



סינהלת מל"ם  
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי  
ע"ש עמוס דה-שליס



## ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלונים 37381 ו- 37387 תשע"ח

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

בראשות: **זיוה בר-דב**

צוות הכתיבה: **חני אלישע**

**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 קצביץ**

**פרופ' גלעד הרן**

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

מרץ 2019

הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 09/07.13 עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.  
כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

## תוכן עניינים

עמ'		
4	מבוא כללי	◆
6	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הסגורות	◆
9	ניתוח התוצאות של שאלה 1	◆
13	ניתוח התוצאות של שאלה 2	◆
17	ניתוח התוצאות של שאלה 3	◆
21	ניתוח התוצאות של שאלה 4	◆
25	ניתוח התוצאות של שאלה 5	◆
28	ניתוח התוצאות של שאלה 6	◆
33	ניתוח התוצאות של שאלה 7	◆
39	ניתוח התוצאות של שאלה 8	◆
44	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות	◆
45	ניתוח התוצאות של שאלה 9	◆
59	ניתוח התוצאות של שאלה 10	◆
76	ניתוח התוצאות של שאלה 11	◆
89	ניתוח התוצאות של שאלה 12	◆
107	ניתוח התוצאות של שאלה 13	◆
121	ניתוח התוצאות של שאלה 14	◆

אנו מודים ל- 60 מעריכי בחינות הבגרות בכימיה, אשר השתתפו ביום העיון

שהתקיים בתיכון חדרה, בתאריך 15.1.2019 .

המפגש עסק בסיכום התוצאות של בחינת הבגרות, בניתוח קשיים וכיצד להתגבר עליהם. התקיימה סדנה בה עבדו המעריכים בקבוצות, בהנחיית המעריכים הבכירים, על שיפור הערכת הבחינה לקראת בחינת הבגרות תשע"ט, על איתור הסיבות לפערים בהערכת סעיפים אחדים ועל ההצעות לדרכי הוראה מיוחדות של נושאים שונים. סיכומי העבודה בסדנה עזרו לנו בכתיבת חוברת זו.

## ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלונים 37381 ו- 37387 תשע"ח

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

ניתוח הבגרות הנוכחי מופיע [באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע](#).

### באתר המפמ"ר.

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

הפרק הראשון של הבחינה הוא פרק חובה המכיל:

- שמונה שאלות סגורות.

- שאלה 9 - ניתוח קטע ממאמר מדעי.

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

ניתוח שאלות 1-8 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות 1-8) ותוצאות המדגם של 300 דפי תשובות של תלמידים (ציוני שאלות 1-8 וציוני המסיחים).

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

השנה ניגשו לבחינה **12458** תלמידים, על-פי הממצאים של מכון סאלד:

**12079** תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 37381

**379** תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 37387 - בחינה מתוקשבת.

הכנסת השינויים בתוכנית 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 לטיפול בקשיי 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 בחינת הבגרות. כל הטעויות של תלמידים נאספות ממחברות הבחינה על ידי מעריכי בחינת 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 אופייניות של תלמידים כרוך במאמצים רבים מצד המעריכים**

**ועל כך תודתנו הרבה.**

## ניתוח התוצאות של החלק הרב ברירתי - שאלות 8-1

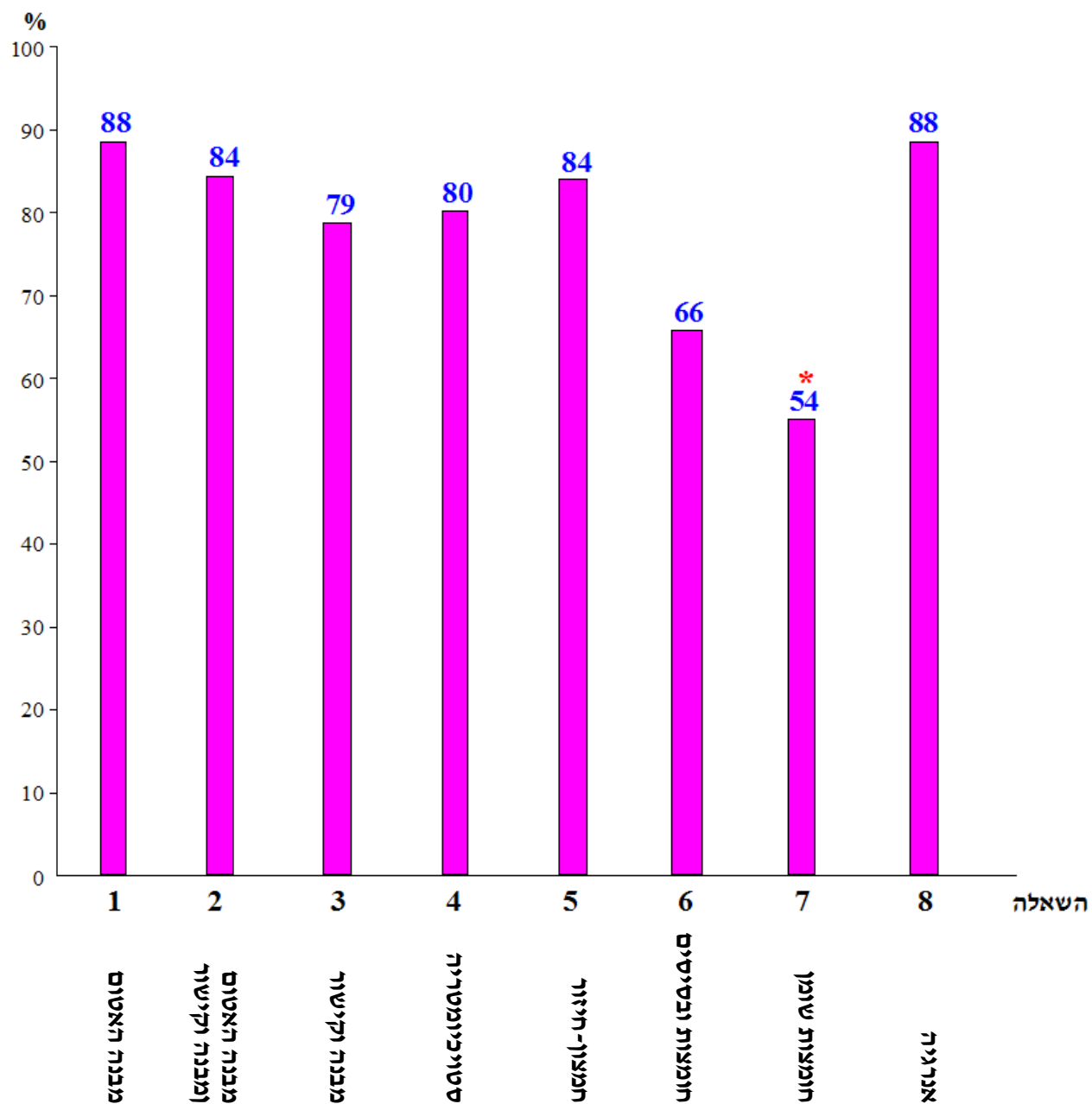
### בבחינת הבגרות תשע"ח

כפי שנאמר, החלק הרב-ברירתי של הבחינה הוא שאלות 8-1. ניתוח שאלות 8-1 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות 8-1) ותוצאות המדגם של 300 דפי תשובות של תלמידים (ציוני שאלות 8-1 וציוני המסיחים).

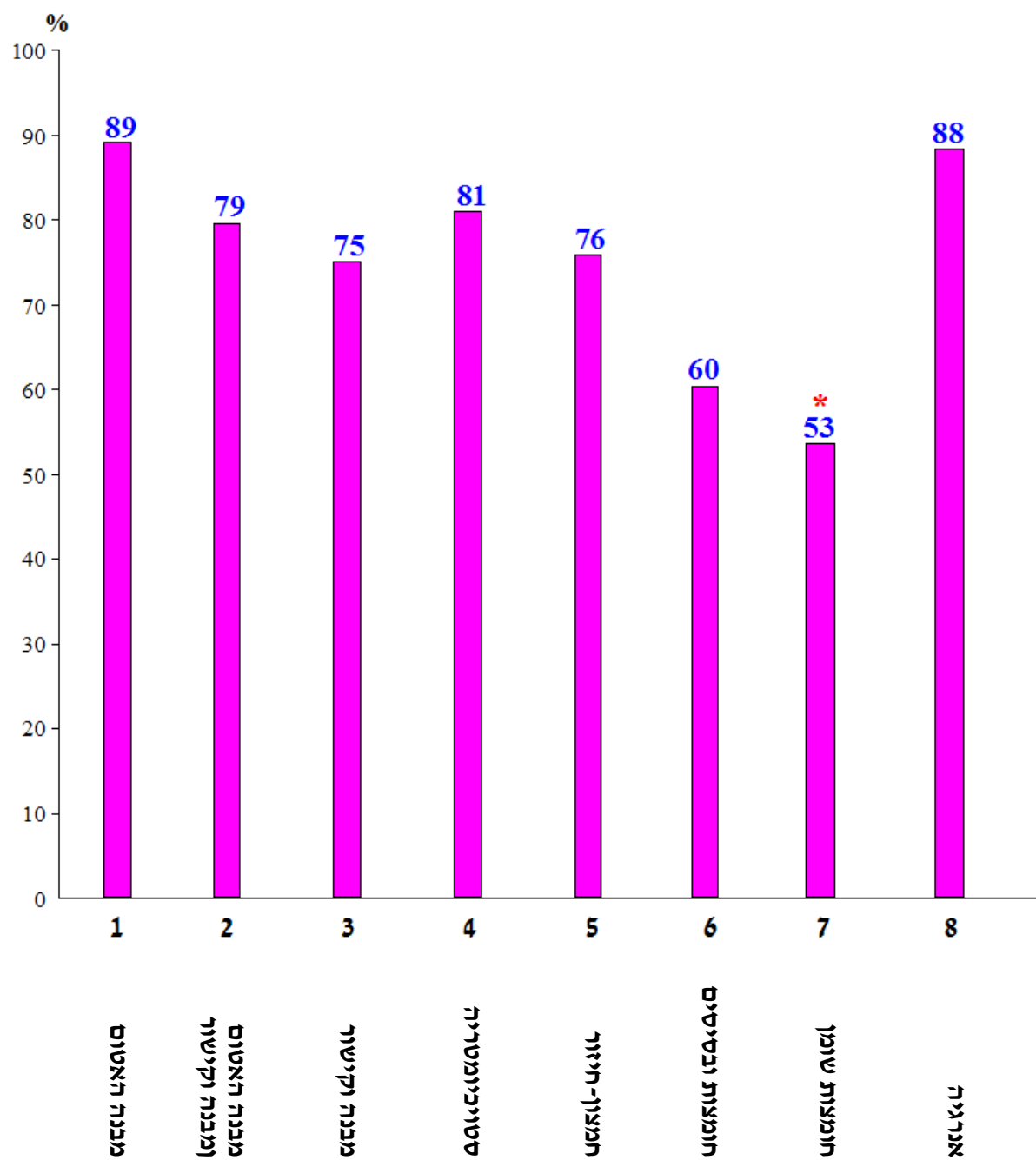
### ציונים ממוצעים ורמות חשיבה של שאלות 8-1:

נושא	מבנה האטום	מבנה האטום ומבנה וקישור	מבנה וקישור	סטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים	חומצות שומן	אנרגיה
שאלה	1	2	3	4	5	6	7	8
ציון	שאלון 037381	84	79	80	84	66	54	88
	שאלון 037387	89	79	81	76	60	53	88
רמת חשיבה	הבנה	יישום	יישום	יישום	אנליזה	אנליזה	יישום	יישום

## ציונים ממוצעים של שאלות 1-8 בשאלון 037381



## ציונים ממוצעים של שאלות 1-8 בשאלון 037387





## ניתוח שאלות 8-1

### 1 מבנה האטום

נתונים שניים מן האיזוטופים של רובידיום:  $^{87}_{37}\text{Rb}$  ו-  $^{85}_{37}\text{Rb}$ .  
משני האיזומרים האלה, רק איזוטופ  $^{87}\text{Rb}$  פולט קרינה רדיואקטיבית.  
מהי הקביעה הנכונה?

	שאלון 037387	שאלון 037381
<b>א. כאשר האיזוטופ <math>^{87}_{37}\text{Rb}</math> פולט קרינת <math>\beta</math>, נוצר האיזוטופ <math>^{87}_{38}\text{Sr}</math>.</b>	<b>89%</b>	<b>88%</b>
ב. מספר הנויטרונים באיזוטופ $^{87}\text{Rb}$ שווה למספר הנויטרונים באיזוטופ $^{85}\text{Rb}$ .		2%
ג. מספר האלקטרונים באטום ניטרלי של $^{87}\text{Rb}$ גדול ממספר האלקטרונים באטום ניטרלי של $^{85}\text{Rb}$ .		4%
ד. התרכובת $^{87}\text{RbCl}_{(s)}$ אינה פולטת קרינה רדיואקטיבית.		6%






### הנימוק

התשובה הנכונה היא א'.

בקרינה רדיואקטיבית מסוג בטא, מגרעין האטום נפלט חלקיק  $\beta$  שהוא אלקטרון. נויטרון אחד בגרעין מתפרק לפרוטון ואלקטרון, לכן מספר נויטרונים קטן באחד ומספר פרוטונים גדל באחד (סך כול מספר פרוטונים + מספר נויטרונים במגיבים ובתוצרים נשאר שווה). האיזוטופ  $^{87}_{37}\text{Rb}$  פלט קרינת  $\beta$ , נוצר האיזוטופ  $^{87}_{38}\text{Sr}$ . זאת אומרת, מספר מסה לא השתנה ומספר פרוטונים עלה באחד. מסיח ב' אינו נכון. לשני איזוטופים של אותו יסוד מספר נויטרונים שונה ולכן מספר המסה שונה. מסיח ג' אינו נכון. איזוטופים של אותו יסוד מכילים מספר אלקטרונים שווה. מסיח ד' אינו נכון. כאשר ביצירת תרכובת משתתפים אטומי יסוד רדיואקטיבי, האטומים ו/או יונים של יסוד זה ממשיכים להיות רדיואקטיביים גם בתרכובת, שכן הגרעינים לא משתנים בתהליך היווצרות התרכובת.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להשתמש בסמלים של איזוטופים לפי שפת הכימאים. 
- לקבוע מספר פרוטונים, נויטרונים ואלקטרונים באטום. 
- לזהות איזוטופים של אותו יסוד. 
- להגדיר וליישם את המאפיינים של תגובות גרעיניות מסוג בטא. 
- לקבוע שתרכובת הנוצרת מאטומי יסוד רדיואקטיבי, גם היא רדיואקטיבית. 

