליליים פועלים כוחות משיכה חזקים."
- היו תלמידים שדילגו על תת-סעיף זה.

#### המלצות לסעיף א'

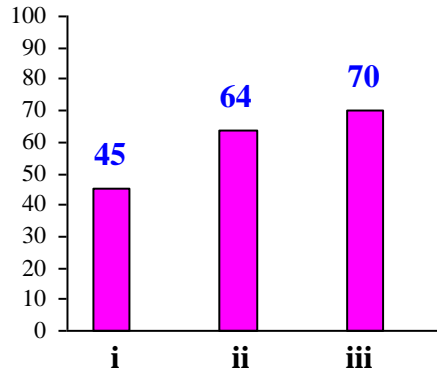
מומלץ לאחר כל ניסוי לבקש מהתלמידים לתאר את המגיבים ואת התוצרים ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית - על פי ההנחיות בנספח לסילבוס "דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות (מאקרוסקופית, מיקרוסקופית וסמל)", הנמצא באתר המפמ"ר:

[http://meyda.education.gov.il/files/Mazkirut\\_Pedagogit/chimya/ramot2015.pdf](http://meyda.education.gov.il/files/Mazkirut_Pedagogit/chimya/ramot2015.pdf)

שאלות לתרגול מבחינות בגרות, שאלון 37303: תשע"ה שאלה 6; תשע"ד שאלות 3, 4; תשע"ג שאלה 5; תשע"ב שאלות 3, 4; תשע"א שאלות 2, 4; תש"ע שאלה 3; תשס"ט שאלה 3. שאלות אלה עוסקות בחומרים מסוגים שונים, במצבי צבירה שונים ובתמיסות.

## סעיף ב' (הציון 60)

באחד הניסויים טבלו התלמידים לוחית אלומיניום,  $\text{Al}_{(s)}$ , בתמיסת  $\text{CuCl}_{2(aq)}$ .  
התרחשה תגובת חמצון-חיזור בין  $\text{Al}_{(s)}$  ובין יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ .



## תת-סעיף i (הציון 45)

נסח ואזן את התגובה שהתרחשה.

### התשובה:



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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הצליחו לנסח תגובת חמצון-חיזור בין מתכת לבין יוני מתכת אחרת. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ רישום ניסוח לא מאוזן.
- ♦ קביעה שגויה של מטען יוני האלומיניום המתקבלים:
  - $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{Al}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}_{(s)} + \text{Al}^{2+}_{(aq)}$
  - ♦ רישום ניסוח "מולקולרי":
    - $3\text{CuCl}_{2(aq)} + 2\text{Al}_{(s)} \rightarrow 3\text{Cu}_{(s)} + 2\text{AlCl}_{3(aq)}$
    - ♦ רישום תוצרים שגויים, מעין "סגסוגת" של אלומיניום ונחושת ויונים המכילים אלומיניום ונחושת:
      - $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{Al}_{(s)} \rightarrow \text{AlCu}_{(s)}$
      - $\text{CuCl}_{2(aq)} + \text{Al}_{(s)} \rightarrow 2\text{Cl}^{-}_{(aq)} + \text{CuAl}^{3+}_{(aq)}$



## המלצות

מומלץ לתרגל ניסוח ואיזון של תגובות חמצון-חיזור בין מתכות ויוני מתכות, גם כאשר המטענים לא "מסתדרים" בקלות.

מומלץ לתרגל תוך ביצוע ניסויים כאלה בפועל - טבילת מתכות שונות בתמיסות המכילות יוני מתכות שונות ובכל פעם שמתרחשת תגובה לנסח אותה. מומלץ לעבוד בניסויים אלו על רמת המיקרו, רמת המאקרו ורמת הסמל.

מומלץ לבצע עם התלמידים פעילות מתוקשבת "מתכות ויוני מתכות", אתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=513&ArticleID=4809>

עמוד הבית ← חומרי למידה ← פעילויות מתוקשבות ← חמצון-חיזור

## תת-סעיף ii (הציון 64)

ציון שני שינויים הנראים לעין במהלך הניסוי (שתי תצפיות).

### התשובה:

שניים מבין השינויים:

- לוחית האלומיניום מתפוררת
- שוקע מוצק (בצבע חום אדמדם)
- הצבע הכחול של התמיסה נעלם (א): הצבע נעשה בהיר יותר; א: הצבע של התמיסה משתנה; א: התמיסה הופכת לחסרת צבע).

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים לתאר את התצפיות. הטעויות העיקריות שאותרו נובעות מחוסר הבחנה בין תצפיות לפרשנות:

- "האלומיניום הגיב."
  - "התרחשה תגובה בין לוחית האלומיניום לבין יוני הנחושת."
  - "נעלמו יוני הנחושת ונוצרה המתכת נחושת."
- טעויות נוספות:
- אי דיוק במונחים:
- "מתכת הופכת לנוזל ונוזל הופך למתכת."
- קביעות כלליות:
- "התרחשה תגובה. השינויים המעידים על התרחשות תגובה הם בועות."

## המלצות

מומלץ לבצע ניסויים, הדומים לניסוי המתואר בשאלה, ולתרגל מיומנויות החקר הנדרשות: רישום תצפיות והבחנה בין תצפית לפירוש.

## תת-סעיף iii (הציון 70)

קבע אם הכיוון של מעבר האלקטרונים בתגובה הוא מאטומי אלומיניום ליוני הנחושת או מיוני הנחושת לאטומי אלומיניום.

## התשובה:

כיוון מעבר האלקטרונים הוא מאטומי אלומיניום ליוני הנחושת.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. הטעויות האופייניות שאותרו:

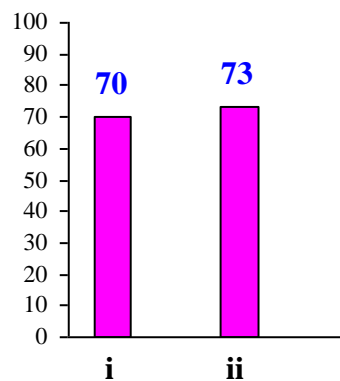
קביעה שגויה: "מיוני הנחושת לאטומי אלומיניום".

מינוח שגוי: "מהאלומיניום לנחושת" - ללא התייחסות לאטומים וליונים.

## המלצות

תרגול של תיאור מילולי למתרחש, בנוסף לניסוח התגובות.

## סעיף ג' (הציון 71)



## תת-סעיף i (הציון 70)

התלמידים טבלו לוחית של כסף,  $\text{Ag}_{(s)}$ , בתמיסת  $\text{CuCl}_{2(aq)}$ . לא נצפו שינויים המעידים על התרחשות תגובה. סדר את המתכות,  $\text{Cu}_{(s)}$ ,  $\text{Ag}_{(s)}$ ,  $\text{Al}_{(s)}$  על פי הכושר שלהן לחזור, מהגבוה לנמוך. נמק.

### התשובה:



המתכת  $\text{Al}_{(s)}$  מגיבה עם יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ , כי  $\text{Al}_{(s)}$  מחזור חזק מ- $\text{Cu}_{(s)}$ .  
המתכת  $\text{Ag}_{(s)}$  אינה מגיבה עם יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ , כי  $\text{Ag}_{(s)}$  מחזור חלש מ- $\text{Cu}_{(s)}$ .

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

## ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים דירגו נכון את המתכות.

תלמידים מעטים דירגו הפוך:  $\text{Ag}_{(s)} > \text{Cu}_{(s)} > \text{Al}_{(s)}$

הטעויות האופייניות אותרו בעיקר בנימוקים:

♦ חזרה על נתוני השאלה:

• "כי אלומיניום הגיב עם יוני נחושת וכסף לא הגיב עם יוני נחושת."

♦ אי הבחנה בין אטומים ליונים:

• "Cu לא הגיב עם Ag, לכן הוא מחזור יותר טוב."

♦ בלבול בין מחזור ומחמצן, בין מתכת מחזרת ליונים שלה היכולים לחמצן:

• "Cu<sup>2+</sup> מחזרת יותר טובה מ-Ag<sup>+</sup> ומחמצנת פחות טובה, לכן לא תתרחש תגובה."

## המלצות

ביצוע ניסויים מסוג זה במעבדה ובאופן תיאורטי וליווי הניסויים בניסוחי תגובות ובהסבר מילולי. מומלץ לעבוד עם התלמידים על המשמעות של הסימן "<" כדי להבדיל מהמשמעות המתמטית שלו.

## תת-סעיף ii (הציון 73)

התלמידים טבלו לוחית  $\text{Al}_{(s)}$  בתמיסה המכילה יוני  $\text{Ag}^{+}_{(aq)}$ . קבע אם נצפו שינויים המעידים על התרחשות תגובה. נמק.

## התשובה:

כן, נצפו שינויים המעידים על התרחשות של תגובה.  
 $Al(s)$  מחזר טוב מ- $Ag(s)$ , ולכן הוא מגיב עם יוני  $Ag^+(aq)$  שבתמיסה.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים קבעו נכון שתתרחש תגובה ונצפו שינויים. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ קביעה ללא נימוק.
- ◆ חוסר הבחנה בין אטומים ויונים:
- "אלומיניום מוסר אלקטרונים לכסף."
- "Al מחזר יותר טוב מ- $Ag^+$ , ולכן מתרחשת תגובה ביניהם."
- ◆ ניסיון לנמק על סמך מבנה האטומים:
- "מתרחשת תגובה כיוון שלאומיניום יש 3 אלקטרונים ברמה האחרונה והוא מוסר אותם לכסף."

## המלצות

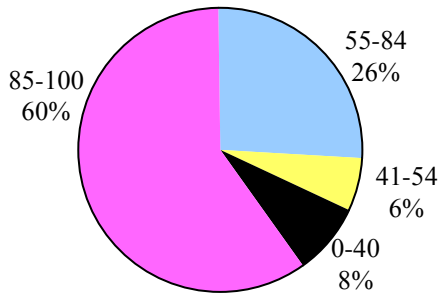
מומלץ לבקש מהתלמידים לתאר את השינויים הצפויים (הרשומים בתשובה לתת-סעיף ב ii).  
לאחר מכן לבצע עם התלמידים את הניסוי המתואר בשאלה ולבדוק אם השינויים שהם ציינו בתשובה לשאלה מתרחשים בפועל.