## סיבות אפשריות לטעויות

הציונים גבוהים בשני השאלונים.  
רוב התלמידים זיהו את תוצר התגובה הרדיואקטיבית שבה נפלטת קרינת בטא.  
6% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. שהם חשבו שהשתתפות אטומי יסוד רדיואקטיבי ביצירת תרכובת אינה גורמת לתרכובת להיות רדיואקטיבית.  
4% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. נראה שהם התקשו בקביעת מספר אלקטרונים באטום, ולא הפנימו שלאִיזוטופים שונים של אותו יסוד מספר אלקטרונים שווה.  
2% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. תלמידים אלה התקשו במציאת מספר הנויטרונים בגרעין האטום על פי מספר המסה שלו.

## המלצות

מומלץ לבצע עם התלמידים פרויקט "פיית השן" - פעילות בנושא איזוטופים שפיתחה רותי שטנגר.

[הפעילות נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

מומלץ לבצע עם התלמידים את הפעילות המוצעת ע"י טלי זינגר:

לצפות בשני סרטונים בנושא רדיואקטיביות מבית היוצר של: TED-Ed ולמלא את דפי העבודה

המצורפים. [הפעילות נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

כמו כן, ניתן לתרגל שאלת מאמר "הגנה על בלוטת התריס בעזרת לוגול", המכילה סעיפים בנושא איזוטופים וקרינה רדיואקטיבית. [השאלה מופיעה באתר מפמ"ר כימיה.](#)

שאלות בנושא איזוטופים, מופיעות בחינות הבגרות: תשע"ו - שאלה 1א', תשע"ה - שאלה 1א'.

[ניתן למצוא שאלות אלה בחוברות ניתוח בגרות, הנמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

מומלץ לתרגל שאלת מאמר "כיצד קובעים את הגיל של מאובן?" שפורסמה בפורום "נטוכימיה"

ע"י טליה סילבר בתאריך 23.12.2018. [המאמר והסרטון מופיעים באתר של מכון דוידסון.](#)

## שאלות נוספות מומלצות

### שאלה 1

איזוטופים של אורניום המצויים בטבע הם בעיקר  $^{238}\text{U}$ , מעט  $^{235}\text{U}$  ועקבות  $^{234}\text{U}$ . בכרייה מקבלים אורניום שהוא תערובת של איזוטופים האלה. בכורים גרעיניים משתמשים באורניום מעושר שבו ריכוז האיזוטופ הרדיואקטיבי  $^{235}\text{U}$  מוגדל באופן מלאכותי.

בתהליך העשרת אורניום משתמשים בתרכובת אורניום פלואורי,  $\text{UF}_6(\text{g})$ .

א. ציין את ההבדלים בין שלושת האיזוטופים הנתונים בשאלה.

ב. לפניך חמישה היגדים. ציין אילו היגדים נכונים ואילו אינם נכונים.

אם ההיגד נכון, נמק את קביעתך. אם ההיגד אינו נכון, הסבר מדוע או תקן אותו.

- I. לאטום אורניום בתרכובת  $^{235}\text{UF}_6$  יש 92 פרוטונים ו-143 נויטרונים.
- II. בתגובה בין אורניום  $^{235}\text{U}$  ופלואור תתקבל תרכובת  $\text{UF}_6(g)$  רדיואקטיבית.
- III. לשלושת האיזוטופים הנתונים בשאלה יש מספר שווה של נויטרונים.



אות X מייצגת חלקיק אלפא.



אות Y מייצגת חלקיק אלפא.

### התשובה

#### סעיף א'

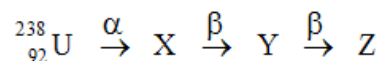
- איזוטופ  $^{238}\text{U}$  מכיל 92 פרוטונים, 92 אלקטרונים ו-146 נויטרונים ( $238 - 92 = 146$ ).
- איזוטופ  $^{235}\text{U}$  מכיל 92 פרוטונים, 92 אלקטרונים ו-143 נויטרונים ( $235 - 92 = 143$ ).
- איזוטופ  $^{234}\text{U}$  מכיל 92 פרוטונים, 92 אלקטרונים ו-142 נויטרונים ( $234 - 92 = 142$ ).
- ההבדל בין האיזוטופים הוא במספר נויטרונים, מספר פרוטונים ואלקטרונים שווה.

#### סעיף ב'

- I. נכון. יצירת תרכובת אינה משנה את מספר פרוטונים ונויטרונים של אטומים.
- II. נכון. אם תרכובת מכילה אטומים רדיואקטיביים, גם היא רדיואקטיבית. הקשרים הנוצרים לא משנים את הרכב הגרעינים של אטומים האחראים על קרינה רדיואקטיבית.
- III. לא נכון. איזוטופים שונים של אותו יסוד נבדלים זה מזה במספר הנויטרונים.
- IV. נכון. חלקיק אלפא, הנפלט בקרינה רדיואקטיבית, מורכב משני פרוטונים ומשני נויטרונים. לכן בתגובה הנתונה מספר אטומי של היסוד קטן בשניים ומספר המסה קטן בארבע.
- V. לא נכון. בתגובה הנתונה מספר אטומי של היסוד גדל באחד ומספר המסה לא משתנה. (בתגובה זו אות Y מייצגת חלקיק בטא).

### שאלה 2

התרשים שלפניך מציג את שרשרת התגובות הגרעיניות וסוגים שונים של קרינה רדיואקטיבית שנפלטת במהלך תגובות אלה.



א. השלם את הטבלה שלפניך.

שינוי בגרעין לאחר הפליטה		מטען החלקיק בגרעין	מספר נויטרונים בגרעין	מספר פרוטונים בגרעין	
במספר המסה	במספר האטומי				
					חלקיק $\alpha$
					חלקיק $\beta$

ב. ציין מספר אטומי ומספר מסה של החלקיקים  $Z, Y, X$ .

ג. זהה את החלקיקים  $Z, Y, X$ .

ד. ציין מספר הפרוטונים, האלקטרונים והנויטרונים בכל אחד החלקיקים  $Z, Y, X$ .

ה. ציין את המטען של כל אחד החלקיקים  $Z, Y, X$ .

**התשובה**

**סעיף א'**

שינוי בגרעין לאחר הפליטה		מטען החלקיק	מספר נויטרונים בגרעין	מספר פרוטונים בגרעין	החלקיק
במספר המסה	במספר האטומי				
יורד ב- 4	יורד ב- 2	+2	2	2	חלקיק $\alpha$
אין שינוי	עולה ב- 1	-1	0	0	חלקיק $\beta$

**סעיפים ב'-ה'**

החלקיק	מספר אטומי	מספר המסה	מספר פרוטונים בגרעין	מספר נויטרונים בגרעין	מספר אלקטרונים בחלקיק	מטען החלקיק	סימול החלקיק
X	90	234	90	144	92	-2	Th
Y	91	234	91	143	92	-1	Pa
Z	92	234	92	142	92	0	U

## 2 מבנה האטום ומבנה וקישור

האותיות X ו-Z הן סמלים שרירותיים המייצגים שני יסודות בשורה השלישית של הטבלה המחזורית.

היסוד X מוליך חשמל במצב מוצק.

היסוד Z אינו מוליך חשמל במצב מוצק.

מהו ההיגד הנכון?

	שאלון 37387	שאלון 37381
א. אנרגיית היינון של אטום היסוד X גבוהה מאנרגיית היינון של אטום היסוד Z.	8%	
<b>ב. הרדיוס של אטום היסוד X גדול מן הרדיוס של אטום היסוד Z.</b>	<b>79%</b>	<b>84%</b>
ג. התרכובת המתקבלת מן היסודות X ו-Z היא גז בטמפרטורת החדר.	5%	
ד. נוסחת התרכובת של יסוד X עם מימן, H, היא $XH_4$ .	3%	

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

שני היסודות נמצאים באותה שורה (באותו מחזור) בטבלה המחזורית. היסוד X מוליך חשמל במצב מוצק, ז. א. הוא יסוד מתכתי, ומיקומו בשורה השלישית לפני היסוד Z. ככל שמספר אטומי של היסוד בשורה גדול יותר, הרדיוס של אטום שלו קטן יותר.

מסיח א' אינו נכון. אנרגיית היינון של אטום היסוד X נמוכה מאנרגיית היינון של אטום היסוד Z, מפני שככל שמספר אטומי של יסוד בשורה הולך וגדל אנרגיית יינון הולכת וגדלה, כי המטען הגרעיני הולך וגדל.

מסיח ג' אינו נכון. התרכובת המתקבלת מן היסודות X ו-Z היא מוצק בטמפרטורת החדר. מדובר בתרכובת יונית הנוצרת בתגובה בין מתכת לבין אל-מתכת.

מסיח ד' אינו נכון. נוסחת התרכובת של יסוד X עם מימן, H, יכולה להיות:  $XH$ ,  $XH_2$ ,  $XH_3$ . זאת תרכובת בין מימן ליסוד מטור ראשון, שני או שלישי בלבד.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- למקם יסודות מאותה שורה בטבלה מחזורית, כשנתונה מוליכות חשמלית של יסודות במצב מוצק.
- לקשר בין מיקום היסוד בשורה בטבלה מחזורית לבין גודל הרדיוס של אטום היסוד.
- לקשר בין מיקום היסוד בשורה בטבלה מחזורית לבין אנרגיית היינון שלו.
- לקבוע את נוסחת התרכובת של היסוד הנתון עם מימן.

- ◀ לקבוע את סוג התרכובת (יונית או מולקולרית) שנוצרה מיסודות הנמצאים באותה שורה בטבלה מחזורית.
- ◀ לקשר בין סוג התרכובת לתכונותיה.

### סיבות אפשריות לטעויות

הציונים גבוהים בשני השאלונים, אך הציון בשאלון 37381 גבוה יותר. רוב התלמידים הצליחו למקם את היסודות בשורה בטבלה מחזורית, על פי המוליכות שלהם במצב מוצק, ולקשר בין מיקום היסוד לבין גודל הרדיוס של אטום שלו. 8% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה התקשו לקשר בין מיקום היסוד בשורה בטבלה מחזורית לבין אנרגיית היינון שלו. 5% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. הם לא הצליחו לזהות תרכובת יונית או לא ידעו מהו מצב הצבירה של תרכובת יונית בטמפרטורת החדר. 3% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. הם התקשו בקביעה של נוסחת התרכובת של יסוד מתכתי עם מימן. יתכן שהיו תלמידים שזיהו יסוד X כגרפיט.

### המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד למקם יסודות באותה שורה בטבלה מחזורית על פי תכונות היסודות האלה, ועל פי תכונות התרכובות של יסודות האלה; כיצד לקשר בין מיקום של יסוד בשורה בטבלה מחזורית לבין הרדיוס האטומי של יסוד ולבין אנרגיית יינון של אטומי היסודות. מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מתאימות, כגון שאלות מבחינות הברורות. לשם כך אפשר להיעזר בחוברות של ניתוח בגרות משנים קודמות, הכוללות נימוקים לתשובות לשאלות סגורות והמלצות. שאלות לדוגמה: תשס"ט - שאלה 1א', תש"ע - שאלה 1א', תשע"ב - שאלה 1א'.

[חברות אלה נמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מהחוברת: מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום", שהוכנה ע"י מיכאל קויפמן. החוברת מכילה שאלות מבחינות הברורות בכימיה תשנ"ח-תשע"ז ותשובות על שאלות אלה, וגם שאלות ותשובות נוספות בנושא. כל השאלות והתשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים. [החוברת נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

### שאלה לתרגול בנושאים: מבנה האטום ומבנה וקישור

#### שאלה 1

השאלה עוסקת בתרכובת  $XY_2$ . האותיות X ו-Y הן סמלים שרירותיים המייצגים שני יסודות. יסוד X נמצא בשורה שלישית במערכת מחזורית. ליסוד Y יש שבעה אלקטרוני ערכיות. לפניך ארבעה היגדים המתייחסים לתרכובת  $XY_2$ .

מהו ההיגד הנכון?

א. תרכובת  $XY_2$  מורכבת ממולקולות.

ב. תרכובת  $XY_2$  מוליכה חשמל במצב נוזל.

ג. תרכובת  $XY_2$  מתמוססת היטב במים.

**ד. אי אפשר לקבוע את סוג התרכובת  $XY_2$  ללא נתונים נוספים.**

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

נתון שליסוד Y יש שבעה אלקטרוני ערכיות. לכן הוא נמצא בטור שביעי בטבלה מחזורית. יסוד Y הוא אל-מתכת. על פי נוסחת התרכובת, יסוד X יכול להיות בטור שני - מגנזיום, Mg, או בטור שישי - גופרית, S. לכן התרכובת יכולה להיות תרכובת יונית -  $MgY_2$ , או תרכובת מולקולרית -  $SY_2$ . שאר המסיחים אינם נכונים, כי כל אחד מהם מתייחס לתרכובת מסוג מסוים: או לתרכובת יונית (ב', ג') או לתרכובת מולקולרית (א').

### שאלה 2

האותיות a, b, c, d, e הן סמלים שרירותיים המייצגים חמישה יסודות עוקבים בטבלה מחזורית (ליסוד a המספר האטומי הקטן ביותר וליסוד e המספר האטומי הגדול ביותר). ליסוד c אנרגיית היינון הגבוהה ביותר מבין חמשת היסודות. מהו ההיגד הנכון?

**א. ליסוד d מספר אלקטרוני ערכיות הקטן ביותר מבין חמשת היסודות.**

ב. כל היסודות הנתונים נמצאים באותה השורה בטבלה המחזורית.

ג. נוסחת התרכובת שנוצרת מהיסודות a ו-d היא  $da_2$ .

ד. תרכובת  $eH_2$  היא גז בטמפרטורת החדר.

### הנימוק

התשובה הנכונה היא א'.

מספר אלקטרוני הערכיות קובע את מספר הטור.

סידור היסודות הנתונים לפי מיקומם האפשרי במערכת המחזורית - שיוכם לטורים המתאימים.

טור 1	טור 2	טור 3	טור 4	טור 5	טור 6	טור 7	טור 8
					a	b	c
d	e						

נתון שליסוד c אנרגיית היינון הגבוהה ביותר. המסקנה: הוא נמצא בטור 8. לכן חמשת היסודות אינם נמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית. מיסוד a עד היסוד c יש עלייה באנרגיית היינון

ומיסוד c עד ליסוד d יש ירידה חדה באנרגיית היינון. יסוד d נמצא בטור 1 ולאטום שלו יש אלקטרון ערכיות אחד. לפיכך התשובה הנכונה היא א' ומסיח ב' אינו נכון.  
מסיח ג' אינו נכון. נוסחת התרכובת שנוצרת מהיסודות a ו-d, היא  $d_2a$ .  
מסיח ד' אינו נכון. תרכובת  $eH_2$  היא מוצק בטמפרטורת החדר, כי היא תרכובת יונית.

### שאלה 3

השאלה עוסקת בתרכובות מולקולריות  $XH_3$  ו- $ZH_3$ .  
האותיות X, Y, Z הן סמלים שרירותיים המייצגים שלושה יסודות עוקבים, הנמצאים בשורה שנייה בטבלה מחזורית

(ליסוד X המספר האטומי הקטן ביותר וליסוד Z המספר האטומי הגדול ביותר).  
למולקולה  $XH_3$  צורה של משולש מישורי, ולמולקולה  $ZH_3$  צורה של פירמידה משולשת.  
מהי הקביעה הנכונה?

א. המולקולות  $XH_3$  ו- $ZH_3$  הן קוטביות.

**ב. נוסחת התרכובת של יסוד Y עם מימן, H, היא  $YH_4$ .**

ג. אנרגיית היינון של היסוד X גבוהה מאנרגיית היינון של היסוד Z.

ד. אלקטרושליליות של אטום היסוד X גבוהה מאלקטרושליליות של אטום היסוד Z.

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

על פי הנוסחאות הנתונות, יסוד X נמצא בטור 3, יסוד Y - בטור 4 ויסוד Z - בטור 5.

לכן נוסחת התרכובת של יסוד Y עם מימן, H, היא  $YH_4$ .

מסיח א' אינו נכון. למולקולה  $XH_3$  צורה של משולש מישורי, לכן היא אינה קוטבית.

מסיח ג' אינו נכון. אנרגיית היינון של יסודות עולה לאורך השורה, לכן אנרגיית היינון של היסוד Z

גבוהה מאנרגיית היינון של היסוד X.

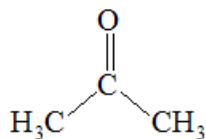
מסיח ד' אינו נכון. אלקטרושליליות של אטומי היסודות עולה לאורך השורה, לכן אלקטרושליליות של

אטום היסוד Z גבוהה מאלקטרושליליות של אטום היסוד X.

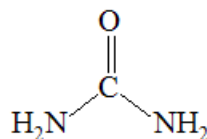


### 3 מבנה וקישור

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה של מולקולות החומרים: אוריאה ואצטון.



אצטון



אוריאה

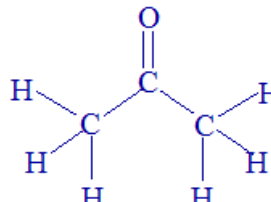
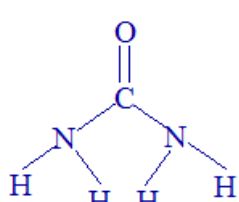
מהו ההיגד הנכון?

	שאלון 37387	שאלון 37381
א. המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולה של אוריאה גדול מן המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולה של אצטון.	10%	
ב. במולקולות של שני החומרים יש אטומי מימן, H, "חשופים מאלקטרוניים".	9%	
ג. בין המולקולות של אוריאה וגם בין המולקולות של אצטון נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד.	2%	
ד. המולקולות של אוריאה וגם המולקולות של אצטון יכולות ליצור קשרי מימן עם מולקולות מים.	75%	79%

#### מולקולות מים.

#### הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'. כדי לבחור בתשובה הנכונה יש להשוות בין שתי המולקולות הנתונות:

אצטון	אוריאה	החומר
שניהם חומרים מולקולריים		סוג החומר
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	$\text{N}_2\text{H}_4\text{CO}$	נוסחה מולקולרית
		ייצוג מלא לנוסחת מבנה
30 אלקטרוניים	30 אלקטרוניים	גודל יחסי של ענני האלקטרוניים במולקולות החומרים הנתונים
אינטראקציות ון-דר-ואלס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
כוחות בין מולקולריים באוריאה חזקים יותר מאשר באצטון.		חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל

מתוך האמור בטבלה ניתן לראות שהיגדים א', ב', ג' אינם נכונים.  
היגד ד' נכון, כיוון שבין מולקולות אצטון לבין מולקולת מים נוצרים קשרי מימן. קשרי מימן נוצרים בין זוגות אלקטרוניים לא קושרים של אטום חמצן במולקולת אצטון לבין אחד מאטומי המימן החשופים מאלקטרוניים שבמולקולת המים הסמוכה.  
בין מולקולות אוריאה לבין מולקולות מים ייווצרו קשרי מימן בין זוגות אלקטרוניים לא קושרים של אטום החמצן או אטום החנקן במולקולת אוריאה לבין אחד מאטומי מימן החשופים מאלקטרוניים שבמולקולת מים סמוכה. ייווצרו קשרי מימן גם בין זוגות אלקטרוניים לא קושרים של אטום חמצן של מולקולת מים לבין אחד מאטומי מימן החשופים מאלקטרוניים שבמולקולת אוריאה סמוכה.

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

### **כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:**

- להבחין בין חומר מולקולרי במצב נוזל לבין תמיסה מימית של חומר מולקולרי.
- לקבוע את סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים מולקולריים במצב נוזל.
- להבחין באטום מימן חשוף מאלקטרוניים במולקולת החומר.
- להסביר את תנאי ההיווצרות של קשרי מימן: בין מולקולות של חומר במצב נוזל ובין מולקולות של שני חומרים (ממס ומומס) בתמיסה.
- להשוות בין גודל יחסי של ענני האלקטרוניים במולקולות החומרים הנתונים על פי המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולות.

### **סיבות אפשריות לטעויות**

הציונים בינוניים בשני השאלונים, אך הציון בשאלון 37381 גבוה במקצת.  
רוב התלמידים בחרו בהיגד המתאר את ההיווצרות של קשרי מימן בין מולקולות אוריאה לבין מולקולות המים, ובין מולקולות אצטון לבין מולקולות המים.  
10% מהתלמידים בחרו במסיח אי. הם לא ספרו נכון את מספר האלקטרוניים הכולל במולקולות החומרים.  
9% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם לא הבחינו בכך שבמולקולת אצטון אין אטום מימן חשוף אלקטרוניים, כי לא הפנימו את תנאי היווצרות קשרי מימן.  
2% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. תלמידים אלה התקשו לקבוע שבין מולקולות אוריאה יש קשרי מימן.

### **המלצות**

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות כמו טבלאות המופיעות בתשובות לשאלות נוספות 1 ו- 2.

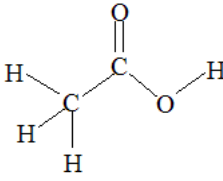
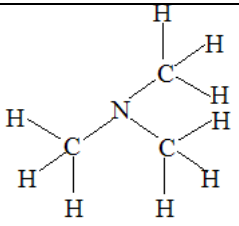
## שאלה לתרגול בנושא מבנה וקישור

### שאלה 1

טמפרטורת הרתיחה של חומצה אצטית,  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$ , גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של תלת-מתיל אמיין,  $(\text{CH}_3)_3\text{N}_{(l)}$ . הסבר עובדה זו.

### התשובה

טמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק הכוחות הבין מולקולריים.

החומר	חומצה אצטית	תלת-מתיל אמיין
סוג החומר	מולקולרי	מולקולרי
נוסחה מולקולרית	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	$\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$
ייצוג מלא לנוסחת מבנה		
גודל יחסי של ענני האלקטרוניים במולקולות החומרים הנתונים	32 אלקטרוניים	34 אלקטרוניים
סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	אינטראקציות ון-דר-ואלס
חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	הכוחות הבין מולקולריים בחומצה אצטית במצב נוזל חזקים מהכוחות הבין מולקולריים בתלת-מתיל אמיין. גודל של ענני האלקטרוניים במולקולות החומרים הנתונים דומה, וקשרי מימן חזקים מאינטראקציות ון-דר-ואלס.
טמפרטורות רתיחה של החומרים	טמפרטורת הרתיחה של חומצה אצטית גבוהה יותר, כיוון שטמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק הכוחות הבין מולקולריים.	

### שאלה 2

מסיסות במים של מתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$ , טובה, ואילו מסיסות במים של מתיל כלוריד,  $\text{CH}_3\text{Cl}_{(l)}$ , זניחה. הסבר עובדות אלה.

## התשובה

הסבר המסיסות הטובה של מתאנול במים :

החומר	המומס : מתאנול $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	הממס : מים $\text{H}_2\text{O}$
סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר	מולקולות	מולקולות
הכוחות בין מולקולות החומר	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס
סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה	בין מולקולות מתאנול לבין מולקולות מים נוצרים קשרי מימן. קשרי מימן נוצרים בין זוגות אלקטרונים לא קושרים של אטום חמצן במולקולת אצטון לבין אחד מאטומי מימן החשופים מאלקטרונים שבמולקולת המים הסמוכה, או בין זוגות אלקטרונים לא קושרים של אטום חמצן במולקולת מים לבין מאטום מימן החשוף מאלקטרונים שבמולקולת המתאנול הסמוכה.	
המסקנה	המסיסות של מתאנול במים טובה.	

הסבר המסיסות הזניחה של מתיל כלוריד במים :

החומר	המומס : מתיל כלוריד $\text{CH}_3\text{Cl}_{(l)}$	הממס : מים $\text{H}_2\text{O}$
סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר	מולקולות	מולקולות
הכוחות בין מולקולות החומר	אינטראקציות ון-דר-ואלס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס
סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה	אין אפשרות ליצירת קשרי מימן בין מולקולות מתיל כלוריד לבין מולקולות המים, כי במולקולת מתיל כלוריד אין אטום אלקטרושלילי F, O, N ואין אטום מימן חשוף מאלקטרונים.	
המסקנה	המסיסות של מתיל כלוריד במים זניחה.	

#### 4 סטויכיומטריה

במעבדה הכינו 0.5 ליטר תמיסה, על ידי המסה של 6.05 גרם ברזל חנקתי,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$ , במים. המסה המולרית של  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$  היא  $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$  242. מהו הריכוז המולרי של יוני  $\text{NO}_3^-$  (aq) בתמיסה זו?

שאלון	שאלון
37387	37381
0.025 M א.	2%
0.05 M ב.	13%
0.075 M ג.	5%
<b>0.15 M ד.</b>	<b>81% 80%</b>

#### הנימוק



מספר המולים של  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$  שהמיסו במים להכנת 0.5 ליטר תמיסה:  $\frac{6.05 \text{ gr}}{242 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.025 \text{ mol}$

על פי ניסוח תהליך ההמסה, בהמסה של 1 מול  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$  מתקבלים בתמיסה 1 מול יוני  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  ו-3 מול יוני  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ .

בהמסה של 0.025 מול  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$  מתקבלים בתמיסה 0.025 מול יוני  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  ו-0.075 מול יוני  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ .

הריכוז המולרי של יוני  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$  בתמיסה:  $\frac{0.075 \text{ mol}}{0.5 \text{ liter}} = 0.15 \text{ M}$

או:

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{מים}} \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{NO}_3^-(\text{aq})$			
1	1	3	יחס המולים בניסוח התגובה
6.05			מסה נתונה (gr)
242			מסה מולרית ( $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$ )
0.025	→ 0.025	→ 0.075	מספר מולים (mol)
		↓ 0.5	נפח התמיסה (liter)
		↓ 0.15	ריכוז מולרי ( $\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$ )

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לזהות תרכובת יונית.
- לנסח ולאזן את ניסוח תהליך ההמסה במים של תרכובת יונית.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים.

### סיבות אפשריות לטעויות

הציונים גבוהים בשני השאלונים. רוב התלמידים זיהו תרכובת יונית וביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים הדרושים. 13% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם טעו באיזון של ניסוח תהליך ההמסה או התעלמו מיחס המולים בניסוח וחישובו את מספר המולים ואת הריכוז של יוני  $\text{NO}_3^-$  (aq) על פי היחס 1:1. 5% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. הם התעלמו מכך שהכינו 0.5 ליטר תמיסה ולא 1 ליטר, או אינם מבחינים בין מספר המולים של מומס בתמיסה לבין הריכוז המולרי שלו בתמיסה. 2% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה גם התעלמו מיחס המולים בניסוח וחישובו את מספר המולים ואת הריכוז של יוני  $\text{NO}_3^-$  (aq) על פי היחס 1:1, וגם אינם מבחינים בין מספר המולים של מומס בתמיסה לבין הריכוז המולרי שלו בתמיסה.

### שאלה לתרגול בנושא סטויכיומטריה

#### שאלה 1

תמיסה מימית של מלח אמוניום גפרתי,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (aq), משמשת כדשן. א. נסח ואזן את תהליך ההמסה במים של מלח אמוניום גפרתי,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (s). ב. חשב את המסה של  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (s) שיש להמס במים כדי להכין 0.5 ליטר של תמיסה שהריכוז של יוני  $\text{NH}_4^+$  (aq) בה הוא 0.16 M. פרט את חישוביך.

#### התשובה

#### סעיף א'



#### סעיף ב'

מספר המולים של יוני  $\text{NH}_4^+$  (aq) ב- 0.5 ליטר תמיסה:  $0.16 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.5 \text{ liter} = 0.08 \text{ mol}$

בהמסה במים של 1 מול  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{s})$  מתקבלים בתמיסה 2 מול יוני  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ ,  
 לכן מספר המולים של  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ב- 0.5 ליטר תמיסה:  $0.08 \text{ mol} : 2 = 0.04 \text{ mol}$

המסה המולרית של  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{s})$ :  $132 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

המסה של  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{s})$  שיש להמס במים:  $132 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.04 \text{ mol} = 5.28 \text{ gr}$

## שאלה 2

ל- 0.25 ליטר תמיסה מימית של סידן הידרוקסיד,  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ , בריכוז 0.2 M הוסיפו  
 250 מ"ל תמיסה מימית של נתרן הידרוקסיד,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ , בריכוז 0.3 M.