## שאלה 13

### חומצות ובסיסים וסטוכיומטריה

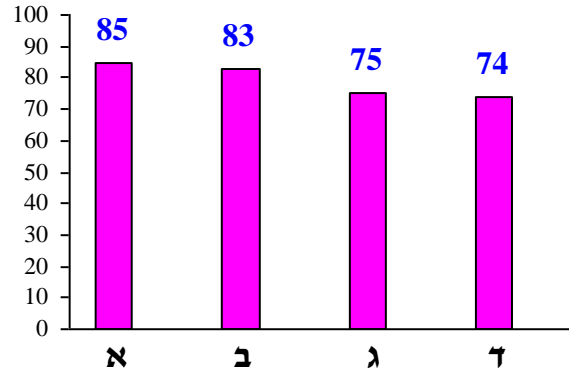
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 60% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 81

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לנסח את התהליכים המתרחשים כאשר מכניסים למים חומרים מולקולריים שמגיבים עם מים כחומצות או כבסיסים.
- לנסח את תהליכי ההמסה של חומרים יוניים אשר יוצרים תמיסה בסיסית.
- לקשר בין ריכוז יוני הידרוניום,  $H_3O^+_{(aq)}$ , בתמיסה לבין pH התמיסה.
- לקשר בין ריכוז יוני  $OH^-_{(aq)}$  בתמיסה לבין pH התמיסה.
- לקבוע את סוגי החומרים על פי התנהגותם בתמיסה המימית: פועלים כחומצה, פועלים כבסיס או רק מתמוססים במים ולא פועלים כחומצה או כבסיס.
- לקבוע בין אילו חומרים יכולה להתרחש תגובת סתירה ולנסח אותה.
- לבצע חישובים סטוכיומטריים.
- להסביר את השתנות ה-pH של התמיסה במהלך התגובה בין חומצה לבסיס.
- לעבוד עם הגרפים. להסיק מסקנות על פי המידע הנתון בגרף.
- לנתח מידע חדש המובא בשאלה ולהסיק מסקנות על סמך מידע זה.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

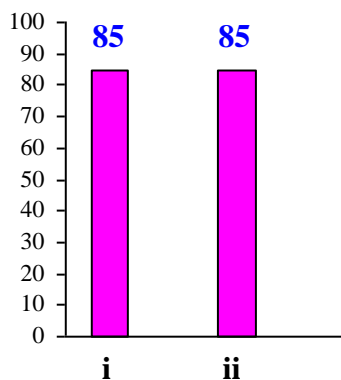
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
יישום	i	ב
הבנה	ii	
אנליזה	i	ג
אנליזה	ii	
אנליזה		ד

### פתיח לשאלה

במעבדה הכינו 4 תמיסות מימיות (1)-(4) בנפחים שווים. בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על התמיסות.

ריכוז התמיסה (M)	החומר שהוכנס למים	התמיסה המימית
0.01	$\text{KOH}_{(s)}$	(1)
0.01	$\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$	(2)
0.02	$\text{HNO}_{3(l)}$	(3)
0.02	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)}$	(4)

### סעיף א' (הציון 85)



### תת-סעיף i (הציון 85)

נסח את התהליך המתרחש כאשר מכניסים בנפרד למים את כל אחד מארבעת החומרים.

## התשובה:

- (1)  $\text{KOH}_{(s)} \xrightarrow{\text{מים}} \text{K}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- (2)  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)} \xrightarrow{\text{מים}} \text{Ba}^{2+}_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$
- (3)  $\text{HNO}_{3(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)}$
- (4)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)} \xrightarrow{\text{מים}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(aq)}$

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ניסחו נכון את התהליכים המתרחשים כאשר מכניסים למים את החומרים הנתונים. הטעויות המעטות שאותרו הן מטעני יונים שגויים, אי ציון של מטעני היונים, חוסר הבנה של תהליך ההמסה במים של בסיס שהוא חומר יוני, התייחסות לגלוקוז כאל בסיס או כאל חומצה:

- $\text{KOH}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{KO}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)} \rightarrow \text{Ba}^+_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$
- $\text{HNO}_{3(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}_{(aq)} + \text{NO}_{3(aq)}$
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_{5(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{C}_6\text{O}_{6(aq)} + 12\text{OH}^-_{(aq)}$

## תת-סעיף ii (הציון 85)

דרג את התמיסות (1)-(4) לפי ה-pH, מהנמוך לגבוה.

## התשובה:

$$(3) < (4) < (1) < (2)$$

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

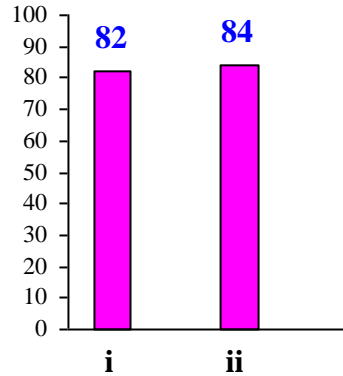
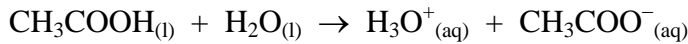
## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים דרגו נכון את התמיסות (1)-(4) לפי ה-pH. הטעויות המעטות שאותרו הופיעו בדירוג של תמיסות (1)-(2) כתוצאה מהתייחסות לריכוז החומר במקום אל ריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ :

- $(3) < (4) < (1) < (2)$

### סעיף ב' (הציון 83)

כאשר מכניסים חומצה אצטית,  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$ , למים מתרחשת התגובה:



### תת-סעיף i (הציון 82)

הוסיפו תמיסה מימית של חומצה אצטית, לתמיסה (1) ולתמיסה (4).  
קבע באיזו מן התמיסות, (1) אן (4), התרחשה תגובה. נמק את קביעתך.

#### התשובה:

תמיסת  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$  הגיבה עם תמיסה (1).  
תמיסת  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$  היא תמיסה חומצית (אן): בתמיסת  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$  יש יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ .  
לכן היא הגיבה בתגובת סתירה עם תמיסה (1), שהיא תמיסה בסיסית (אן): מכילה יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ .  
(תמיסה (4) היא תמיסה ניטרלית, ולכן היא אינה מגיבה עם תמיסה חומצית).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון שהתגובה תתרחש בתמיסה (1). היו תלמידים שטעו ובחרו בתמיסה (4), כי זיהו את תמיסת הגלוקוז כתמיסה בסיסית:  
• "התמיסה החומצית תגיב עם חומר מספר 4, כי הוא מכיל יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ ".

### תת-סעיף ii (הציון 84)

כתוב ניסוח נטו לתגובה שהתרחשה.

#### התשובה:





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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים רשמו נכון ניסוח נטו של תגובת סתירה. היו תלמידים שרשמו ניסוח יוני כולל במקום ניסוח נטו.

### המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים רישום של שני סוגים של ניסוחי תגובות: ניסוח יוני כולל וניסוח נטו, ולבקש להסביר את ההבדלים בין הניסוחים האלה. מומלץ לבקש מהתלמידים לתאר ברמה המיקרוסקופית את המגיבים ואת התוצרים בכל אחת מהתגובות המופיעות בנספח לסילבוס הנמצא באתר המפמ"ר: דוגמאות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור - גם תגובות שהתלמיד צריך להכיר ולנסח וגם תגובות שהתלמיד צריך רק להכיר.

### פתיח לסעיפים ג-ד

תלמידים ערכו שני ניסויים. בכל אחד מהניסויים הוסיפו שלושה מוצקים שונים (A, B, ו-C)

ל- 100 מ"ל תמיסה של חומצה חנקתית,  $0.1 \text{ M HNO}_3(\text{aq})$ .

ההבדל בין הניסויים היה בסדר של הוספת המוצקים.

במהלך הניסויים מדדו את ה-pH של התמיסה, לאחר הוספת כל אחד מן המוצקים.

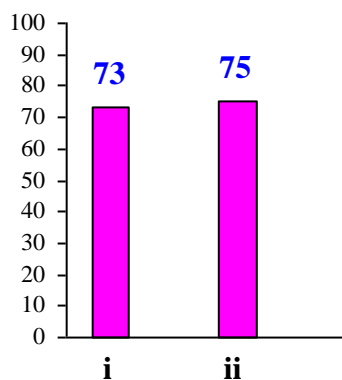
המוצקים שהוסיפו בשני הניסויים:

מוצק A - 0.56 גרם  $\text{KOH}_{(s)}$

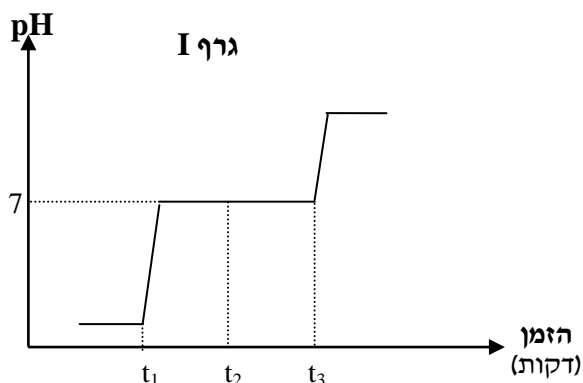
מוצק B - 1.71 גרם  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$

מוצק C - 1.8 גרם  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)}$

### סעיף ג' (הציון 75)



בגרף I שלפניך מוצגים באופן סכמתי השינויים ב-pH במהלך הניסוי הראשון. הזמנים שבהם הוסיפו את שלושת המוצקים בניסוי הראשון מסומנים  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ .



### תת-סעיף i (הציון 73)

קבע מהו המוצק שהוסיפו בזמן  $t_1$ . פרט את חישוביך ונמק.

#### התשובה

בזמן  $t_1$  הוסיפו את המוצק A (אן: 0.56 גרם  $\text{KOH}_{(s)}$ ). על פי הגרף אפשר לראות שבזמן  $t_1$ , לאחר הוספת המוצק, ה-pH של התמיסה שווה ל-7, כלומר התרחשה תגובת סתירה מלאה. (לכן בזמן  $t_1$  הוסיפו אחד מהמוצקים  $\text{KOH}_{(s)}$  או  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$ ). מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  ב-100 מ"ל תמיסת  $\text{HNO}_{3(aq)}$ :

$$0.1 \text{ liter} \times 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.01 \text{ mol}$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  שדרוש לסתירה מלאה של תמיסת  $\text{HNO}_{3(aq)}$ : 0.01 mol

המסה המולרית של  $\text{KOH}_{(s)}$ :  $56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

ב-1 מול  $\text{KOH}_{(s)}$  יש 1 מול יוני  $\text{OH}^-$ . מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-$  במוצק A: אן:  $\frac{0.56 \text{ gr}}{56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.01 \text{ mol}$

המסה המולרית של  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$ :  $171 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$  שהוסיפו:  $\frac{1.71 \text{ gr}}{171 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.01 \text{ mol}$

ב-1 מול  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$  יש 2 מול יוני  $\text{OH}^-$ , ולכן מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-$  במוצק B הוא:  $0.01 \text{ mol} \times 2 = 0.02 \text{ mol}$

לכן המוצק שהוסיפו בזמן  $t_1$  היה המוצק A.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שבזמן  $t_1$  הוסיפו מוצק A ונימקו את קביעתם. אך חלק ניכר מהתלמידים טעו. ניתן לחלק את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. אי הבנה של הגרף, וכתוצאה מכך, קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

- "בזמן  $t_1$  הוסיפו את המוצק C, כי ה-  $\text{pH} < 7$  - חומצי."
- "המוצק שהוסיפו בזמן  $t_1$  הוא B -  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$ , מכיוון שכאשר  $\text{pH} = 7$  זה אומר שה-  $\text{pH}$  יעלה עד הכנסת המוצק השני."
- "בזמן  $t_1$  הוסיפו את המוצק B, כי  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$  הוא חומר היחיד שמספר יוני  $\text{OH}^-$  בו גדול."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

- "בזמן  $t_1$  הוסיפו את המוצק A, כי בזמן  $t_1$  ה-  $\text{pH}$  עולה וזה לוקח זמן."
- "בזמן  $t_1$  הוסיפו את  $\text{KOH}_{(s)}$ , מכיוון שהוא בסיסי."