א. חשב את מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$  בתמיסה שהתקבלה לאחר הערבוב. פרט את חישוביך.

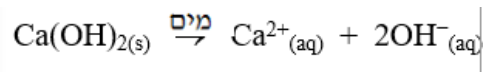
ב. חשב את הריכוז המולרי של יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$  בתמיסה שהתקבלה לאחר הערבוב. פרט את חישוביך.

## התשובה

### סעיף א'

מספר המולים של  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ב- 0.25 ליטר תמיסה:  $0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.25 \text{ liter} = 0.05 \text{ mol}$

תהליך ההמסה במים של  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$ :

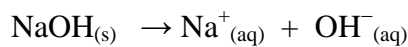


בהמסה במים של 1 מול  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$  מתקבלים בתמיסה 2 מול יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$ .

מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$  ב- 0.25 ליטר תמיסה:  $0.05 \text{ mol} \times 2 = 0.1 \text{ mol}$

מספר המולים של  $\text{NaOH}$  ב- 0.25 ליטר תמיסה:  $0.3 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.25 \text{ liter} = 0.075 \text{ mol}$

תהליך ההמסה במים של  $\text{NaOH}(\text{s})$ :



בהמסה במים של 1 מול  $\text{NaOH}(\text{s})$  מתקבל בתמיסה 1 מול יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$ .

לכן מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$  ב- 0.25 ליטר תמיסה:  $0.075 \text{ mol}$

לאחר הערבוב:

הנפח הכולל של התמיסה שהתקבלה:  $0.25 \text{ liter} + 0.25 \text{ liter} = 0.5 \text{ liter}$

מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$  ב- 0.5 ליטר של התמיסה שהתקבלה:

$0.1 \text{ mol} + 0.075 \text{ mol} = 0.175 \text{ mol}$

## סעיף ב'

הריכוז המולרי של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה שהתקבלה:

או:

$$0.2 \text{ M} \times 2 = 0.4 \text{ M}$$

הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  ב-0.25 ליטר תמיסת  $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$ :

$$0.3 \text{ M}$$

הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  ב-0.25 ליטר תמיסת  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ :

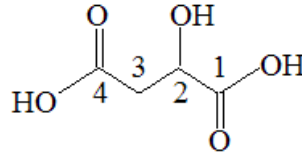
מערבבים שתי תמיסות של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בנפחים שווים.

לכן הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה שהתקבלה:



## 5 חמצון-חיזור

חומצה מאלית היא חומצה המעניקה לפירות טעם חמצמץ.  
לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולה של חומצה מאלית:



לפניך ארבעת היגדים א-ד הנוגעים לדרגות החמצון של אטומי הפחמן במולקולה של חומצה מאלית.  
מהו ההיגד הנכון?

	שאלון 37387	שאלון 37381
א. דרגת החמצון של אטום פחמן 1 שונה מדרגת החמצון של אטום פחמן 4.	6%	
ב. דרגת החמצון של אטום פחמן 2 שווה לדרגת החמצון של אטום פחמן 3.	8%	
ג. דרגת החמצון של אטום פחמן 3 היא -2.	76%	84%
ד. דרגת החמצון של אטום פחמן 4 היא -2.	2%	

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.

אטום פחמן 3 קשור בקשרים קוולנטיים יחידים לשני אטומי פחמן ולשני אטומי מימן.  
אלקטרושליליות של אטומי פחמן זהה, לכן דרגת החמצון של אטום פחמן 3 היא 0 ביחס לאטומי אטומי פחמן 1 ו-4 קשורים לאותם אטומים ובאותם קשרים.  
פחמן 2 ו-4. אולם אטום פחמן 3 קשור גם לשני אטומי מימן. ביחס לאטום מימן אטום פחמן יותר

אלקטרושלילי, לכן דרגת החמצון של אטום פחמן תהיה  $(-2)$ .  
מסיח א' אינו נכון. דרגת החמצון של אטום פחמן 1 שווה לדרגת החמצון של אטום פחמן 4, כי מסיח ב' אינו נכון. דרגת החמצון של אטום פחמן 2 שונה מדרגת החמצון של אטום פחמן 3, כי אטומי פחמן 2 ו-3 קשורים לאטומים שונים.  
מסיח ד' אינו נכון. דרגת החמצון של אטום פחמן 4 לא יכולה להיות שלילית, כי הוא קשור לשני אטומי חמצן שהאלקטרושליליות שלהם גבוהה יותר מהאלקטרושליליות שלו.

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

## כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקרוא ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של מולקולה.
- ◀ לקבוע קוטביות של קשר קוולנטי.
- ◀ לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולה על פי הכללים.
- ◀ לקבוע דרגת חמצון של אטום פחמן במולקולה של תרכובת אורגנית על פי אלקטרושליליות של אטומים שקשורים אליו.

## סיבות אפשריות לטעויות

- הציון בשאלון 37381 גבוה וציון בשאלון 37387 בינוני.
- רוב התלמידים הצליחו לקבוע דרגת חמצון של אטום פחמן במולקולה של תרכובת אורגנית על פי אלקטרושליליות של אטומים שקשורים אליו.
- 8% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם לא הבחינו בכך שאטומי פחמן 2 ו-3 קשורים לאטומים שונים, ולכן דרגת החמצון של אטום פחמן 2 שונה מדרגת החמצון של אטום פחמן 3.
- 6% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה לא הבחינו בכך שאטומי פחמן 1 ו-4 קשורים לאותם אטומים ובאותם קשרים, ולכן דרגת החמצון של אטום פחמן 1 שווה לדרגת החמצון של אטום פחמן 4.
- 2% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. הם לא הבינו שדרגת החמצון של אטום פחמן 4 לא יכולה להיות שלילית, כי הוא קשור לשני אטומי חמצן שהאלקטרושליליות שלהם גבוהה יותר מהאלקטרושליליות שלו.

## המלצות

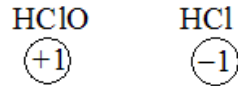
- מומלץ להבהיר לתלמידים את סדר הפעולות בקביעת דרגות חמצון של אטומי פחמן במולקולות של תרכובות פחמן:
- לרשום ייצוג מקוצר או ייצוג מלא לנוסחת מבנה של מולקולה.
  - עבור כל אטום פחמן: לבדוק בכמה קשרים קוולנטיים הוא קשור לאטומים שלידו, לבדוק עבור כל קשר אם הוא קוטבי או לא קוטבי.
  - לקבוע דרגת חמצון של כל אחד מאטומי C בעזרת קביעת דרגות חמצון של אטומים הקשורים אליו.
  - לבדוק אם הסכום של דרגות החמצון של האטומים במולקולה שווה לאפס.

## שאלה לתרגול בנושא חמצון-חיזור

### שאלה 1

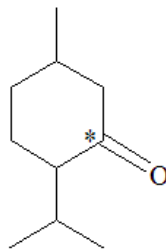
קבע את דרגת החמצון של אטום כלור בכל אחת מן המולקולות: HCl, HClO.

### התשובה



### שאלה 2

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של מולקולת מנתון.



- א. רשום את הנוסחה של הקבוצה הפונקציונלית במולקולה של מנתון.  
 ב. קבע את דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- \* במולקולה של מנתון. נמק.

### התשובה

#### סעיף א'

הקבוצה הפונקציונלית במולקולה של מנתון - (קבוצת קטון)  $\text{>C=O}$

#### סעיף ב'

דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- \* במולקולה של מנתון היא +2.  
 במולקולה של מנתון אטום הפחמן המסומן ב- \* קשור בקשרים קוולנטיים יחידים לשני אטומי C ובקשר קוולנטי כפול לאטום O.  
 בקשרי C-C המטען היחסי על אטום הפחמן הוא אפס.  
 הקשר C=O הוא קשר קוולנטי קוטבי. אטום החמצן מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר, כי לאטום החמצן אלקטרושליליות גבוהה משל אטום הפחמן. לכן בקשר C=O המטען היחסי על אטום הפחמן הוא +2.  
 סך הכול, המטען היחסי על אטום הפחמן המסומן ב- \* במולקולה של מנתון:  $(0) + (+2) = +2$ ,  
 לכן דרגת החמצון של אטום זה היא +2.

## 6 חומצות ובסיסים

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים של ארבע תמיסות מימיות I-IV:

ריכוז התמיסה (M)	נפח התמיסה (מ"ל)	התמיסה	
0.3	200	$\text{HNO}_{3(aq)}$	I
0.2	300	$\text{NaOH}_{(aq)}$	II
0.3	200	$\text{CH}_3\text{OH}_{(aq)}$	III
0.2	150	$\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$	IV

לפניך ארבע קביעות א-ד. מהי הקביעה הנכונה?

	שאלון 37387	שאלון 37381
א. ה- pH של תמיסה II שווה ל- pH של תמיסה IV.	22%	
<b>ב. ה- pH של תמיסה II גבוה מן ה- pH של תמיסה III.</b>	<b>66%</b>	<b>60%</b>
ג. כאשר מוסיפים מים לתמיסה I ה- pH של התמיסה יורד.	5%	
ד. כאשר מוסיפים מים לתמיסה IV ה- pH של התמיסה עולה.	7%	

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

מוצאים ריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  או ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  בכל אחת מהתמיסות ובודקים את השינוי שחל בתמיסה בעקבות הוספת מים.

pH הוא פונקציה של ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ , ולכן אינו תלוי בנפח התמיסה.

מאפייני התמיסות:

תמיסה חומצית - תמיסה I  $\text{HNO}_{3(aq)}$

ריכוז התמיסה	ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ בתמיסה	pH התמיסה	שינוי בעקבות הוספת מים
0.3 M	0.3 M	pH < 7	pH עולה

תמיסות בסיסיות - תמיסה II  $\text{NaOH}_{(aq)}$

- תמיסה IV  $\text{Ba(OH)}_{2(aq)}$

התמיסה	ריכוז התמיסה	ריכוז יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ בתמיסה	pH התמיסה	שינוי pH בעקבות הוספת מים
NaOH <sub>(aq)</sub> II	0.2 M	0.2 M	pH > 7	pH יורד
Ba(OH) <sub>2(aq)</sub> IV	0.2 M	0.4 M	pH > 7	pH יורד

תמיסה ניטרלית - תמיסה III  $\text{CH}_3\text{OH}_{(aq)}$

ריכוז התמיסה	ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ בתמיסה	ריכוז יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ בתמיסה	pH התמיסה	שינוי pH בעקבות הוספת מים
0.3 M	-	-	pH = 7	pH לא משתנה

על פי הנתונים בטבלה, התשובה הנכונה היא ב', ושאר המסיחים אינם נכונים.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ⚡ לקבוע את סוג התמיסה: חומצית, בסיסית או ניטרלית.
- ⚡ לקשר בין ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  ושל יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  בתמיסה לבין pH התמיסה.
- ⚡ לא להתייחס אל נפח התמיסה, כי pH תלוי רק בריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  או בריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  בתמיסה, ואינו תלוי בנפח התמיסה.
- ⚡ לקבוע מהו השינוי בריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  ובריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  בתמיסה בעקבות מיהול התמיסה ובערכו של ה-pH של התמיסה.

### סיבות אפשריות לטעויות

הציונים נמוכים. חלק ניכר מהתלמידים התקשו בהשוואה בין ערכי ה-pH של תמיסות שונות. 22% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה טעו בקביעת הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  בתמיסת  $\text{Ba(OH)}_{2(aq)}$ . הם התעלמו מכך שבהמסה של 1 מול של חומר מתקבלים 2 מול יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ .

12% מהתלמידים בחרו במסיחים ג' ו-ד'. סיבות אפשריות לטעויות אלה :

- חוסר הבחנה בין תמיסה חומצית לבין תמיסה בסיסית.
- קושי לקשר בין שינוי בריכוז יוני  $H_3O^+$  (aq) ובריכוז יוני  $OH^-$  (aq) בתמיסה מימית לבין שינוי ה-pH של התמיסה.
- חוסר הבנה של משמעות המיהול של תמיסה מימית.

## המלצות

מומלץ לתרגל שאלות הכוללות :

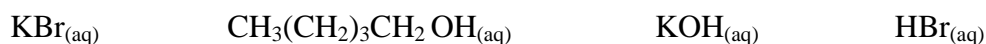
- זיהוי תמיסות חומציות, תמיסות בסיסיות ותמיסות ניטרליות.
- קביעת הריכוזים של יוני  $H_3O^+$  (aq) ושל יוני  $OH^-$  (aq) בתמיסות מתאימות, לפני ואחרי המיהול.
- קשר בין שינוי הריכוזים של יוני  $H_3O^+$  (aq) ושל יוני  $OH^-$  (aq) לבין שינוי ה-pH התמיסות. שאלה לדוגמה נמצאת בניתוח בחינת הבגרות תשע"ז.

מומלץ לעבוד עם התלמידים על אנימציה "תמיסות חומצה-בסיס" מאת PhET, המדגימה את השפעת ריכוז התמיסה על ה-pH התמיסה. [האנימציה נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

## שאלה לתרגול בנושא חומצות ובסיסים

### שאלה 1

הכינו ארבע תמיסות מימיות בנפחים שווים :



חיממו ארבע תמיסות אלה וחלק מהמים התאדו.

מהי הקביעה הנכונה עבור ה-pH התמיסות לאחר השינוי?

- בתמיסת  $HBr_{(aq)}$  ה-pH עלה.
- בכל אחת מן התמיסות  $KOH_{(aq)}$  ו-  $CH_3(CH_2)_3CH_2OH_{(aq)}$  ה-pH עלה.
- בתמיסת  $HBr_{(aq)}$  ה-pH לא השתנה.

ד. בכל אחת מן התמיסות  $KBr_{(aq)}$  ו-  $CH_3(CH_2)_3CH_2OH_{(aq)}$  ה-pH לא השתנה.

## הנימוק

אידיוי מים מהתמיסה מקטין את נפחה, ובכך מעלה את ריכוז המומס.

התמיסה	סוג התמיסה	pH התמיסה	שינוי pH בעקבות אידיוי חלק מהמים
$\text{HBr}_{(aq)}$	חומצית	$\text{pH} < 7$	pH ירד
$\text{KOH}_{(aq)}$	בסיסית	$\text{pH} > 7$	pH עלה
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}_{(aq)}$	ניטרלית	$\text{pH} = 7$	pH לא השתנה
$\text{KBr}_{(aq)}$	ניטרלית	$\text{pH} = 7$	pH לא השתנה

על פי הנתונים בטבלה, התשובה הנכונה היא ד', ושאר המסיחים אינם נכונים.