### תת-סעיף ii (הציון 75)

מהו המוצק שהוסיפו בזמן  $t_2$ ? נמק.

### התשובה

בזמן  $t_2$  הוסיפו את המוצק C (אנ: 1.8 גרם  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$ ). גלוקוז,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$ , אינו מגיב כחומצה או כבסיס. הוספת גלוקוז אינה גורמת לשינוי בריכוז וני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  (אנ: יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ ) בתמיסה, ולכן אינה משנה את ה-  $\text{pH}$  של התמיסה. לכן המוצק שהוסיפו בזמן  $t_2$  היה המוצק C -  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$ .

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

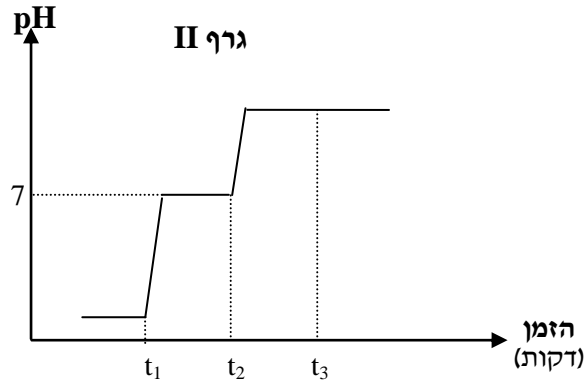
### ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים קבעו נכון שבזמן  $t_2$  הוסיפו מוצק C. הטעויות הופיעו בעיקר בנימוקים:

- "המוצק הוא C, כי  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$  הוא חומר ללא יוני  $\text{OH}^-$  או  $\text{H}_3\text{O}^+$ ."
- "מוצק C, כי הוא לא משפיע על הגרף."

## סעיף ד' (הציון 74)

בניסוי השני הוסיפו את שלושת המוצקים בסדר אחר.  
בגרף II שלפניך מוצגים באופן סכמתי השינויים ב- pH במהלך הניסוי השני.



קבע מהו סדר הוספת המוצקים בניסוי השני.

### התשובה:

- . בזמן  $t_1$  הוסיפו את המוצק A.
- . בזמן  $t_2$  הוסיפו את המוצק B.
- . בזמן  $t_3$  הוסיפו את המוצק C.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע נכון את סדר הוספת המוצקים בניסוי השני.  
הטעויות האופייניות שאותרו:

- בזמן  $t_1$  הוסיפו את המוצק C.
- בזמן  $t_2$  הוסיפו את המוצק A.
- בזמן  $t_3$  הוסיפו את המוצק B.
- בזמן  $t_1$  הוסיפו את המוצק A.
- בזמן  $t_2$  הוסיפו את המוצק C.
- בזמן  $t_3$  הוסיפו את המוצק B.

טעויות אלה נובעות מאי הבנה של הגרף וחוסר מיומנות לקשר בין המידע בגרף לבין המסקנות.

### המלצות לסעיפים ג-ד

השאלות בסעיפים ג-ד הן ברמה גבוהה. התלמיד נדרש לנתח את הנתונים המוצגים בגרפים ולהסיק מסקנות על סמך נתונים אלה. לכן חלק מהתלמידים התקשו בסעיפים אלה. מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מסוג זה ולבקש נימוק גם בסעיף ד'.

דוגמאות לשאלות :

בחינות בגרות לפי שאלון 37303 : תשע"ב שאלה 1 סעיפים ו', ז', שאלה 7 ; תשע"א שאלה 1 ג', ז'.

בחינת בגרות לפי שאלון 37202 : תשע"ב שאלה 17.

שאלה נוספת :

הכינו 1 ליטר תמיסה על ידי המסה של 0.04 מול  $\text{HCl}_{(g)}$  במים. את התמיסה חילקו לשלושה כלים

(1)-(3). לכל כלי הכניסו 250 מ"ל מהתמיסה.

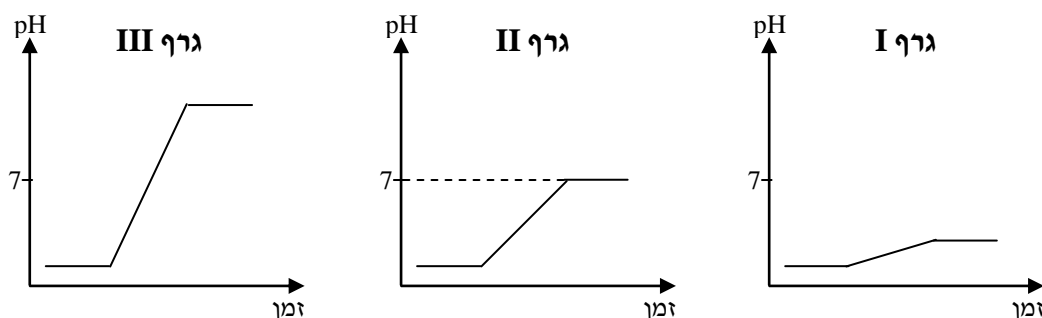
הוסיפו חומרים שונים לכל אחת מהתמיסות ומדדו pH התמיסה בתום ההוספה.

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על החומרים שהוספו.

מספר הכלי	החומר שהוסף	כמות החומר שהוסף
(1)	$\text{NaOH}_{(s)}$	0.4 גרם
(2)	$\text{Ca(OH)}_{2(aq)}$	80 מ"ל תמיסה מימית בריכוז 0.125 M
(3)	מים מזוקקים	250 מ"ל

בשלושה גרפים III-I שלפניך מוצגים באופן סכמתי את השינויים ב-pH התמיסה במהלך ההוספה

בכל אחד מהכלים. התאם כל אחד מהגרפים לכלי. פרט את חישוביך ונמק.



התשובה :

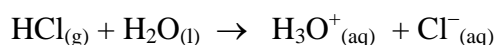
התשובה :

גרף I מתאים לכלי (3).

גרף II מתאים לכלי (1).

גרף III מתאים לכלי (2).

הכנה של תמיסת  $\text{HCl}_{(aq)}$  :



הריכוז המולרי של תמיסת  $\text{HCl}_{(aq)}$  ושל יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  : 0.04 M

לפני הוספת החומרים, ה-pH בתמיסות בשלושת הכלים היה חומצי - נמוך מ-7.

$$0.04 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.25 \text{ liter} = 0.01 \text{ mol}$$

מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  ב-250 מ"ל תמיסה :

בכלי (1):

NaOH<sub>(s)</sub> התמוסס במים של התמיסה שהייתה בכלי, והתרחשה התגובה:



המסה המולרית של NaOH<sub>(s)</sub>:  $40 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של NaOH<sub>(s)</sub> שהכניסו לכלי (1):  $\frac{0.4 \text{ gr}}{40 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.01 \text{ mol}$

יחס המולים בניסוח תגובת הסתירה בין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  ויוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  הוא 1:1, לכן יונים אלה הגיבו בשלמות, וה-pH בתום התגובה היה 7. לכן גרף II מתאים לכלי (1).

בכלי (2):

מספר המולים של Ca(OH)<sub>2</sub> ב-80 מ"ל תמיסה בריכוז 0.125 M:

$$0.125 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.08 \text{ liter} = 0.01 \text{ mol}$$

מ-1 מול Ca(OH)<sub>2</sub> מתקבלים 2 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ , לכן בתמיסה היו 0.02 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ . (0.02 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  נשארו ב-330 מ"ל תמיסה.) בכלי התרחשה התגובה:



יחס המולים בניסוח תגובת הסתירה בין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  ויוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  הוא 1:1, לכן הגיבו 0.01 מול יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  עם 0.01 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ , ונשאר עודף יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ . לכן ה-pH בתום התגובה היה בתחום הבסיסי - גבוה מ-7. לכן גרף III מתאים לכלי (2).

בכלי (3):

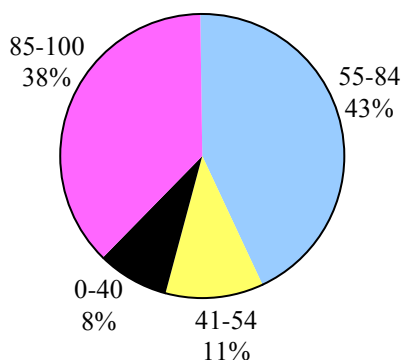
בוצע מיהול פי 2 של תמיסת HCl<sub>(aq)</sub>. הריכוז של  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  ירד פי 2. לכן ה-pH בתום המיהול היה גבוה מה-pH של התמיסה המקורית, אך נשאר בתחום החומצי - נמוך מ-7. לכן גרף I מתאים לכלי (3).

## שאלה 14

### אנרגיה ודינמיקה שלב 1

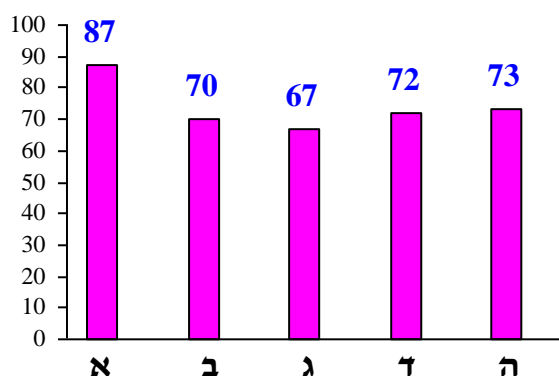
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 53% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 74

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

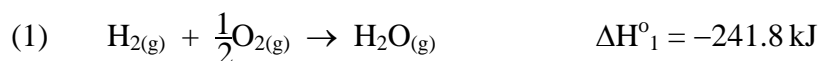
- ⏪ לקבוע אם התגובה הנתונה אקסותרמית או אנדותרמית על פי הסימן של שינוי באנתלפיית התגובה (חיובי או שלילי).
- ⏪ לקרוא גרף ולזהות עקומה המייצגת את שינוי האנתלפיה בתגובה אקסותרמית.
- ⏪ להסביר את המושג "אנרגיית שפעול" ואת הגורמים המשפיעים על אנרגיית השפעול.
- ⏪ להסביר את המושג "אנרגיה קינטית" ואת הגורמים המשפיעים על האנרגיה הקינטית.
- ⏪ לקבוע מהו שינויי האנתלפיה של התגובה במהלך שינוי מצב צבירה.
- ⏪ לנתח את נתוני השאלה ולהשוות בין שינוי אנתלפיה בתגובה בין מימן לחמצן, שבה נוצרים אדי מים, לבין שינוי אנתלפיה בתגובה בין מימן לחמצן, שבה נוצרים מים במצב נוזל.
- ⏪ לחשב את שינוי האנתלפיה של התגובה על פי חוק הס.
- ⏪ להסביר את המושגים: מערכת, סביבה, תגובה המתרחשת בכלי מבודד.
- ⏪ לקשר בין סוג התגובה - אנדותרמית או אקסותרמית, להשפעה של התרחשות התגובה על טמפרטורה של הסביבה.

## רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

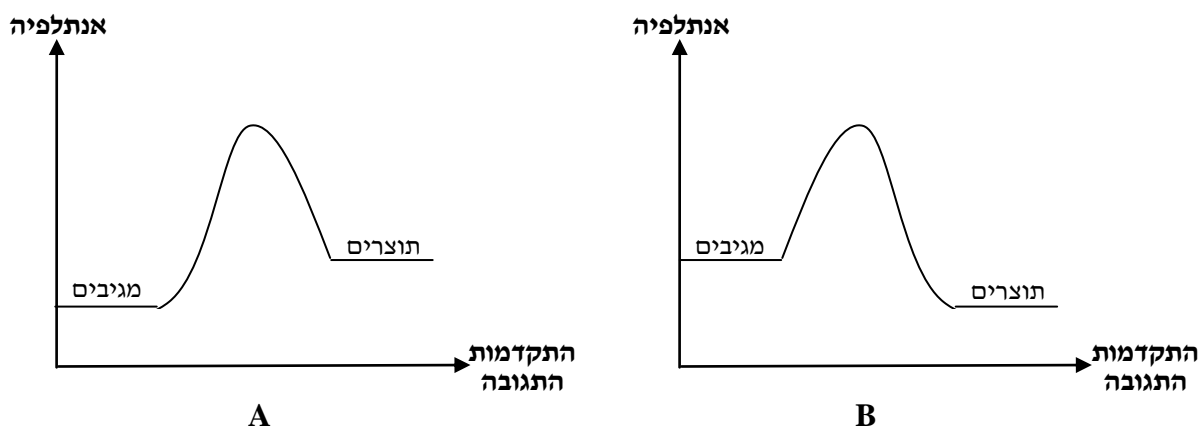
### פתיח לשאלה

תערובת של הגזים מימן,  $H_2(g)$ , וחמצן,  $O_2(g)$ , נשמרת בכלי זכוכית סגור לאורך זמן, ללא שינוי. כאשר משקיעים אנרגיה על ידי הפעלת ניצוץ חשמלי בתערובת הגזים מתרחשת תגובה (1).



### סעיף א' (הציון 87)

איזו מן העקומות, A או B, שלפניך מציגה באופן סכמתי את השתנות האנתלפיה במהלך תגובה (1)? נמק.



### התשובה:

עקומה B.

תגובה (1) היא תגובה אקסותרמית ( $\Delta H^{\circ}_1 < 0$ ), לכן האנתלפיה של התוצרים נמוכה מהאנתלפיה של המגיבים.

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



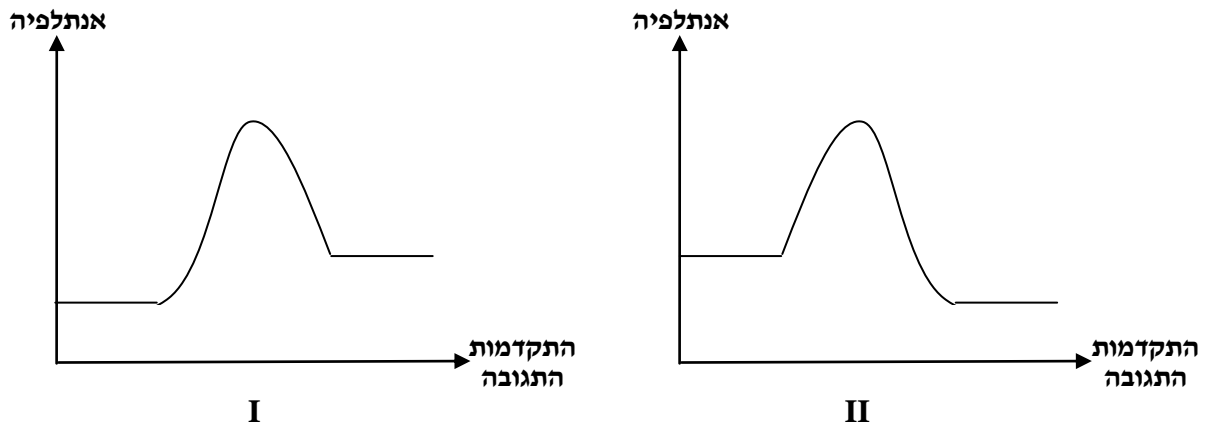
## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון שהתגובה הנתונה היא אקסותרמית - על פי הסימן השלילי של השינוי באנתלפיית תגובה, ובחרו בעקומה המציגה נכון את שינוי האנתלפיה בתגובה אקסותרמית. הטעויות המעטות שאותרו נובעות מחוסר הבנה מהי תגובה אקסותרמית. ניתן לחלק טעויות אלה לשני סוגים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
  - "כאשר התגובה אקסותרמית התוצרים הם יותר מהמגיבים, וכפי שניתן לראות את השינוי באנתלפיה בגרף A, התוצרים יצאו יותר מהמגיבים."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
  - "גרף B - תגובה זו אקסותרמית, שבה האנרגיה עוברת מהמגיבים לתוצרים."

## המלצות

מומלץ להרבות בתרגילים עם ייצוגים גרפיים שונים, ולבקש מהתלמידים לציין בגרף את כל הגדלים הרלוונטיים.  
תרגיל לדוגמה:  
נתונים שני גרפים II-I:



- א. בכל אחד משני הגרפים סמן: מגיבים, תוצרים, אנרגיית שפעול,  $\Delta H^\circ$  של התגובה.
- ב. קבע עבור כל אחד מהגרפים אם הוא מתאר תגובה אנדותרמית או תגובה אקסותרמית. נמק.

## סעיף ב' (הציון 70)

איזה מבין ההיגדים, I או II, שלפניך הוא ההיגד הנכון?  
הסבר את ההיגד שבחרת באמצעות תורת ההתנגשויות.

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

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

## התשובה:

היגד II הוא ההיגד הנכון.

(לתגובה (1) יש אנרגיית שפעול גבוהה.)

כתוצאה מהגדלת האנרגיה הקינטית של מולקולות המגיבים:

- גדל הסיכוי להתנגשויות בין המולקולות של המגיבים,

- גדל הסיכוי להיווצרות תצמידים משופעלים ביחידת זמן.

ולכן יש סיכוי גדול יותר להתנגשויות פוריות ביחידת זמן.

לפי כך בעקבות הפעלת הניצוץ החשמלי תגובה (1) מתרחשת.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים בהבנת המושגים: "אנרגיית שפעול" ו-"אנרגיה קינטית", ומתקשים בהבנת הגורמים והגורמים המשפיעים עליהן. ניתן לחלק את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה המלווה בהסבר המצביע על חוסר הבחנה בין אנרגיית השפעול לזרז:

• "הניצוץ החשמלי מהווה זרז.... שמעלה את הסיכוי להתנגשויות ולהתנגשויות פוריות ובכך לאנרגיית שפעול נמוכה."

• "הניצוץ החשמלי משמש כזרז לתהליך. הוא "נותן" אנרגיה לתהליך ואז יש אנרגיית שפעול קטנה ואז התגובה מתרחשת."

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר חלקי באמצעות תורת ההתנגשויות ולעיתים לא מדויק ואף לא נכון:

• "הפעלת הניצוץ גרמה לאנרגיה קינטית לעלות, ובכך להתנגשויות של החלקיקים לעלות ולכן נוצרו יותר קשרים בין המולקולות."

• "כי הטמפרטורה של המגיבים עולה, וכך יש סיכוי רב יותר לתצמידים משופעלים ומהירות החלקיקים עולה וכך גם האנרגיה הקינטית שלהם."

## המלצות

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה 1 בבחינת הברגות תשע"ד, שאלון 37203, כולל ציור גרפים מתאימים.

מומלץ להראות לתלמידים סרטון על אנרגיית שפעול ולדון בו:

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

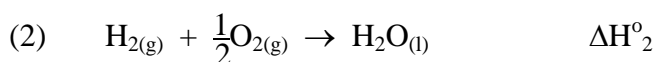
מומלץ להיעזר בדגם הוראה למורי כימיה חט"ע בנושא הקינטיקה, הנמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=4675>

פרק ג' בדגם: "אנרגיית שפעול וזרזים" מכיל רקע תיאורטי ושאלות להערכה.

## סעיף ג' (הציון 67)

בתגובה (2) מקבלים מתערובת של הגזים מימן וחמצן, מים במצב נוזל.



לפניך שלושה ערכים של שינוי אנתלפיה:  $-197.7 \text{ kJ}$ ,  $-241.8 \text{ kJ}$ ,  $-285.9 \text{ kJ}$ .

קבע איזה מבין הערכים האלה מתאים עבור  $\Delta H^\circ_2$ . נמק.

## התשובה:

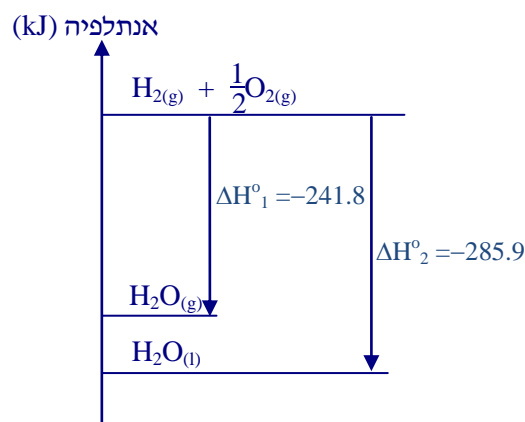
הערך המתאים ל-  $\Delta H^\circ_2$  הוא  $-285.9 \text{ kJ}$ .

האנתלפיה של מים במצב נוזל נמוכה מהאנתלפיה של מים במצב גז.

א: כאשר מים במצב גז הופכים למים במצב נוזל, נפלטת אנרגיה כי נוצרים קשרים בין מולקולריים.

לכן בתגובה (2) תיפלט כמות יותר גדולה של אנרגיה (א): שינוי האנתלפיה בתגובה (2) יהיה גדול יותר; א:  $\Delta H^\circ_2$  יהיה שלילי יותר).

א: פתרון גרפי



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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לנתח את הנתונים ולקשר בין המידע הנתון בתגובה (1) לבין הנתון שמופיע בתגובה (2). רוב התלמידים ידעו שתכולת אנרגיה של גז גבוהה מזו של נוזל, אך חלקם לא הצליחו לקשר בין עובדה זו לבין הפרש בתכולת אנרגיה בין תוצרים למגיבים בתגובה הנתונה עקב חוסר ראייה כוללה של כל המערכת.

הטעויות האופייניות שאותרו בסעיף זה הן:

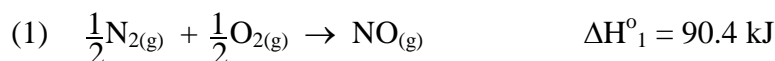
- ◆ קביעה נכונה ללא נימוק.
- ◆ קביעה שגויה בגלל חוסר יכולת לקשר בין שתכולת אנרגיה של גז ושל נוזל לבין הפרש בתכולת אנרגיה בין תוצרים למגיבים בתגובה הנתונה:
- "  $-197.7 \text{ kJ}$  , מכיוון שהאנרגיה הכי גבוהה שקיימת אמורה להיות במצב צבירה גז, במצב צבירה נוזל האנרגיה פוחתת ובמצב צבירה מוצק האנרגיה הכי קטנה, ומשום כך האנרגיה המתאימה למצב צבירה נוזל היא "  $-197.7 \text{ kJ}$  ."
- "  $-197.7 \text{ kJ}$  , בתגובה הראשונה נוצר גז ואילו בתגובה השנייה - נוזל. לחומרים במצב צבירה גז יש יותר אנרגיה מאשר לחומרים במצב צבירה נוזל כתוצאה מאנרגיה קינטית שלהם. לגז אנרגיה קינטית גבוהה יותר, לכן השינוי באנתלפיה בתגובה (2) קטן יותר."
- "מאחר ולמים במצב גז אנרגיה גדולה יותר, התשובה תהיה "  $-197.7 \text{ kJ}$  , שהוא גדול
- מ-  $-241.8 \text{ kJ}$  ."
- ◆ קביעה שגויה בגלל הבלבול בין השקעת אנרגיה לשחרור אנרגיה:
- "  $-197.7 \text{ kJ}$  – מתאים יותר, משום שנותן נוזלים בסוף התגובה, כלומר בתוצרים המים במצב צבירה נוזל ולא גז. מה שאומר שנדרש פחות אנרגיה לפירוק הקשר או יצירתו. כי הרי על מנת להגיע למצב צבירה גז יש לפרק ממוצק לנוזל ומנוזל לגז. אך למצב צבירה נוזל רק ממוצק לנוזל, ולכן תידרש פחות אנרגיה."