## שאלה 2

לפניך שישה היגדים. קבע עבור כל אחד מן ההיגדים אם הוא נכון או לא נכון. אם ההיגד אינו נכון, תקן אותו.

- א. pH של תמיסת  $\text{HCl}_{(aq)}$  בריכוז 1 M שנפחה 100 מ"ל שווה ל- pH של תמיסת  $\text{HCl}_{(aq)}$  בריכוז 0.5 M שנפחה 200 מ"ל.
- ב. pH של תמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$  בריכוז 0.1 M שנפחה 100 מ"ל שווה ל- pH של תמיסת  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בריכוז 0.2 M שנפחה 50 מ"ל.
- ג. לארבעת התמיסות הבאות יש אותו pH :
- 1 ליטר תמיסת  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בריכוז 0.1 M .
  - 1 ליטר תמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$  בריכוז 0.05 M .
  - 0.5 ליטר תמיסת  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בריכוז 0.1 M .
  - 0.05 ליטר תמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$  בריכוז 0.05 M .
- ד. בהוספת מים לתמיסת  $\text{HNO}_3(aq)$ , pH התמיסה עולה, ואילו בהוספת מים לתמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ , pH התמיסה יורד.
- ה. בהוספת מים לתמיסת  $\text{NH}_3(aq)$ , pH התמיסה יורד, וגם בהוספת מים לתמיסת  $\text{KOH}_{(aq)}$ , pH התמיסה יורד.
- ו. בהוספת מים לתמיסת  $\text{CH}_3\text{OH}_{(aq)}$ , pH התמיסה יורד, וגם בהוספת מים לתמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$ , pH התמיסה יורד.

### התשובה

היגד א' אינו נכון. התיקון:

pH של תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  בריכוז 1 M שנפחה 100 מ"ל נמוך מ- pH של תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  בריכוז 0.5 M שנפחה 200 מ"ל.

היגד ב' נכון.

היגד ג' נכון.

היגד ד' אינו נכון. התיקון:

בהוספת מים לתמיסת  $\text{HNO}_{3(\text{aq})}$ , pH התמיסה עולה, וגם בהוספת מים לתמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ , pH התמיסה עולה.

היגד ה' נכון.

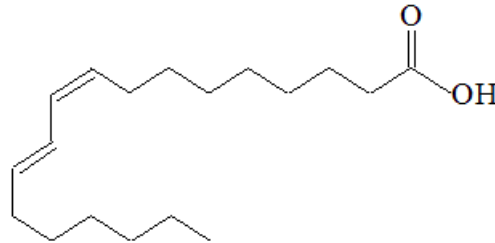
היגד ו' אינו נכון. התיקון:

בהוספת מים לתמיסת  $\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{aq})}$ , pH התמיסה לא משתנה, ואילו בהוספת מים לתמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ , pH התמיסה יורד.



## 7 חומצות שומן

חומצה רומנית (rumenic acid) היא חומצת שומן המצויה בחלב בקר ובמוצריו. לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולה של חומצה רומנית:

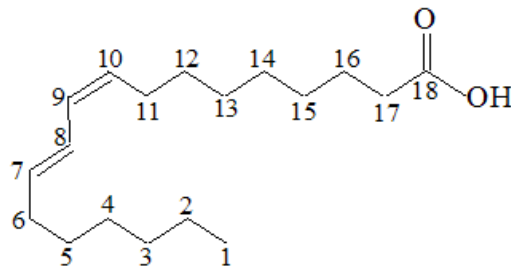


לפניך ארבעה משפטים א-ד. מהו המשפט הנכון?

	שאלון 37387	שאלון 37381
א. הנוסחה המולקולרית של החומצה הרומנית היא: $C_{17}H_{32}O_2$ .	2%	
ב. הרישום המקוצר של החומצה הרומנית הוא: $C_{18}:2\omega 7 cis,cis$ .	43%	
ג. אחד מן הקשרים הכפולים במולקולה של חומצה רומנית הוא במבנה טרנס.	53%	54%
ד. החומצה הרומנית שייכת לקבוצת חומצות השומן אומגה 6.	1%	

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.



במולקולה של חומצה רומנית יש שני קשרים כפולים שאחד מהם הוא במבנה טרנס - בקשר בין אטום פחמן 7 לאטום פחמן 8 המתמירים נמצאים בכיוונים מנוגדים. מסיח א' אינו נכון, כי הנוסחה המולקולרית של החומצה הרומנית היא:  $C_{18}H_{32}O_2$ . מסיח ב' אינו נכון. במולקולה של חומצה רומנית יש שני קשרים כפולים: הקשר בין אטום פחמן 7 לאטום פחמן 8 הוא במבנה טרנס, והקשר בין אטום פחמן 8 לאטום פחמן 9 הוא במבנה ציס. מסיח ד' אינו נכון. החומצה הרומנית שייכת לקבוצת חומצות השומן אומגה 7, כי הקשר הכפול הראשון שלה נמצא אחרי אטום פחמן 7 ולא 6.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקרוא צורות ייצוג שונות של חומצות שומן: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה ונוסחה מולקולרית.
- ◀ לזהות מבנה ציס ומבנה טרנס של קשרים כפולים.

### סיבות אפשריות לטעויות

- הציונים נמוכים בשני השאלונים.
- כמחצית מהתלמידים התקשו בהבנת ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של חומצה רומנית.
- 43% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם לא הצליחו להבחין בין מבנה ציס למבנה טרנס של קשר כפול. יתכן שחלק מהתלמידים התרגלו לציור של קשר במבנה טרנס כ"זיג-זג" ולכן לא הבחינו במבנה טרנס בציור הנתון.
- 2% מהתלמידים בחרו במסיח א'. הם התקשו לקבוע את הנוסחה המולקולרית של החומצה הרומנית. יתכן שלא ספרו את אטום הפחמן בקבוצה הידרוקסילית.
- 1% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. הם לא ידעו כיצד לקבוע מספר אומגה.

### 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.

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 לבנות יחד עם התלמידים טבלה, המציגה והמסכמת צורות ייצוג שונות ותפקידן. הטבלה נמצאת בחוברת ניתוח בגרות תשע"ז, ניתוח שאלה 4.

## שאלה לתרגול בנושא חומצות שומן

### שאלה 1

- א. רשום עבוד כל אחד מן הרישומים המקוצרים למולקולות של שתי חומצות שומן, II-I, שלפניך:
- סוג החומצה: רוויה, חד לא רוויה, רב לא רוויה
  - נוסחה מולקולרית
  - ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה.

I. C16:1 $\omega$ 7cis

II. C20:3 $\omega$ 3trans,trans,trans

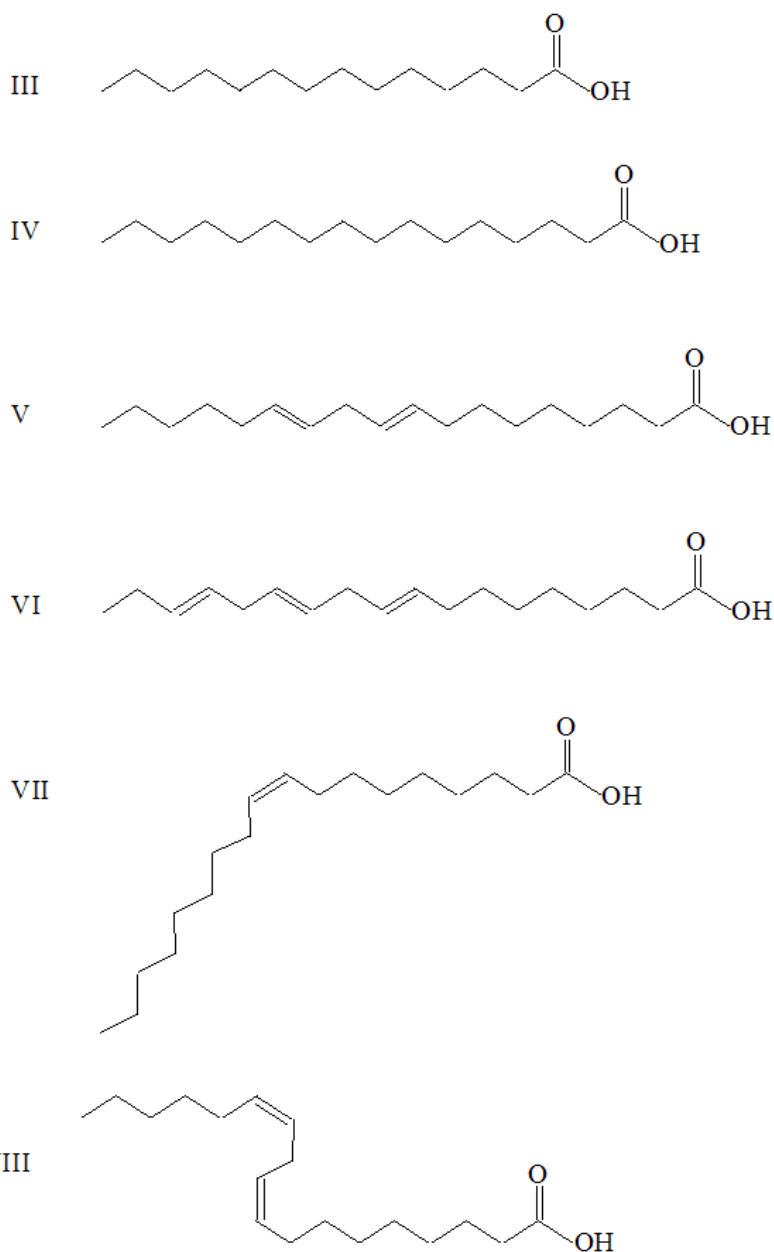
ב. רשום עבור כל אחד מן הייצוגים המקוצרים לנוסחאות המבנה למולקולות של שש חומצות

שומן, VIII-III, שלפניך:

– סוג החומצה: רווה, חד לא רוויה, רב לא רוויה

– נוסחה מולקולרית

– רישום מקוצר.



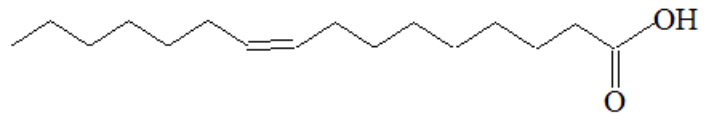
התשובה

סעיף א'

C16:1 $\omega$ 7cis I חומצת שומן

חד לא רוויה

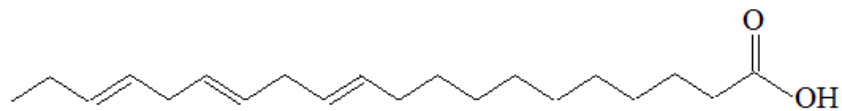
נוסחה מולקולרית: C<sub>16</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>



C20:3 $\omega$ 3trans,trans,trans II חומצת שומן

רב לא רוויה

נוסחה מולקולרית: C<sub>20</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>



סעיף ב'

III חומצת שומן

רוויה

C<sub>14</sub>H<sub>28</sub>O<sub>2</sub>

C14:0

IV חומצת שומן

רוויה

C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub>

C16:0

V חומצת שומן

רב לא רוויה

C<sub>18</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub>

C18:2 $\omega$ 6trans,trans

VI חומצת שומן

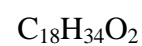
רב לא רוויה

C<sub>18</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub>

C18:3 $\omega$ 3trans,trans,trans

VII חומצת שומן

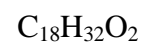
חד לא רוויה



C18:1 $\omega$ 6cis

VIII חומצת שומן

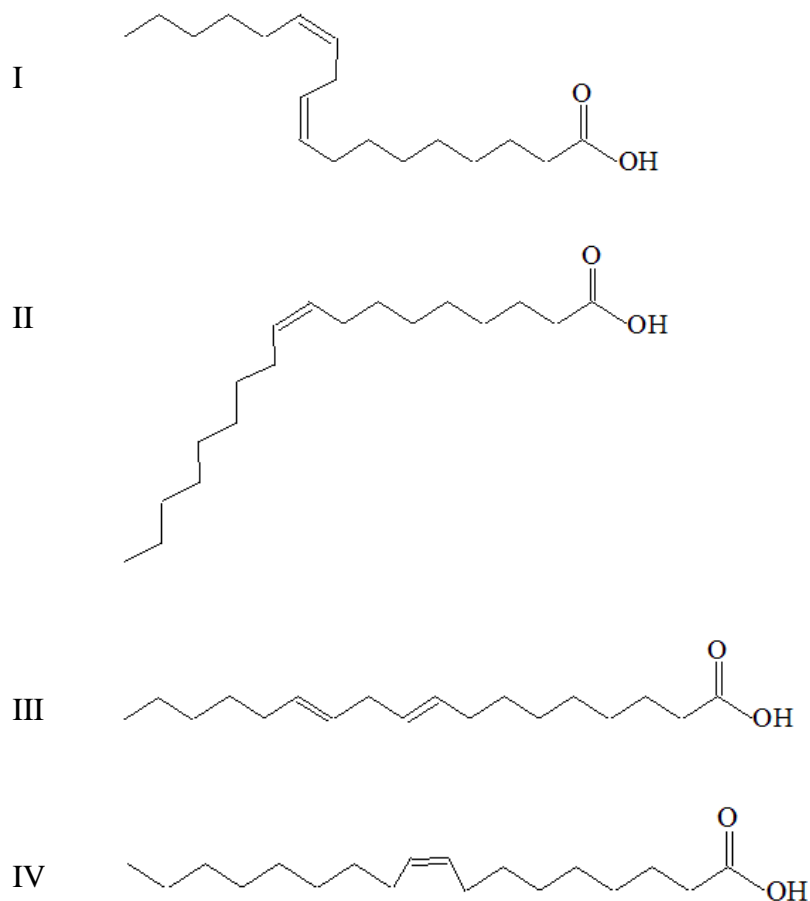
רב לא רוויה



C18:2 $\omega$ 9cis,cis

## שאלה 2

לפניך ייצוגים מקוצרים לנוסחאות המבנה למולקולות של ארבע חומצות שומן, IV-I :



לפניך מספר היגדים :

1. I ו-III הם ייצוגים מקוצרים לנוסחאות מבנה למולקולות של איזומרים גיאומטריים.
2. מספר אטומי מימן במולקולות I, II ו-III זהה.
3. II ו-IV הם ייצוגים מקוצרים לנוסחאות מבנה של אותה מולקולה.
4. רק II הוא ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה למולקולה של חומצת שומן רוויה.
5. IV הוא ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה למולקולה של חומצת שומן אומגה 6.

ההיגדים הנכונים הם :

- א. 1, 3 ו-5
- ב. 1, 2 ו-3
- ג. 2, 4 ו-5
- ד. 1 ו-3

#### התשובה

התשובה הנכונה היא ד'.

- היגד 1 נכון. רישום מקוצר למולקולה I -  $C_{18}:2\omega_6cis,cis$ , ולמולקולה III -  $C_{18}:2\omega_6trans,trans$ . אלה מולקולות של איזומרים גיאומטריים, הנבדלות זו מזו במיקום המתמירים סביב הקשר הכפול.
- היגד 2 לא נכון. במולקולה I יש 18 אטומי פחמן, במולקולה III יש 18 אטומי פחמן ובמולקולה IV יש 22 אטומי פחמן.
- היגד 3 נכון. II ו-IV הם ייצוגים מקוצרים לנוסחאות מבנה של אותה מולקולה -  $C_{18}:1\omega_9cis$ .
- היגד 4 לא נכון. מולקולות של חומצת שומן רוויה אינן מכילות קשרים כפולים. מולקולה II מכילה קשר כפול אחד, לכן היא לא מולקולה של חומצת שומן רוויה, אלא של חומצה חד לא רוויה.
- היגד 5 לא נכון. IV הוא ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה למולקולה של חומצת שומן אומגה 9 ולא אומגה 6.

## 8 אנרגיה

נתונות שתי תגובות (1) ו-(2):



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיות קשר.

H-Cl	Cl-Cl	H-I	I-I	הקשר
431	242	299	151	אנתלפיית הקשר ( $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ )

מהו הערך של  $\Delta H^\circ_2$  ?

	שאלון	שאלון
	37387	37381
<b>-184 kJ</b>	<b>א.</b>	<b>88%</b>
+184 kJ	ב.	6%
-52 kJ	ג.	2%
+52 kJ	ד.	4%

### הנימוק

התשובה הנכונה היא א'.

חישוב אנתלפיית קשר H-H:

$$\Delta H^\circ_{\text{H-H}} = \Delta H^\circ_1 - \Delta H^\circ_{\text{I-I}} + 2\Delta H^\circ_{\text{H-I}}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{H-H}} = -11 - 151 + 2 \times 299 = 436 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

חישוב  $\Delta H^\circ_2$ :

$$\Delta H^\circ_2 = \Delta H^\circ_{\text{H-H}} + \Delta H^\circ_{\text{Cl-Cl}} - 2\Delta H^\circ_{\text{H-Cl}}$$

$$\Delta H^\circ_2 = 436 + 242 - 2 \times 431 = -184 \text{ kJ}$$

על פי החישוב, שאר המסיחים אינם נכונים.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ← לחשב שינוי האנתלפיה של התגובה הנתונה בעזרת אנתלפיות קשר של המגיבים והתוצרים.
- ← לחשב אנתלפיית קשר בין אטומים במולקולות של אחד מהמגיבים בתגובה הנתונה בעזרת אנתלפיות קשר של שאר המגיבים והתוצרים ושל שינוי האנתלפיה של התגובה.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציונים בשני השאלונים גבוהים.

רוב התלמידים חישבו נכון את אנתלפיית הקשר בין אטומי מימן במולקולות של מימן במגיבים בתגובה הנתונה בעזרת אנתלפיות קשר של המגיב הנוסף והתוצר ושל שינוי האנתלפיה של התגובה, ואז נעזרו הערך זה לחישוב שינוי האנתלפיה של תגובה 2.

6% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם טעו בסימן בחישובים והתעלמו מכך שעל פי הגדרת אנתלפיית קשר, ערכה חייב להיות חיובי כשמדובר בפירוק הקשר.

6% מהתלמידים בחרו במסיחים ג' ו-ד'. הסיבה לכך היא טעויות בחישובים:

- שימוש שגוי בנוסחה לחישוב שינוי באנתלפיית התגובה בעזרת אנתלפיות קשר.
- טעויות בסימנים הנגרמות מחוסר הבנה שבמהלך פירוק הקשרים מושקעת אנרגיה ובמהלך יצירת קשרים נפלטת אנרגיה.
- התעלמות מיחס המולים בניסוח התגובה.

## המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שבמהלך התגובה, תחילה מושקעת אנרגיה לפירוק קשרים ולאחר מכן נוצרות מולקולות תוצרים תוך שחרור אנרגיה.

מומלץ להרגיל את התלמידים לפתור שאלות מסוג שאלה 8 על פי סדר מסוים:

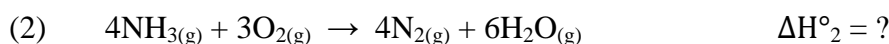
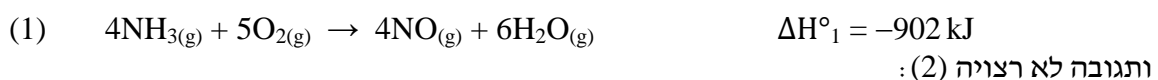
- לנסח תגובה
  - לציין את הקשרים הניתקים ואת הקשרים הנוצרים, תוך רישום נוסחאות המבנה של המגיבים והתוצרים.
  - לחשב את שינוי האנתלפיה של התגובה על פי הנוסחה.
- ניתן להיעזר בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 70-30". [החוברת נמצאת באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

## שאלה לתרגול בנושא אנרגיה

### שאלה 1

בשלב הראשון של תהליך הייצור של חומצה חנקתית מחמצנים אמוניה,  $\text{NH}_3(\text{g})$ , לחנקן חד חמצני,  $\text{NO}(\text{g})$ . מבצעים את החמצון בתנאים שבהם יכולים להתרחש שתי תגובות:

תגובה רצויה (1):



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיות קשר.



O=O	O-H	N≡N	בין N לבין O	הקשר
497	463	945	630	אנתלפיית הקשר ( $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ )

מהו הערך של  $\Delta H^\circ_2$  ?

א. +1266 kJ

ב. -1266 kJ

ג. -520 kJ

ד. +520 kJ

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

חישוב אנתלפיית קשר N-H :

$$\Delta H^\circ_1 = 12\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 5\Delta H^\circ_{\text{O=O}} - 4\Delta H^\circ_{\text{N}\equiv\text{O}} - 12\Delta H^\circ_{\text{O-H}}$$

$$-902 = 12\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 5 \times 497 - 4 \times 630 - 12 \times 463$$

$$\Delta H^\circ_{\text{N-H}} = 391 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

חישוב  $\Delta H^\circ_2$  :

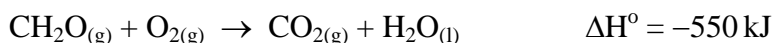
$$\Delta H^\circ_2 = 12\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 3\Delta H^\circ_{\text{O=O}} - 4\Delta H^\circ_{\text{N}\equiv\text{N}} - 12\Delta H^\circ_{\text{O-H}}$$

$$\Delta H^\circ_2 = 12 \times 391 + 3 \times 497 - 4 \times 945 - 12 \times 463 = -1266 \text{ kJ}$$

על פי החישוב, שאר המסיחים אינם נכונים.

### שאלה 2

לפניך ניסוח של תגובת השריפה של מתאנאל,  $\text{CH}_2\text{O}_{(g)}$ .



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיות קשר.

O=O	C=O במולקולות CO <sub>2</sub>	O-H	C-H	הקשר
497	803	463	413	אנתלפיית הקשר ( $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ )

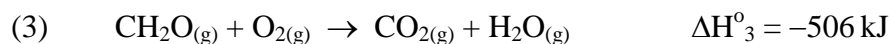
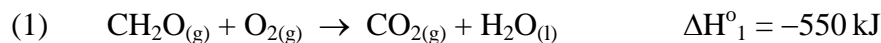
נתון : אנתלפיית האידוי של מים :  $44 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ .

מהי כמות האנרגיה שיש להשקיע כדי לפרק 1 מול מולקולות  $\text{CH}_2\text{O}_{(g)}$  לאטומים בודדים?  
פרט את חישוביך.

### התשובה

התשובה הנכונה היא ג'.

על פי חוק הס:



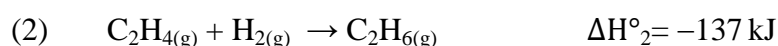
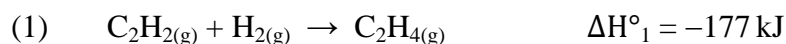
נסמן את כמות האנרגיה שיש להשקיע כדי לפרק 1 מול מולקולות  $\text{CH}_2\text{O}_{(g)}$  לאטומים בודדים, באות X.

$$\Delta H^\circ_3 = X + \Delta H^\circ_{\text{O-O}} - 2\Delta H^\circ_{\text{C-O}} - 2\Delta H^\circ_{\text{O-H}}$$

$$-506 = X + 497 - 2 \times 803 - 2 \times 463$$

$$X = 1529 \text{ kJ}$$

### שאלה 3



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיות קשר.

$\text{C} \equiv \text{C}$	$\text{C} - \text{H}$	$\text{H} - \text{H}$	הקשר
$835 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$413 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$436 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	אנתלפיית הקשר

מהו הערך של אנתלפיית קשר C-C ?

א.  $369 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

ב.  $259 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

ג.  $67 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

ד.  $95 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

### הנימוק

הערך של אנתלפיית קשר C=C:

$$\Delta H^\circ_1 = \Delta H^\circ_{\text{C=C}} + 2\Delta H^\circ_{\text{C-H}} + \Delta H^\circ_{\text{H-H}} - \Delta H^\circ_{\text{C=C}} - 4\Delta H^\circ_{\text{C-H}}$$

$$-177 = 835 + 436 - \Delta H^\circ_{\text{C=C}} - 2 \times 413$$

$$\Delta H^\circ_{\text{C=C}} = 622 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

הערך של אנתלפיית קשר C-C:

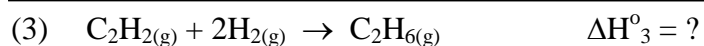
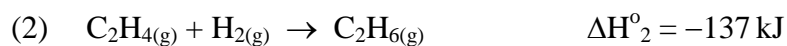
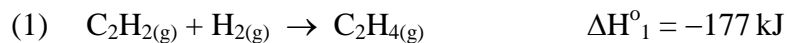
$$\Delta H^\circ_2 = \Delta H^\circ_{C=C} + 4\Delta H^\circ_{C-H} + \Delta H^\circ_{H-H} - \Delta H^\circ_{C-C} - 6\Delta H^\circ_{C-H}$$

$$-137 = 622 + 436 - \Delta H^\circ_{C-C} - 2 \times 413$$

$$\Delta H^\circ_{C-C} = 369 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

או:

על פי חוק הס:



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

$$\Delta H^\circ_3 = -177 - 137 \text{ kJ} = -314 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_3 = \Delta H^\circ_{C \equiv C} + 2\Delta H^\circ_{C-H} + 2\Delta H^\circ_{H-H} - \Delta H^\circ_{C-C} - 6\Delta H^\circ_{C-H}$$

$$-314 = 835 + 2 \times 436 - \Delta H^\circ_{C-C} - 4 \times 413$$

$$\Delta H^\circ_{C-C} = 369 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

על פי החישוב, שאר המסיחים אינם נכונים.

## ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות

### בבחינת הבגרות תשע"ח

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 שאלות, ציוני סעיפים וציוני תת-סעיפים) ועל טעויות אופייניות שאותרו על ידי מעריכי בחינת הבגרות. בטבלה הבאה מופיעים ממצאים סטטיסטיים שדווחו על-ידי מכון סאלד לגבי הבחינה לפי שאלונים 37381 ו-37387. ממצאים אלה מתבססים על 12,458 נבחנים.

#### 37381 (12,079 נבחנים)

מס' שאלה	9	10	11	12	13	14
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מבנה, קישור וכימיה של מזון	סטויכיו-ומצב גז	חמצון-חיזור וסטויכיו-מטריה	חומצות ובסיסים וסטויכיו-מטריה	אנרגיה וקצב תגובה
ציון ממוצע	66	60	74	74	62	57
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	67%	65%	78%	71%	15%
% תלמידים שציונם	85-100	17	45	40	25	19
	55-84	53	35	43	38	38
	0-54 (0-40)	28 (12)	20 (12)	17 (9)	37 (24)	43 (30)

#### 37387 (379 נבחנים)

מס' שאלה	9	10	11	12	13	14
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מבנה, קישור וכימיה של מזון	סטויכיו-ומצב גז	חמצון-חיזור וסטויכיו-מטריה	חומצות ובסיסים וסטויכיו-מטריה	אנרגיה וקצב תגובה
ציון ממוצע	69	64	74	71	65	67
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	72%	67%	81%	55%	25%
% תלמידים שציונם	85-100	23	40	32	33	30
	55-84	53	40	46	33	45
	0-54 (0-40)	24 (8)	34 (19)	19 (9)	22 (11)	34 (19)

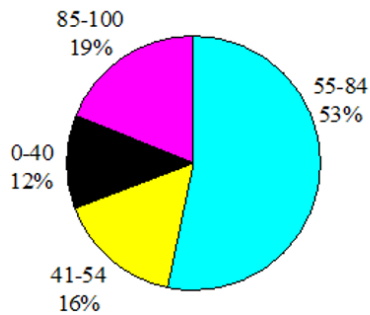
**התשובות לשאלות שמופיעות בחוברת זו מבוססות על המחווך למעריכי בחינת הבגרות ומיועדות למורים. תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר!**

## ניתוח שאלה 9

### ניתוח קטע ממאמר מדעי

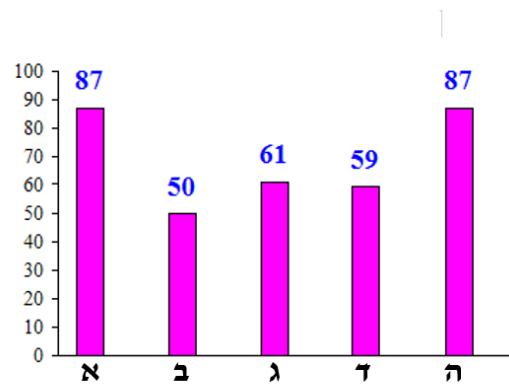
שאלון 37381

פיזור ציונים



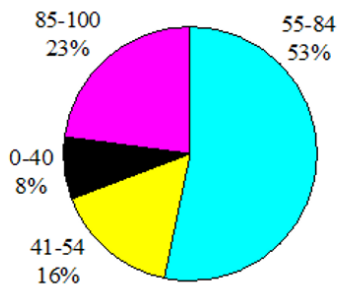
ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 66