## המלצות

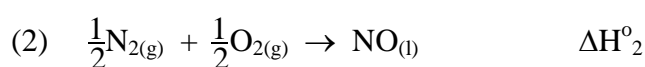
מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל באנתלפיות התגובות (1) ו-(2), ולקשר את נושא האנרגיה לנושא מבנה וקישור.

שאלה לתרגול:

תחמוצות חנקן, הנפלטות לאוויר מכלי רכב, מזהמות את האוויר. בטמפרטורה הגבוהה שבמנוע כלי הרכב, נוצרת התחמוצת  $\text{NO}_{(g)}$  מחנקן וחמצן שבאוויר, לפי תגובה (1):



בתנאים מסוימים נוצר  $\text{NO}_{(l)}$ , לפי תגובה (2):



א. לפניך שלושה ערכים של שינוי אנתלפיה:  $90.4 \text{ kJ}$  ,  $82 \text{ kJ}$  ,  $98.8 \text{ kJ}$  .

קבע איזה מבין הערכים האלה מתאים עבור  $\Delta H^\circ_2$  . נמק.

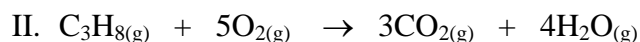
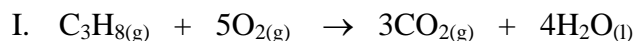
ב. קבע אם נוצרים קשרים או מתפרקים קשרים כאשר  $\text{NO}_{(g)}$  הופך ל-  $\text{NO}_{(l)}$ . ציין את סוג קשרים.

שימוש בהצגה גרפית עשוי לעזור לפתור תרגילים מסוג זה.

מומלץ לדון עם התלמידים על הקשר בין מצב הצבירה של החומר לבין תכולת האנרגיה שלו.

שאלה מתאימה נוספת היא שאלה 1 י"א מבחינת בגרות תש"ס:

לפניך ניסוחים של שתי תגובות שריפה:



מהי הקביעה הנכונה?

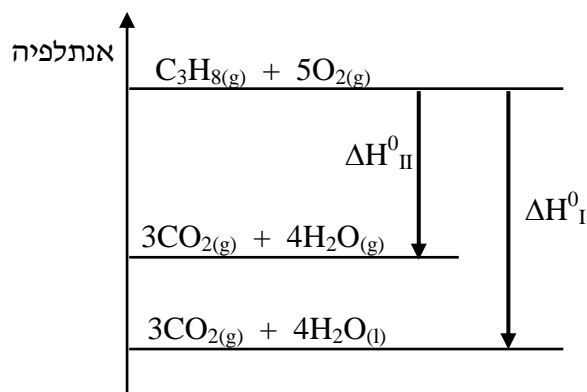
1. תגובה I היא אנדותרמית, ותגובה II היא אקסותרמית.

2. בתגובה I נפלטת אנרגיה רבה יותר מהאנרגיה שנפלטת בתגובה II.

3. בתגובה I נקלטת אנרגיה רבה יותר מהאנרגיה שנקלטת בתגובה II.

4. בשתי התגובות נפלטת אנרגיה, אך לא ניתן לקבוע באיזו מהן נפלטת אנרגיה רבה יותר.

הנימוק:



מדובר בתגובות שריפה של פחמימן, לכן שתי התגובות הן אקסותרמיות.

המגיבים בשתי התגובות זהים. התוצרים נבדלים במצב צבירה של המים.

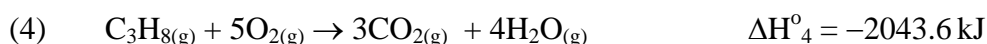
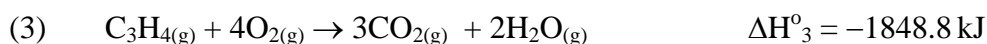
תכולת האנרגיה של תוצרי התגובה II נמוכה יותר מזו של תוצרי התגובה I כי תכולת האנרגיה של

המים במצב נוזל נמוכה מזו של אדי המים, לכן בתגובה I נפלטת אנרגיה גדולה יותר מהאנרגיה

שנפלטת בתגובה II.

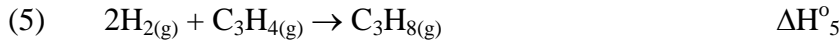
### פתיח לסעיפים ד-ה

לפניך שתי תגובות (3) ו-(4):



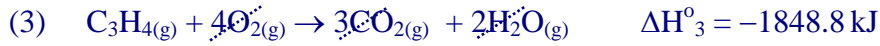
## סעיף ד' (הציון 72)

מימן מגיב עם פרופין,  $C_3H_4(g)$ , ליצור פרופאן,  $C_3H_8(g)$ , על פי תגובה (5).



העזר בתגובות המתאימות מבין התגובות (1)-(4) וחשב את הערך של  $\Delta H_5^\circ$ . פרט את חישוביך.

### התשובה:



או:

$$\Delta H_5^\circ = \Delta H_3^\circ - \Delta H_4^\circ + 2\Delta H_1^\circ$$

$$\Delta H_5^\circ = (-1848.8 \text{ kJ}) - 2043.6 \text{ kJ} + 2 \times (-241.8 \text{ kJ}) = -288.8 \text{ kJ}$$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. החישוב הוא רב שלבי, ולכן חלק מהתלמידים לא הצליחו לחשב את שינוי האנתלפיה של התגובה בעזרת חוק הס. הם הסתבכו בהצבת הערכים ובחישוב - הפיכת סימן, חישוב הפוך. היו תלמידים שהציבו  $\Delta H_2^\circ$  במקום להכפיל  $\Delta H_1^\circ$  בשתיים:

- $\Delta H_5^\circ = \Delta H_3^\circ - \Delta H_4^\circ + \Delta H_1^\circ + \Delta H_2^\circ$

### המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים את חישובי אנתלפיה בתגובות בכל השיטות הנלמדות, ולכלול חישובים רב שלביים.

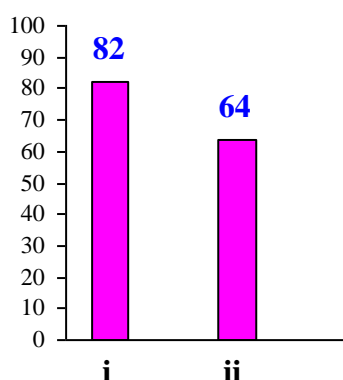
## סעיף ה' (הציון 73)

לפניך שלושה היגדים I - III.

I בתגובה (5), האנרגיה הנפלטת בעת יצירת הקשרים במולקולות התוצרים קטנה מהאנרגיה הנקלטת בעת ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים.

II אפשר לחשב את ערכו של  $\Delta H_5^\circ$  בעזרת ערכים של אנתלפיות קשר בלבד.

III כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי מבודד, הטמפרטורה בסביבת הכלי עולה.



### תת-סעיף i (הציון 82)

קבע עבור כל אחד מן ההיגדים I - III אם הוא נכון או לא נכון.

#### התשובה:

היגד I - לא נכון

היגד II - נכון

היגד III - לא נכון

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון עבור כל אחד מן ההיגדים אם הוא נכון או לא נכון.

### תת-סעיף ii (הציון 64)

תקן כל היגד שאינו נכון.

#### התשובה:

היגד I:

האנרגיה הנפלטת בעת יצירת הקשרים במולקולות התוצרים גדולה מהאנרגיה הנקלטת בעת פירוק הקשרים במולקולות המגיבים.

היגד III:

כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי מבודד, לא יהיה שינוי בטמפרטורה בסביבת הכלי.

אן: כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי מבודד, הטמפרטורה בתוך הכלי עולה.

אן: כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי לא מבודד, הטמפרטורה בסביבת הכלי עולה.

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

### **ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך יחסית. הטעויות האופייניות בתיקון ההיגדים :

- " I בתגובה (5), האנרגיה הנפלטת בעת יצירת הקשרים במולקולות התוצרים שווה לאנרגיה הנקלטת בעת ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים.
- " III כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי מבודד, הטמפרטורה בסביבת הכלי יורדת." טעויות אלה נובעות מאי הבנת המושגים : מערכת, סביבה, תגובה המתרחשת בכלי מבודד. כתוצאה מכך, תלמידים אלה מתקשים לקשר בין סוג התגובה - אנדותרמית או אקסותרמית, להשפעה של התרחשות התגובה על טמפרטורה של הסביבה.



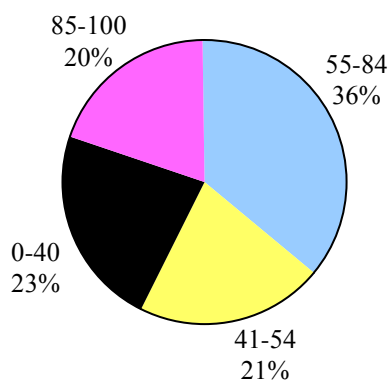
# ניתוח שאלות אחדות משאלון 37303 תשע"ו

## שאלה 14

### סטויכיומטריה - מצב גז

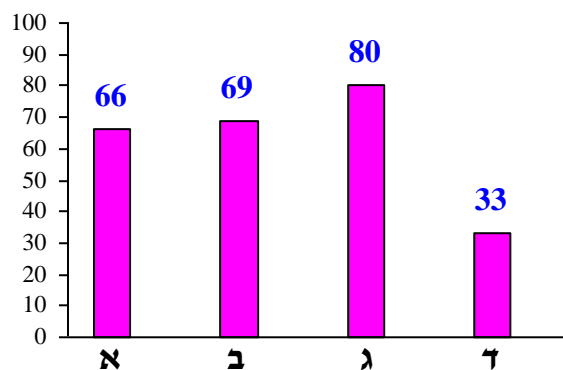
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 45% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 58

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⌄ ליישם את חוקי הגזים כדי להשוות בין הלחץ בכלים באותו נפח, המכילים כמויות שונות של אותם גזים.
- ⌄ לבצע חישובים סטויכיומטריים - לחשב מסה של תערובת הגזים.
- ⌄ לקשר בין הוספת גז לכלי לעליית הלחץ בכלי, בטמפרטורה קבועה ובנפח הכלי קבוע.
- ⌄ לבצע חישוב של מספר מולקולות במסה נתונה של חומר מסוים.
- ⌄ לציין גורם המשפיע על רדיוס אטומי.
- ⌄ קביעת נוסחה מולקולרית של פחמימן על פי השערת אבוגדרו.

## רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

### סעיף א' (הציון 66)

- שני כלים סגורים A ו-B, שנפחם שווה, מכילים תערובת של חנקן,  $N_2(g)$ , וחמצן,  $O_2(g)$ . שני הכלים נמצאים באותה טמפרטורה.
- בכלי A יש 0.02 מול  $N_2(g)$  ו-0.08 מול  $O_2(g)$ .
- בכלי B יש 0.08 מול  $N_2(g)$  ו-0.02 מול  $O_2(g)$ .
- קבע עבור כל אחד מן ההיגדים I ו-II שלפניך, אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.
- I הלחץ של תערובת הגזים בכלי A גדול מן הלחץ של תערובת הגזים בכלי B.
- II המסה של תערובת הגזים בכלי A גדולה מן המסה של תערובת הגזים בכלי B.

### התשובה:

- היגד I - לא נכון.
- בכל אחד משני הכלים יש אותו מספר מולים של גז (0.1 מול).
- לשני הכלים אותו נפח והם נמצאים באותה טמפרטורה, ולכן (על פי השערת אבוגדרו) הלחץ של תערובת הגזים בשני הכלים שווה.
- היגד II - נכון.
- מספר המולים הכולל של גז בכל אחד משני הכלים שווה.
- המסה המולרית של  $O_2(g)$  גדולה מהמסה המולרית של  $N_2(g)$ .
- בכלי A מספר המולים של  $O_2(g)$  גדול ממספר המולים של  $N_2(g)$ , ולכן המסה של תערובת הגזים בכלי A גדולה מהמסה של תערובת הגזים בכלי B.

אז:

המסה של תערובת הגזים בכלי A :

$$0.02 \text{ mol} \times \frac{28 \text{ gr}}{\text{mol}} + 0.08 \text{ mol} \times \frac{32 \text{ gr}}{\text{mol}} = 3.12 \text{ gr}$$

המסה של תערובת הגזים בכלי B :

$$0.08 \text{ mol} \times \frac{28 \text{ gr}}{\text{mol}} + 0.02 \text{ mol} \times \frac{32 \text{ gr}}{\text{mol}} = 2.88 \text{ gr}$$

על פי החישוב, המסה של תערובת הגזים בכלי A גדולה מהמסה של תערובת הגזים בכלי B .

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

### **ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים ליישם את חוקי הגזים כדי להשוות בין הלחץ בכלים באותו נפח הנמצאים באותה טמפרטורה, המכילים כמויות שונות של אותם גזים. ניתן לחלק את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים :

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה :

• "היגד I נכון. הלחץ בשני הכלים שווה כי נמצאים בהם אותם גזים."

• "היגד II לא נכון. המסה שווה כי מספר המולים של גז שווה."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי :

• "היגד I לא נכון. נפחם של שני הכלים שווה, לכן גם הלחץ בהם שווה - מכיוון שבגז הנפח שווה ללחץ."

3. קביעה נכונה המלווה בנימוק חלקי :

• "אותו מספר מולקולות, לכן הלחץ זהה." - ללא התייחסות לטמפרטורה ונפח קבועים.

• קובעים: "היגד II נכון" ומחשבים מסה של התערובת ללא פירוט החישוב.

### **המלצות**

מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים המשלבים את יישום חוקי הגזים וחישובים סטויכיומטריים.

תרגיל לדוגמה :

בכלי סגור A יש 5.6 גרם גז חנקן,  $N_{2(g)}$  .

בכלי סגור B יש 5.6 גרם גז אתן,  $C_2H_{4(g)}$  .

שני הגזים נמצאים באותה טמפרטורה, אך לחץ הגז בכלי A כפול מלחץ הגז בכלי B . מהו המשפט הנכון?

א. מספר מולקולות הגז בכלי A כפול ממספר מולקולות הגז בכלי B.

ב. ריכוז הגז בכלי A שווה לריכוז הגז בכלי B.

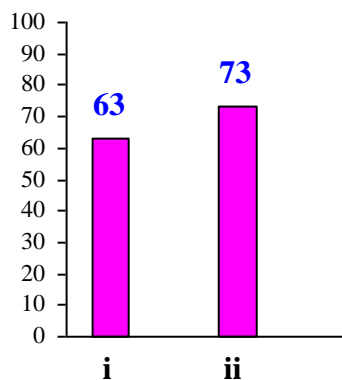
ג. הנפח של כלי A גדול פי 2 מהנפח של כלי B.

ד. הנפח של כלי A קטן פי 2 מהנפח של כלי B.

מומלץ לבקש מהתלמידים לנמק את קביעתם ולהסביר מדוע פסלו את המשפטים האחרים.

### סעיף ב' (הציון 69)

בדרך כלל ממלאים צמיגים של מכוניות באוויר, שהיא תערובת גזים המכילה בעיקר חנקן,  $N_{2(g)}$ , וחמצן,  $O_{2(g)}$ .



### תת-סעיף i (הציון 63)

כאשר ממלאים את הצמיג באוויר, לחץ האוויר בתוך הצמיג עולה. הסבר מדוע.  
בתשובתך הנח כי לא חל שינוי בנפח הצמיג ובטמפרטורת האוויר.

### התשובה:

כאשר ממלאים את הצמיג באוויר עולה המספר של מולקולות הגז בצמיג. (אין שינוי בנפח הצמיג או בטמפרטורת הגז בצמיג.) מספר ההתנגשויות של מולקולות הגז בדפנות הצמיג עולה, ולכן לחץ הגז בצמיג עולה.

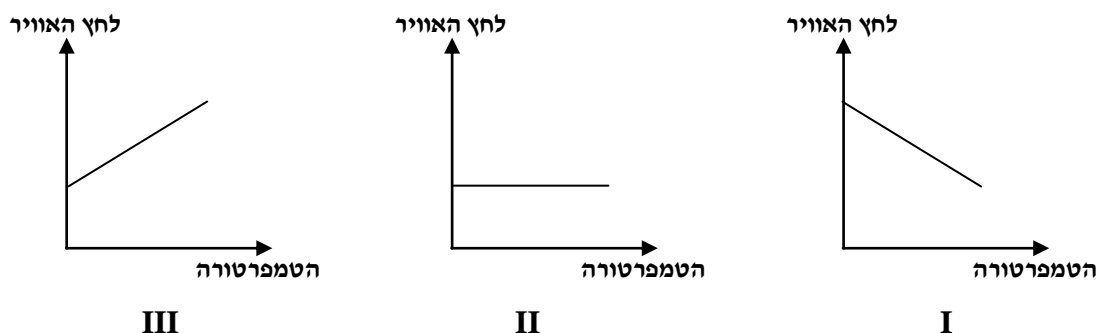
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

### ניתוח טעויות אופייניות

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים חלקיים. התלמידים רבים כתבו שמספר מולקולות הגז בצמיג עולה ולכן הלחץ עולה, אך לא התייחסו כלל לכך שמספר ההתנגשויות של מולקולות הגז בדפנות הצמיג עולה וזה מוביל לעליית לחץ הגז בצמיג.

## תת-סעיף ii (הציון 73)

במהלך הנסיעה הטמפרטורה של האוויר בצמיג עולה.  
קבע איזה מבין הגרפים III-I שלפניך הוא תיאור סכמתי נכון של לחץ האוויר בצמיג כתלות בטמפרטורה במהלך הנסיעה. נמק.  
בתשובתך הנח כי לא חל שינוי בנפח הצמיג.



### התשובה:

גרף III.

כאשר הטמפרטורה עולה, מולקולות הגז נעות מהר יותר. עולה מספר התנגשויות ביחידת זמן של מולקולות הגז בדפנות הצמיג. לכן לחץ האוויר (אז: הגז) בצמיג עולה.  
אז: כאשר נפח הגז נשאר קבוע, קיים יחס ישר בין הטמפרטורה ולחץ הגז בצמיג.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

- רוב התלמידים בחרו נכון - בגרף III, אך חלק מהתלמידים אינם מבינים את משמעות מושג "לחץ" ברמה המיקרוסקופית. הופיעו נימוקים חלקיים:
- "יש עלייה במספר התנגשויות בין מולקולות." - ללא התייחסות לכך שמדובר בהתנגשויות ביחידת זמן של מולקולות הגז בדופן הכלי.

## סעיף ג' (הציון 80)

אפשר למלא צמיגים של מכוניות בגז  $N_{2(g)}$  במקום באוויר.  
נתון: במול אחד של חלקיקים יש  $6.02 \cdot 10^{23}$  חלקיקים.  
מהו המספר של מולקולות  $N_2$  בצמיג המכיל 33.6 גרם  $N_{2(g)}$ ? פרט את חישוביך.

## התשובה:

$$28 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של  $\text{N}_2(\text{g})$ :

$$\frac{33.6 \text{ gr}}{28 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 1.2 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{N}_2(\text{g})$  בצמיג:

$$1.2 \text{ mol} \times 6.02 \cdot 10^{23} \frac{\text{molecules}}{\text{mol}} = 7.22 \cdot 10^{23} \text{ molecules}$$

מספר המולקולות של  $\text{N}_2(\text{g})$  בצמיג:

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים חישובו נכון את מספר מולקולות  $\text{N}_2$  בצמיג. הטעויות האופייניות שאותרו:

1. בלבול בין מספר מולי גז למספר מולקולות גז.
2. בלבול בין מולקולות לאטומים: חישוב נכון של מספר מולקולות והוספה של הכפלה פי 2, ז.א. התוצאה היא מספר אטומים ולא מספר מולקולות.

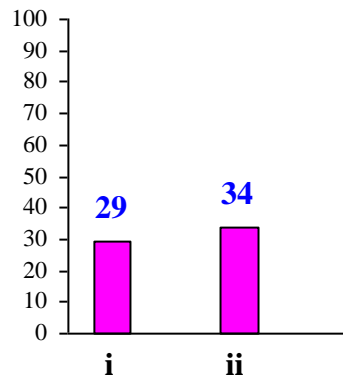
## המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים חישובים של מספר חלקיקים שונים בכמות נתונה של חומר. תרגיל לדוגמה:

נתון מדגם של 8 גרם  $\text{CH}_4(\text{g})$ , מתאן,  $\text{CH}_4(\text{g})$ .

- א. כמה מול מולקולות מתאן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- ב. כמה מולקולות מתאן מצויות במדגם? פרט את חישוביך.
- ג. כמה מול אטומי פחמן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- ד. כמה אטומי פחמן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- ה. כמה מול אטומי מימן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- ו. כמה אטומי מימן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- ז. כמה מול אטומים בסה"כ יש במדגם? פרט את חישוביך.
- ח. כמה אטומים בסה"כ יש במדגם? פרט את חישוביך.

## סעיף ד' (הציון 33)



### תת-סעיף i (הציון 29)

אחד היתרונות של מילוי הצמיגים בחנקן לעומת מילוי באוויר הוא שלחץ הגז בתוך צמיגים המלאים בחנקן נשמר זמן רב יותר. הלחץ נשמר זמן רב יותר כי פחות מולקולות של  $N_{2(g)}$  "בורחות" מן הצמיג, מכיוון שמולקולות של  $N_{2(g)}$  גדולות ממולקולות של  $O_{2(g)}$ . גודל המולקולה מושפע מרדיוס האטומים המרכיבים אותה. מהו הגורם לכך שרדיוס של אטום חנקן גדול מרדיוס של אטום חמצן?

### התשובה:

הגורם הוא מספר הפרוטונים בגרעין האטום (אָ: גודל המטען הגרעיני).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים לא הצליחו לציין את הגורם לכך שרדיוס של אטום חנקן גדול מרדיוס של אטום חמצן. הטעויות האופייניות שאותרו:

1. אי הבחנה בין אטום למולקולה:
  - "הגורם לכך שרדיוס של אטום חנקן  $N_2$  גדול מזה של אטום החמצן  $O_2$  הוא גודל אטומים."
2. התייחסות לאורך קשר או לחוזק קשר במולקולה:
  - "הגורם הוא הקשר המשולש במולקולת חנקן, במולקולת חמצן הוא קשר כפול."
  - "ב- $N_2$  קיים קשר מסדר שלישי - קשר יותר חזק, לכן המולקולה יותר גדולה."
3. התייחסות למספר אלקטרוני הערכיות במקום למטען הגרעיני:
  - "לאטום החנקן פחות אלקטרונים ברמה החיצונית בהשוואה לאטום חמצן, ולכן הם פחות נמשכים לגרעין - הדבר גורם להם להיות במרחק גדול יותר מהגרעין."

## המלצות

מומלץ לפרט לתלמידי איך המטען הגרעיני משפיע על הרדיוס.

## תת-סעיף ii (הציון 34)

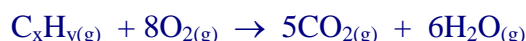
יתרון נוסף למילוי צמיגים ב-  $N_{2(g)}$  הוא שבזמן תאונה הגז שבצמיגים אינו מגיב עם דלק המכוננית, שהוא תערובת של פחמימנים. פחמימן הוא תרכובת של פחמן ומימן. ערכו ניסוי שבו אחד מן הפחמימנים המצויים בדלק מגיב עם חמצן,  $O_{2(g)}$ . לכלי סגור הכניסו 20 מ"ל של פחמימן במצב גז ו-160 מ"ל של  $O_{2(g)}$ . הגזים הגיבו בשלמות. נוצרו 100 מ"ל פחמן דו-חמצני,  $CO_{2(g)}$ , ו-120 מ"ל אדי מים,  $H_2O_{(g)}$ . הנפחים של כל הגזים נמדדו בתנאים שווים של טמפרטורה ולחץ. קבע מהי הנוסחה המולקולרית של הפחמימן. נמק.

## התשובה:

נוסחת הפחמימן היא  $C_5H_{12}$ . (על פי השערת אבוגדרו) באותם תנאים של לחץ וטמפרטורה, יחסי הנפחים של המגיבים והתוצרים במצב גז שווים ליחסי המולים (יחסי המקדמים) בניסוח התגובה.

$C_xH_y(g)$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(g)}$	
20	160	100	120	נפח הגז (מ"ל)
1	8	5	6	יחסי המולים

הניסוח המאוזן של התגובה:



$$x = 5 \quad y = 12$$

הנוסחה המולקולרית של הפחמימן:  $C_5H_{12}$

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים לא הצליחו לקבוע נכון את הנוסחה המולקולרית של פחמימן. הם הסתבכו בחישובים ובאיוון של ניסוח התגובה. חלק מהתלמידים דילגו על תת-סעיף זה.



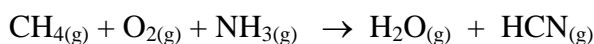
## המלצות

מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים מסוג זה.

שאלות לדוגמה:

שאלה 1

לפניך ניסוח לא מאוזן של התגובה:



ערבו 13.6 גרם  $\text{NH}_3(\text{g})$  ו-12.8 גרם  $\text{CH}_4(\text{g})$  עם כמות מתאימה של  $\text{O}_2(\text{g})$ .

הגזים הגיבו בשלמות, והתקבלו 144 ליטר  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ . בתנאים שבהם מתרחשת התגובה נפח מול גז הוא 60 ליטר.

א. חשב את מספר המולים של  $\text{HCN}(\text{g})$  שהתקבלו בתגובה.

ב. רשום ניסוח מאוזן לתגובה הנתונה. הסבר כיצד הגעת לניסוח המאוזן.

ג. חשב את הנפח של  $\text{HCN}(\text{g})$  שהתקבל בתנאי התגובה.

ביצעו את התגובה בפעם השנייה, עם אותן הכמויות של המגיבים אך בתנאים שונים. הטמפרטורה שבה ביצעו את התגובה בפעם השנייה הייתה  $25^\circ\text{C}$ .

נפח מול גז בתנאים החדשים הוא 25 ליטר.

ד. חשב את הנפח של  $\text{HCN}(\text{g})$  שהתקבל בתנאים החדשים.

ה. הסבר את תשובותיך לסעיפים ג ו-ד.

שאלה 2

נערכו שני ניסויים שבהם הגיב גז חנקן עם גז מימן:

בניסוי הראשון הגיבו בשלמות 1 ליטר חנקן עם 2 ליטר מימן. התקבל תוצר A.

בניסוי השני הגיבו בשלמות 1 ליטר חנקן עם 1 ליטר מימן. התקבל תוצר B.

הניסויים נערכו באותם תנאים של טמפרטורה ולחץ.

א. מהן הנוסחאות האמפיריות של התוצרים A ו-B.

ב. רשום ניסוח מאוזן של שתי התגובות שהתרחשו בשני הניסויים.

שאלה 3

0.1 ליטר פחמימן גזי הגיב בשלמות עם כמות מתאימה של חמצן. בתגובה נוצרו 0.3 ליטר

פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_2(\text{g})$ , ו-0.4 ליטר אדי מים,  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ .

(כל הנפחים נמדדו באותם תנאי לחץ וטמפרטורה.)

א. קבע את הנוסחה המולקולרית של הפחמימן. פרט את חישוביך ונמק.

ב. רשום ניסוח מאוזן לתגובה שהתרחשה.

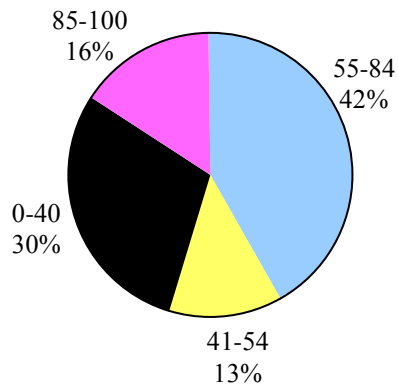
ג. חשב את נפח החמצן הדרוש לתגובה. פרט את חישוביך.

## שאלה 15

### חמצון-חיזור וסטויכיומטריה

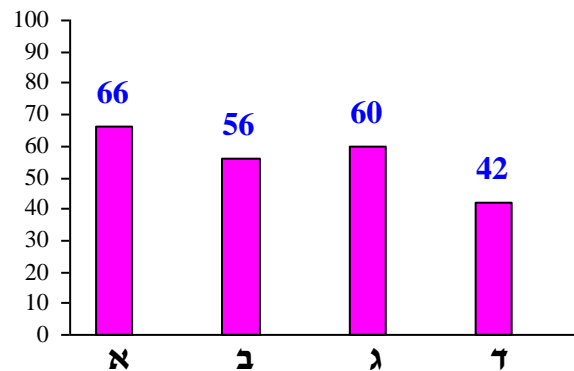
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 33% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 57

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע את דרגות החמצון של האטומים ביסודות, בתרכובות וביונים מורכבים.
- ◀ לחשב את מספר מולי האלקטרונים העוברים בתגובת חמצון-חיזור.
- ◀ לבצע חישובים סטויכיומטריים, כולל חישובים עבור תמיסות.
- ◀ להבחין בין מחזור למחמצן ובין תוצר חיזור לתוצר חמצון.
- ◀ לקבוע אם יש למהול את התמיסה הנתונה כדי לקבל תמיסה בריכוז מסוים ולחשב פי כמה למהול כדי לקבל את דרגת המיחול הרצוי.

#### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

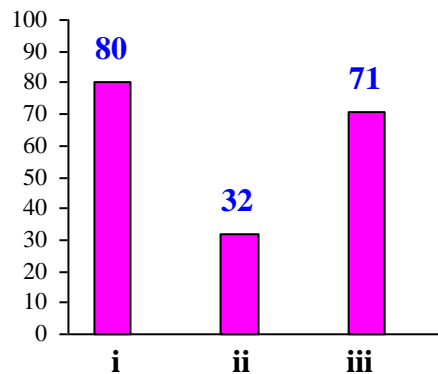
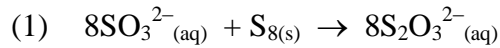
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
יישום	iii	
יישום		ב
יישום		ג
הבנה	i	ד
יישום	ii	

### פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בתגובות שבהן נוצרים או מגיבים יוני תיוסולפט,  $S_2O_3^{2-}$  (aq).  
יונים אלה מצויים בטבע במי מעיינות חמים ובגייזרים.

### סעיף א' (הציון 66)

יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) נוצרים בתגובה בין יונים גפריתיים,  $SO_3^{2-}$  (aq), לבין גפרית,  $S_{8(s)}$ , על פי תגובה (1):



### תת-סעיף i (הציון 80)

ציין את דרגת החמצון של אטומי S בכל אחד משלושה סוגי החלקיקים שבהם הוא מופיע בתגובה (1).

### התשובה:

החלקיק	$SO_3^{2-}$	$S_8$	$S_2O_3^{2-}$
דרגת חמצון של אטום S	+4	0	+2

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון את דרגות החמצון, אך חלק מהתלמידים טעו.  
הטעויות האופייניות שאותרו:

- קביעות שגויות בגלל חוסר התייחסות למטעני היונים  $S_2O_3^{2-}$  ו- $SO_3^{2-}$ .
- קביעה שגויה בגלל הכפלת דרגת החמצון של אטום S ביון  $S_2O_3^{2-}$ .
- ”דרגת החמצון של אטום S ביון  $S_2O_3^{2-}$  היא +4”.

## תת-סעיף ii (הציון 32)

כמה מול אלקטרוניים עוברים בתגובה (1), שבה מגיב 1 מול  $S_{8(s)}$ ? פרט את חישוביך.

### התשובה:

16 מול אלקטרוניים.

דרגת החמצון של אטומי S ב-  $S_{8(s)}$  עולה מ- (0) ל- (+2).  
בתגובה זו 1 מול אטומי S ב-  $S_{8(s)}$  מאבד (אנ: מוסר) 2 מול אלקטרוניים.  
ב- 1 מול  $S_{8(s)}$  יש 8 מול אטומי S.

מספר האלקטרוניים שעוברים בתגובה שבה מגיב 1 מול  $S_{8(s)}$ :  $8 \text{ mol} \times 2 = 16 \text{ mol}$

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא ענו לתת-סעיף זה. הטעויות האופייניות הן:

- "עברו 2 מול אלקטרוניים" - חוסר התייחסות לכך שישנם 8 מול אטומי S.
- "עברו 4 מול אלקטרוניים" - התייחסות לשני אטומי S ביון  $S_2O_3^{2-}$ .