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



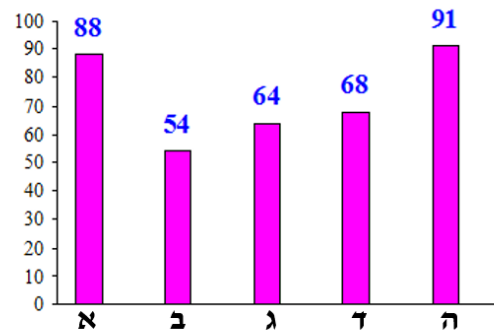
שאלון 37387

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 69

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לעבוד עם קטע ממאמר מדעי לא מוכר, להסיק מסקנות מן הכתוב בטקסט מדעי.
- ליישם את הידע המדעי שנלמד.
- להבחין בין תיאור החומרים ברמה מאקרוסקופית לבין תיאור ברמה מיקרוסקופית.
- להבחין בין חומר מתכתי לחומר יוני על פי נוסחת החומר.
- לתאר את החומרים מסוגים שונים ברמה מיקרוסקופית.
- לנסח תהליכי היתוך של חומרים מסוגים שונים.
- לזהות את סוג התגובות: חמצון-חיזור, חומצה-בסיס, שיקוע.
- לזהות חומצה ובסיס. להבחין בין מושגים: "חומצה" ו"סביבה חומצית", "בסיס" ו"סביבה בסיסית".
- לשלוט במיומנויות חשיבה מסדר גבוה.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

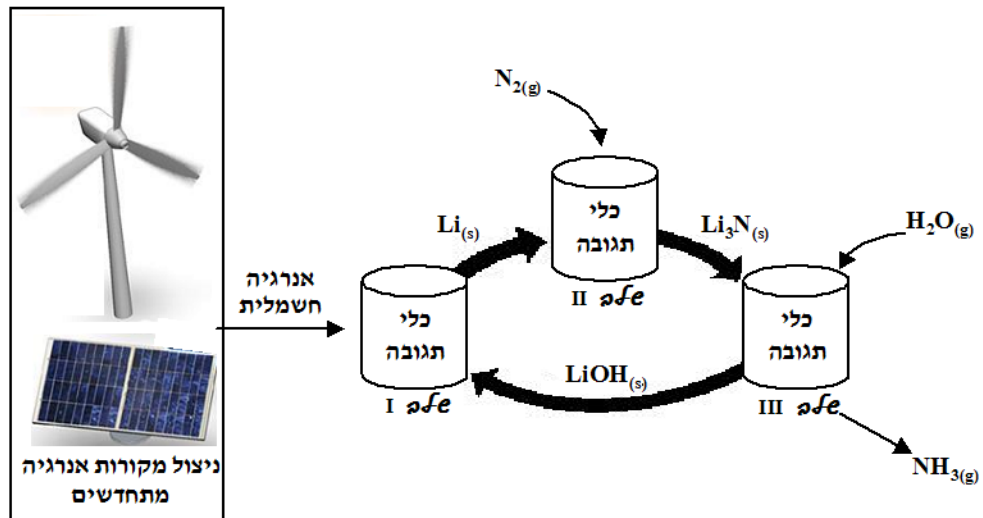
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום		א
יישום		ב
הבנה	i	ג
הבנה	ii	
יישום	iii	
אנליזה		ד
הערכה		ה

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

### ליתיום: המפתח להפקה חדשנית של אמוניה

אמוניה,  $\text{NH}_3(\text{g})$ , היא חומר חיוני להפקת דשנים הדרושים לחקלאות המודרנית. כיום מפיקים אמוניה בתעשייה בתגובה בין גז חנקן,  $\text{N}_2(\text{g})$ , שבאוויר ובין גז מימן,  $\text{H}_2(\text{g})$ , בתנאים של לחץ וטמפרטורה גבוהים. כדי להפיק גז מימן דרושה אנרגיה רבה. אנרגיה זו מתקבלת בדרך כלל מתהליכי שרפה של דלקים פחמימניים, שהם מקורות אנרגיה מתכלים. לתהליכי השרפה יש השפעה שלילית על הסביבה משום שבתהליכים אלה נפלט פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_2(\text{g})$ , לאטמוספירה. לפיכך מדענים מנסים לפתח תהליכים חלופיים לייצור אמוניה, שבהם ינוצלו מקורות אנרגיה מתחדשים (כגון אנרגיית השמש) בלי לפגוע בסביבה, כלומר תהליכים בני קיימא. מדענים מאוניברסיטת סטנפורד פיתחו במעבדה תהליך מעגלי להפקת אמוניה בלחץ אטמוספרי. בתהליך זה נעשה שימוש במתכת ליתיום,  $\text{Li}(\text{s})$ .

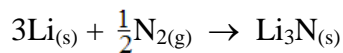
שלבי התהליך מוצגים באופן סכמטי בתרשים שלפניך:



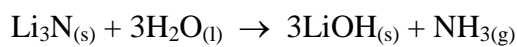
התהליכים המתרחשים בכל אחד משלושת השלבים מפורטים בעמוד הבא.

בשלב I, משתמשים באנרגייה חשמלית, המתקבלת ממקורות אנרגיה מתחדשים, כדי להפיק את המתכת ליתיום,  $\text{Li}_{(s)}$ : מתיכים ליתיום הידרוקסידי,  $\text{LiOH}_{(s)}$ , ומעבירים דרכו זרם חשמלי. מתקבל 1 מול ליתיום מתכתי,  $\text{Li}_{(s)}$ , מ-1 מול  $\text{LiOH}_{(s)}$ .

בשלב II מגיב  $\text{Li}_{(s)}$  עם גז חנקן,  $\text{N}_{2(g)}$ . נוצר ליתיום חנקני,  $\text{Li}_3\text{N}_{(s)}$ , על פי התגובה:



בשלב III מגיב  $\text{Li}_3\text{N}_{(s)}$  עם מים,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ . נוצרים גז אמוניה,  $\text{NH}_3(g)$ , ו- $\text{LiOH}_{(s)}$ , על פי התגובה:



ליתיום הידרוקסידי שנוצר בשלב III מוחזר לתחילת התהליך, כלומר לשלב I, לביצוע תהליך נוסף,

וכן הלאה. המדענים מדגישים שהליתיום חיוני לתהליך זה, כיוון שרק ליתיום מגיב עם  $\text{N}_{2(g)}$  בטמפרטורת החדר.

התהליך שפותח במעבדה עדיין אינו מיושם בתעשייה, אך האפשרות להפיק אמוניה בשיטה שבה משתמשים במקורות אנרגיה מתחדשים היא מלהיבה ביותר, ויכולה להאיץ פיתוח תעשייתי חדשני.

מקור: eskins A. (2017), "Lithium could hold key to sustainable ammonia synthesis", Chemistry World

**סעיף א' (הציון בשאלון 37381 87)**

**(הציון בשאלון 37387 88)**

תעשיית הפקת האמוניה אחראית ל-3% בקירוב מכלל פליטת הגז  $\text{CO}_{2(g)}$  בעולם. הסבר על פי הקטע, מדוע נפלט  $\text{CO}_{2(g)}$  בתהליך הייצור של אמוניה.

### התשובה

הגז  $\text{CO}_{2(g)}$  הוא תוצר של תגובת השרפה של דלקים פחמימניים. השרפה של הדלקים הפחמימניים מספקת אנרגיה הדרושה להפקת מימן, שהוא אחד מהמגיבים בתהליך הייצור של אמוניה בתעשייה.

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



## ניתוח טעויות אופייניות

- הציונים בשני השאלונים גבוהים. רוב התלמידים כתבו הסברים נכונים ומלאים. התלמידים המעטים כתבו הסברים חלקיים :
- ◆ ציינו שנדרשת אנרגיה רבה שמתקבלת משרפת הדלקים, אך לא הזכירו את הפקת המימן :
  - "כאשר מייצרים אמוניה צריך אנרגיה רבה אשר מתקבלת בתהליך השריפה."
  - "השריפה של דלקים מספקת אנרגיה הדרושה להפקת האמוניה."
  - ◆ כתבו ש- $\text{CO}_2(\text{g})$  הוא תוצר של תהליך השריפה, מבלי להזכיר את הדלקים הפחמימניים :
  - "בתהליך שריפה נפלט לאוויר פחמן דו-חמצני."

## המלצות

מומלץ לפתח מיומנות קריאה של מאמר מדעי ולהשתמש במאמרים בכל המבדקים לאורך הלימודים, החל מכיתה י'. לשם כך ניתן להיעזר במאמר מאת Jennifer Raff :

### [How to read and understand a scientific paper: a guide for non-scientists](#)

שלבים בקריאת מאמר מדעי :

1. לזהות את השאלה העיקרית.  
לא לשאול "על מה המאמר?" אלא "לאיזה תחום המאמר מתייחס?".  
הדבר יעזור לתלמידים להבין מדוע המחקר הספציפי הזה נערך.
2. לסכם את הרקע (לא יותר מחמישה משפטים).  
הגבלה בחמישה משפטים מכריחה את התלמידים להיות תמציתיים ולחשוב לעומק על המחקר אותו הם קוראים. על מנת להבין את המחקר תלמידים צריכים להיות מסוגלים להסביר מדוע הוא נעשה.
3. לזהות ולרשום את השאלה/השאלות הספציפית/הספציפיות.  
התלמידים צריכים להבין על מה בדיוק החוקרים מנסים לענות במחקר שלהם.
4. לזהות את הגישה.  
התלמידים צריכים להבין מה החוקרים הולכים לעשות כדי לענות על השאלה/השאלות הספציפית/ספציפיות.
5. להתייחס לשיטת/לשיטות המחקר.  
מומלץ, עבור כל ניסוי, לצייר עם התלמידים תרשים המראה מה בדיוק החוקרים עשו, וללוות את התרשים במקרא.  
מומלץ להרגיל את התלמידים לעבודה עם שאלה של ניתוח קטע ממאמר מדעי : לקרוא קטע ממאמר מדעי פעמיים, ובפעם השנייה לסמן במרקר את המידע שנראה לו חשוב כולל מילים משמעותיות. לאחר מכן לקרוא את השאלות ולענות עליהן.

סעיף ב' (הציון בשאלון 37381 50)

(הציון בשאלון 37387 54)

תאר שני הבדלים ברמה המיקרוסקופית בין  $\text{Li}_{(s)}$  ובין  $\text{Li}_3\text{N}_{(s)}$ .

### התשובה

שני הבדלים מבין:

$\text{Li}_3\text{N}_{(s)}$	$\text{Li}_{(s)}$	
יוני $\text{Li}^+$ ויוני $\text{N}^{3-}$ או: יונים חיוביים ויונים שליליים.	יונים חיוביים ו"ים של אלקטרונים" (או: אלקטרונים בלתי מאותרים).	סוג החלקיקים
קשר יוני או: משיכה חשמלית בין יונים חיוביים והשליליים.	קשר מתכתי או: משיכה חשמלית בין יונים חיוביים לבין האלקטרונים שב"ים האלקטרונים".	סוג הקשרים בין החלקיקים
מבנה ענק של יונים חיוביים ושליליים המסודרים לסירוגין (כל יון מוקף ביונים שלהם מטען מנוגד).	מבנה ענק ובו שכבות של יונים חיוביים וביניהם האלקטרונים שב"ים האלקטרונים".	מבנה הסריג
יונים חיוביים ויונים שליליים נעים בתנודות	יונים חיוביים נעים בתנודות. אלקטרונים חופשיים נעים בתנועה חופשית אקראית.	אופני תנועה של החלקיקים

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציונים בשני השאלונים נמוכים. מחצית מהתלמידים התקשו לתאר ברמה המיקרוסקופית את ההבדלים בין מתכת לתרכובת יונית. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ חוסר הבחנה בין תיאור מיקרוסקופי לתיאור מאקרוסקופי:
- ציון סוג החומר ללא פירוט: "Li הוא חומר מתכתי ו- $\text{Li}_3\text{N}$  הוא חומר יוני."
- ציון ההבדלים ברמה מאקרוסקופית:
- "למתכת Li הולכה חשמלית טובה במצב מוצק."
- "ליתיום יכול להוליך חשמל בנוזל ובמוצק, ליתיום חנקני מוליך חשמל בנוזל בלבד."
- "Li ניתן לריקוע ו- $\text{Li}_3\text{N}$  לא."

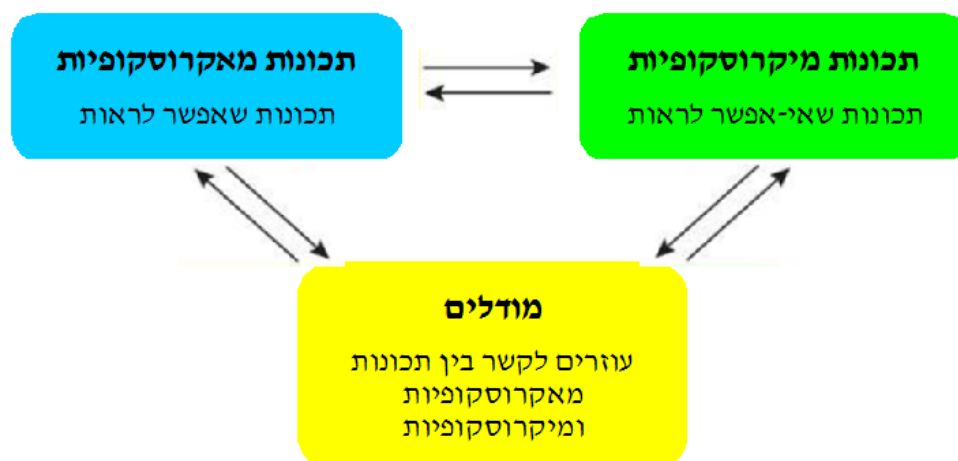
- ◆ טעויות בתיאור מיקרוסקופי של חומרים - בסוגי חלקיקים, בסוגי קשרים בין חלקיקים :
- "בין מולקולות  $\text{Li}_3\text{N}$  פועלים קשרי ון-דר-ואלס, וב-  $\text{Li}$  מדובר במטען חיובי שנע בים אלקטרוניים חופשיים."
- "מולקולה של  $\text{Li}_3\text{N}$  היא קוטבית ומולקולה של  $\text{Li}$  אינה קוטבית."
- "ב-  $\text{Li}$  יש קשרים תוך מולקולריים מתכתיים וב-  $\text{Li}_3\text{N}$  יש קשרים תוך מולקולריים יוניים."
- " $\text{Li}$  הוא אטום בודד ול-  $\text{Li}_3\text{N}$  צורה של פירמידה משולשת."
- "בין אטומי  $\text{Li}$  ישנם קשרים מולקולריים - קשרי ון-דר-ואלס."
- "בין אטומי  $\text{Li}$  קיימים קשרים קוולנטיים."
- " $\text{Li}_3\text{N}$  הוא חומר יוני המורכב מיונים חיוביים בים אלקטרוניים."