## המלצות

מומלץ ללמד את הנושא של מולי אלקטרוניים העוברים בתגובת חמצון-חיזור בשלבים, כמובא במסמך שהוכן בקהילות מורים ומכיל המלצות ודפי עבודה:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=314&ArticleID=4609>

## תת-סעיף iii (הציון 71)

חשב את המסה של  $S_{8(s)}$  הדרושה לקבלת 100 מ"ל תמיסה המכילה יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) בריכוז 0.16 M. פרט את חישוביך.

### התשובה:

מספר המולים של יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) שהתקבלו:  $0.16 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.1 \text{ liter} = 0.016 \text{ mol}$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ- 1 מול  $S_{8(s)}$  נוצרים 8 מול יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq).

מספר המולים של  $S_{8(s)}$  שהגיבו:  $\frac{0.016 \text{ mol}}{8} = 0.002 \text{ mol}$

המסה המולרית של גופרית:  $256 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מסת הגופרית הדרושה לתגובה:  $0.002 \text{ mol} \times 256 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 0.512 \text{ gr}$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים מתקשים בפעולות סטויכיומטריות הכוללות מסת החומר, ריכוז החומר בתמיסה, מספר מולים של חומר. הטעויות האופייניות שאותרו:

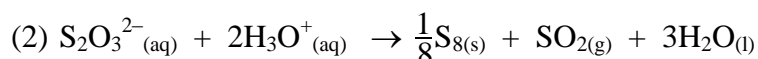
- ♦ המרת יחידות שגויה: הכפלה ב- 1000 במעבר ממ"ל לליטר, במקום חלוקה ב- 1000.
- ♦ חוסר התייחסות לנפח: חישוב עבור ליטר תמיסה.
- ♦ חישוב של מספר מולי אטומים במקום מספר מולים כולל: הכפלה ב- 8 אטומי גופרית.
- ♦ חוסר התייחסות ליחס המולים.

### המלצות

מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים מסוג זה. שאלות מתאימות: שאלה 4 בבגרות תש"ע, שאלה 6 בבגרות תשע"ב.

### סעיף ב' (הציון 56)

יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) מגיבים עם יוני הידרוניום,  $H_3O^+$  (aq), על פי תגובה (2):



בתגובה זו חלק מיוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) עוברים חמצון, וחלק מהם עוברים חיזור.

קבע מהו תוצר החמצון של יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq). נמק.

### התשובה:

תוצר החמצון הוא  $SO_{2(g)}$ .

דרגת החמצון של אטומי S ביוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) (או: במגיב) היא  $\textcircled{+2}$ .

בתוצרים דרגת החמצון של אטומי S היא  $\textcircled{+4}$  ב-  $SO_{2(g)}$  ו-  $\textcircled{0}$  ב-  $S_{8(s)}$ .  
בתהליך של חמצון יש עלייה בדרגת החמצון של האטום.

לכן תוצר החמצון הוא  $SO_{2(g)}$ .

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לקבוע את תוצר החמצון של יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq). הטעויות האופייניות שאותרו בסעיף זה:

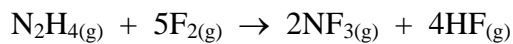
- ◆ טעויות בקביעת דרגות חמצון של אטומים ביונים מורכבים :
  - "תוצר החמצון הוא מולקולות המים שבהן החמצן של  $S_2O_3^{2-}$  (aq) מסר 4 אלקטרונים ועלה מ- (-6) ל- (-2)."
    - ◆ בלבול במושגים : תוצר חמצון ותוצר חיזור, מחזור ומחמצן :
      - "תוצר חמצון הוא התוצר שבו ירדה דרגת החמצון."
      - "הגופרית ב-  $S_2O_3^{2-}$  (aq) קיבלה אלקטרונים, לכן יון זה מחמצן ותוצר החמצון הוא  $S_{8(s)}$ ."
        - ◆ הסברים חלקיים :
        - "דרגת חמצון של S ירדה."
        - ◆ חוסר התייחסות ליחס המולים.

### המלצות

ישנו בלבול במושגים מחזור ומחמצן, תוצר חיזור ותוצר חמצון, ולכן מומלץ להרבות בעבודה עם תגובות, שבהן יש למצוא לא רק מחזור ומחמצן אלא גם תוצר חיזור ותוצר חמצון. שאלות לדוגמא :

שאלה 1

נתון ניסוח מאוזן של התגובה :



לפניך ארבעה ההיגדים :

- I. מול אחד של החומר המחזור בתגובה מוסר 5 מול אלקטרונים.
- II.  $NF_3(g)$  הוא גם תוצר חמצון וגם תוצר חיזור.
- III. מול אחד של החומר המחמצן בתגובה מקבל 2 מול אלקטרונים.
- IV.  $HF(g)$  הוא תוצר של חמצון.

ההיגדים הנכונים הם :

א. I ו- II בלבד

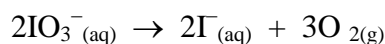
**ב. II ו- III בלבד**

ג. I ו- IV בלבד

ד. II ו- IV בלבד

שאלה 2

נתון ניסוח מאוזן של התגובה :



במהלך התגובה יוני  $IO_3^-(aq)$  עברו :

**א. חמצון וחיזור**

ב. חיזור בלבד

ג. חמצון בלבד

ד. פירוק ללא חמצון ו/או חיזור

## סעיף ג' (הציון 60)

1 מול יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) מגיב עם 4 מול יוני  $ClO^-$  (aq).  
תמיסות המכילות יוני  $ClO^-$  (aq) משמשות לחיטוי והלבנה.  
10 מ"ל תמיסה המכילה יוני  $ClO^-$  (aq) הגיבו בשלמות עם 22.3 מ"ל תמיסה המכילה יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) בריכוז 0.18 M.  
חשב את הריכוז של יוני  $ClO^-$  (aq) בתמיסה. פרט את חישוביך.

### התשובה:

מספר המולים של יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) שהגיבו:  $0.18 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.0223 \text{ liter} = 0.004 \text{ mol}$   
1 מול יוני  $S_2O_3^{2-}$  (aq) מגיב עם 4 מול יוני  $ClO^-$  (aq).  
מספר המולים של יוני  $ClO^-$  (aq) שהגיבו:  $0.04 \text{ mol} \times 4 = 0.016 \text{ mol}$   
הריכוז המולרי של יוני  $ClO^-$  (aq):  $\frac{0.016 \text{ mol}}{0.01 \text{ liter}} = 1.6 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

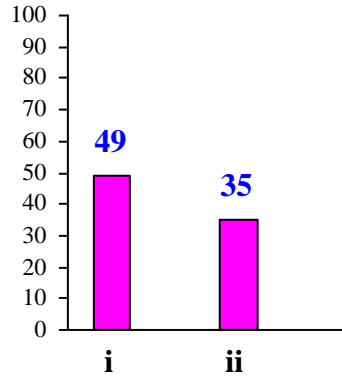
- הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים בחישובים עבור תמיסות מימיות.  
הטעויות האופייניות שאותרו:
- ◆ חישוב שגוי של ריכוז מולרי של המומס.
  - ◆ הכפלת ריכוז המומס במקדם שבניסוח התגובה.
  - ◆ טעויות ביחידות.

### המלצות

מומלץ להקפיד על רישום יחידות בחישובים סטויכיומטריים ולבקש מהתלמידים להמיר יחידות.

### סעיף ד' (הציון 42)

תמיסות המכילות יוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  בריכוז 0.4 M משווקות בישראל בשם "אקונומיקה", והן מיועדות לשימוש ביתי.



### תת-סעיף i (הציון 49)

התמיסה שאת ריכוזה קבעת בסעיף ג אינה מתאימה לשימוש ביתי. איזו פעולה צריך לבצע במעבדה כדי להכין ממנה תמיסה לשימוש ביתי?

#### התשובה:

מיהול התמיסה (א): הוספת מים עד לקבלת הריכוז הנדרש).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הבינו שמדובר במיהול של התמיסה הנתונה. הטעויות האופייניות שאותרו:

- "להעלות את הריכוז של יוני  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ ."
- "להעלות את הריכוז של יוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  עד שיגיע ל- 4 M."
- "הפחתה של הנפח."
- "הקטנת הריכוז."

### תת-סעיף ii (הציון 35)

מהו הנפח של תמיסת "אקונומיקה" שריכוזה 0.4 M שאפשר להכין מ- 1 ליטר תמיסה שאת ריכוזה חישבת בסעיף ג? נמק.



## התשובה:

4 ליטר תמיסת "אקונומיקה".

מספר המולים של יוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  ב- 1 ליטר תמיסה: 1.6 mol

הנפח של תמיסת "אקונומיקה" המכיל 1.6 מול יוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ :  $\frac{1.6 \text{ mol}}{0.4 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = 4 \text{ liter}$  או:

הריכוז של יוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה שבסעיף ג' גדול פי 4 מהריכוז של יוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסת "אקונומיקה". לכן יש למהול את התמיסה פי 4. יתקבלו 4 ליטר של תמיסת "אקונומיקה".

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא ענו לתת-סעיף זה. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ טעויות חישוב.
  - ♦ טעויות ביחידות.
  - ♦ הכפלת הריכוז של התמיסה מסעיף ג' פי 4.
- טעויות אלה נובעות מחוסר ידע והבנה כיצד לבצע את החישוב המבוקש.

## המלצות לסעיף ד i - ii

מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים בנושא ריכוז התמיסות, שבהם מתוארים שינויים כמותיים המבוצעים בתמיסות. שאלה לדוגמה:

לתמיסת אשלגן על מנגנטי  $\text{KMnO}_{4(\text{aq})}$  צבע ורוד-סגול. צבע זה אופייני ליוני  $\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})}$  שבתמיסה. הכינו שמונה כלים. בכל אחד מהכלים נמצאים 100 מ"ל תמיסת  $0.5 \text{ M KMnO}_{4(\text{aq})}$ . בטבלה שלפניך מתוארים הניסויים שנעשו בכל אחד משמונת הכלים. השלם את הטבלה. נתון: המלח  $\text{AgMnO}_{4(\text{s})}$  הוא קשה תמס.

ריכוז $K^+_{(aq)}$	מספר המולים של $K^+_{(aq)}$	ריכוז $MnO_4^-_{(aq)}$	מספר המולים של $MnO_4^-_{(aq)}$	היבט מיקרוסקופי	היבט מאקרוסקופי	הניסוי	הכלי
						איודוי מים כך שתקבל תמיסה בנפח 50 מ"ל	1
						הוספת 0.1 מול $KMnO_{4(s)}$	2
						הוספת 100 מ"ל מים	3
						הוספת 74.5 גרם $KCl_{(s)}$	4
						הוספת 50 מ"ל $NaMnO_{4(aq)}$ 0.5 M	5
						הוצאת 25 מ"ל מהתמיסה	6
						הוספת 1.7 גרם $AgNO_{3(s)}$	7
						הוספת 100 מ"ל תמיסת $AgNO_{3(aq)}$ 0.5 M	8

כמו כן מומלצת הפעילות (שכוללת גם סרטון מתאים) שנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=508&ArticleID=4415>