## המלצות

חשוב מאוד לטפל בקושי של חלק ניכר מהתלמידים - חוסר הבחנה בין רמה מיקרוסקופית לרמה מאקרוסקופית.

מתוך ההרצאות של פרופ' אבי הופשטיין :

הבעיה המרכזית היא שתלמיד צריך להסביר דברים שאפשר לראות על ידי דברים שאין אפשרות לראות אותם. כדי "לסגור את הפער הזה" יש להשתמש באמצעי המחשה שונים והמרכזי ביניהם הוא שימוש במודלים, תוך כמובן הסתייגויות מסוימות שקשורות למודלים.



מומלץ לאחר כל ניסוי לבקש מהתלמידים לתאר את המגיבים ואת התוצרים ברמה מאקרוסקופית, ברמה מיקרוסקופית וברמת הסמל - על פי ההנחיות [בנספח לסילבוס "דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות \(מאקרוסקופית, מיקרוסקופית וסמל\)"](#), הנמצא באתר המפמ"ר.

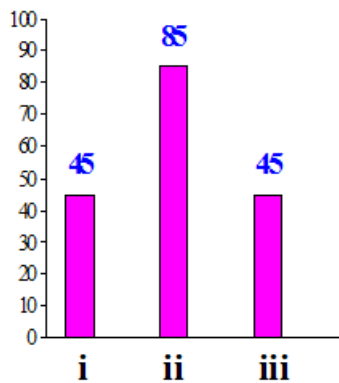
מומלץ בכל תרגיל, שבו מוזכר חומר כלשהו, לבקש מהתלמידים לתאר אותו ברמה מאקרוסקופית, ברמה מיקרוסקופית וברמת הסמל.

כמו כן, מומלץ לעבור עם התלמידים על המצגת שערכה גליה גויכברג "דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות", ולאחר מכן לנתח דוגמאות נוספות. [המצגת נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#). מומלץ להשתמש במודלים שונים כשמדובר בנושאים שקשורים למבנה החומרים, החל מנושא מצבי צבירה בכיתה י', וכמובן בנושא "מבנה וקישור" ובכל הנושאים האחרים כאשר הדבר רלוונטי. מומלץ להיעזר בהמלצות המכילות טבלאות ומפות מושגים, המופיעות בעמודים 20-25 בחוברת אשר הוכנה ע"י בוגרי הקורסים למורים מובילים: סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה. [החוברת נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#). כמו כן, יעיל ללוות את הניסויים באנימציות וסרטונים. למשל [סרטון אנימציה המסביר דיפוזיה](#), [סרטון אנימציה נוסף על דיפוזיה](#).

**סעיף ג' (הציון בשאלון 37381 61)**

**(הציון בשאלון 37387 64)**

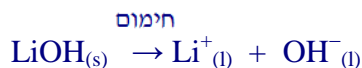
**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**



**תת-סעיף i (הציון 45)**

בשלב I של התהליך המתואר בקטע, מתיכים  $\text{LiOH}_{(s)}$ . נסח את תהליך ההיתוך של  $\text{LiOH}_{(s)}$ .

**התשובה**



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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. למרות המטלה הפשוטה, תלמידים רבים התקשו לנסח את תהליך ההיתוך של החומר היוני הנתון. הטעויות האופייניות:

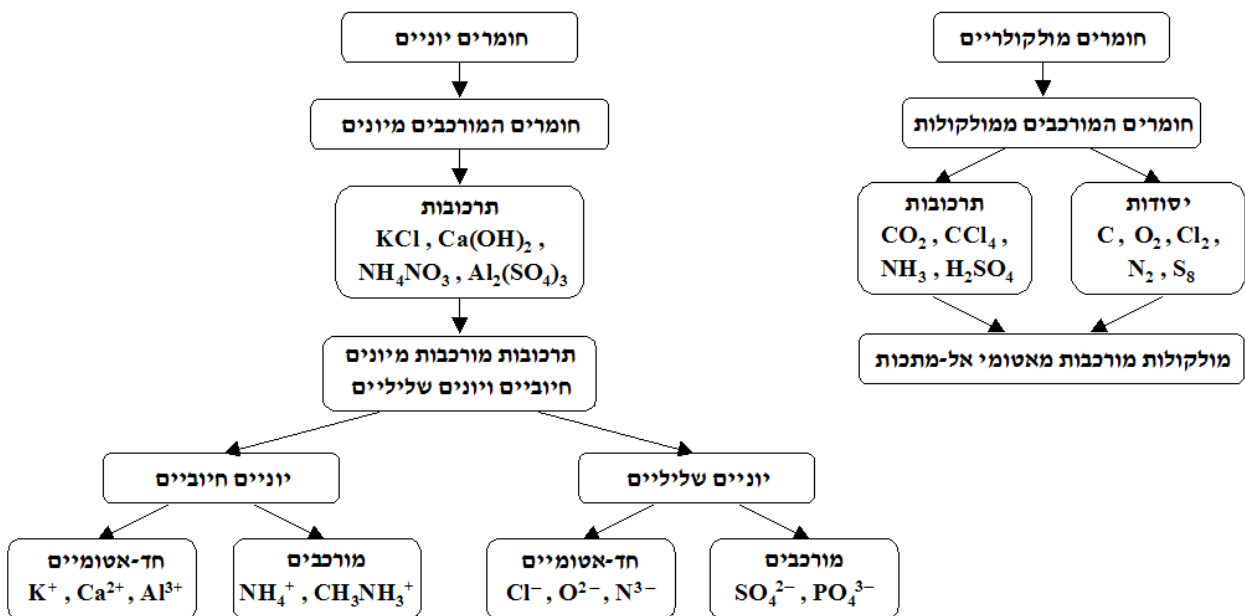
- $\text{LiOH}_{(s)} \rightarrow \text{LiOH}_{(l)}$
- $\text{LiOH}_{(s)} \rightarrow \text{LiOH}_{(aq)}$
- $\text{LiOH}_{(s)} \rightarrow \text{LiOH}_{(s)}$
- $\text{LiOH}_{(s)} \rightarrow \text{Li}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- $\text{LiOH}_{(s)} \rightarrow \text{Li}^+_{(s)} + \text{OH}^-_{(g)}$
- $\text{LiOH}_{(s)} \rightarrow \text{LiOH}_{(l)} \rightarrow \text{Li}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- $\text{LiOH}_{(s)} \rightarrow \text{Li}_{(l)} + \text{OH}_{(l)}$

רישום הניסוחים השגויים נובע מקושי בהבחנה בין חומרים יוניים לבין חומרים מולקולריים ומחוסר ידע והבנה כיצד מנסחים תהליכי היתוך של חומרים יוניים. כמו כן קיים קושי בהבנת המהות של תהליכי היתוך של חומרים יוניים וחומרים מולקולריים. בעיה נוספת היא בלבול בין תהליך היתוך לבין תהליך המסה במים.

## המלצות

התרשים הבא עשוי לעזור לתלמידים להבחין בין חומרים יוניים לבין חומרים מולקולריים.

### הבחנה בין חומרים יוניים לבין חומרים מולקולריים



מומלץ לבצע ניסויים פשוטים: ביצוע תהליכי היתוך של חומרים מולקולריים וחומרים יוניים ומדידת מוליכות של הנוזל המתקבל. לאחר כל ניסוי מנתחים עם התלמידים את התוצאות ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית, מנסחים את תהליכי ההיתוך.

## תת-סעיף ii (הציון 85)

קבע מהו סוג התגובה המתרחשת בשלב II - חומצה-בסיס, חמצון-חיזור או שיקוע. נמק את קביעתך.

### התשובה

קביעה: תגובת חמצון-חיזור.

נימוק:

במהלך התגובה המתרחשת בשלב II יש שינויים בדרגות החמצון של אטומי Li ושל אטומי N.

או: דרגת החמצון של אטומי Li עולה (או: משתנה מ-0 ל-+1),

דרגת החמצון של אטומי N יורדת (או: משתנה מ-0 ל-3).

או: בתגובה זו יש מעבר אלקטרוניים מאטומי Li לאטומי N.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את סוג התגובה ונימקו את קביעתם. אותרו טעויות מעטות הנובעות מקושי לזהות תגובת חמצון-חיזור על פי שינויים בדרגות חמצון:

- "זאת לא תגובת חמצון-חיזור, כי אין שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה - למגיבים ולתוצר דרגת חמצון אפס."

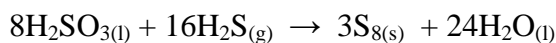
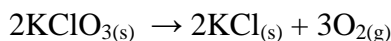
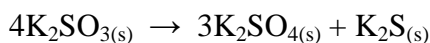
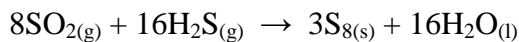
היו תלמידים שלא ידעו כיצד לזהות תגובת חומצה-בסיס ותגובת שיקוע:

- "תגובת חומצה-בסיס, כיוון שיש מעבר אלקטרוניים."
- "תגובת שיקוע כי מגז נוצר מוצק."

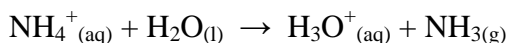
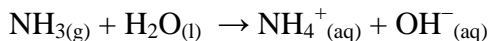
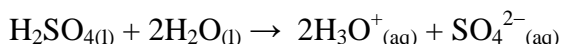
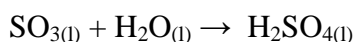
### המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים לזהות סוגים שונים של תגובות, כולל תגובות שהן שילוב של שני סוגים. תגובות לדוגמה:

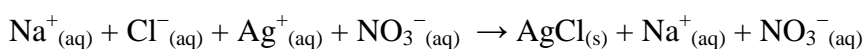
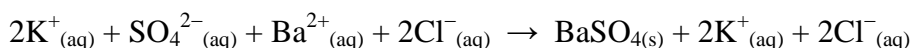
#### תגובות חמצון-חיזור



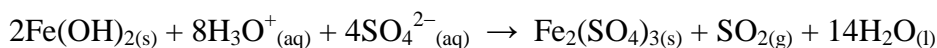
### תגובות חומצה-בסיס



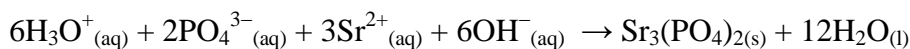
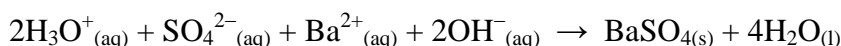
### תגובות שיקוע



### תגובות חמצון-חיזור וחומצה-בסיס



### תגובות חומצה-בסיס ושיקוע



## תת-סעיף iii (הציון 45)

קבע אם בשלב III, המים הם: ממס, מחזור, חומצה או בסיס. נמק את קביעתך.

### התשובה

קביעה:

המים מגיבים כחומצה.

נימוק:

בשלב III מתרחשת תגובת חומצה-בסיס.

מולקולות המים מאבדות (או: מוסרות) פרוטונים ( $\text{H}^+$ ) ונוצרים יוני  $\text{OH}^-$ .

או: בתגובה המתרחשת בשלב III יש מעבר פרוטונים ( $\text{H}^+$ ) ממולקולות המים ליוני  $\text{N}^{3-}$  שב-  $\text{Li}_3\text{N}_2(\text{s})$ .

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

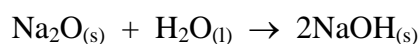
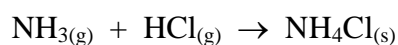
### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הצליחו לקבוע תפקידם של המים בתגובה הנתונה, לא הבחינו בכל שהמים הם חומצה - מאבדים פרוטונים. הטעויות האופייניות:

- ◆ קביעה שגויה המלווה בנימוק שגוי, המצביע על חוסר ידע והבנה שחומצה היא זו שמאבדת פרוטונים:
- "המים מגיבים כבסיס, כי הם מוסרים פרוטון."
- ◆ קביעה ונימוק שגויים - קביעת התפקיד של המים על פי תוצרי התגובה:
- "המים מגיבים כבסיס, כי בתוצרים יש יוני הידוקסיד."
- "המים מגיבים כבסיס, כי בתוצר התגובה יש  $\text{NH}_3(\text{g})$  שזה חומר בסיסי."
- ◆ קביעה שגויה המלווה בנימוק שגוי, המצביע על חוסר ידע והבנה של תהליכי המסה במים של חומרים יוניים:
- "המים הם ממס. בשלב זה מתוארת תגובה של מים עם  $\text{Li}_3\text{N}$ : בין היונים השליליים של מים ובין היונים החיוביים של המומס."
- "המים הם ממס, כי אין מעבר אלקטרוני בתגובה."
- ◆ קביעה שגויה המלווה בנימוק שגוי, המצביע על קושי להבחין במעבר פרוטונים בתגובה:
- "התגובה אינה תגובה חומצה בסיס כי אין מעבר פרוטונים."
- ◆ קביעה שגויה המלווה בנימוק שגוי, המצביע על חוסר הבנה מהי חומצה ומהו בסיס ועל בלבול בין המושגים: "חומצה" ו"סביבה חומצית", "בסיס" ו"סביבה בסיסית":
- "תהליך אינו חומצה-בסיס משום שאין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  ולא יוני  $\text{OH}^-$ ."
- "למים  $\text{pH} = 7$ , לכן הם לא יכולים להיות חומצה או בסיס."

## המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שהמושגים "חומצה" ו"בסיס" מתייחסים למעבר פרוטונים. מומלץ לנתח עם התלמידים תגובות כמו תגובה המתרחשת בשלב III - תגובות שבהן יש מעבר פרוטונים והמגיבים הם חומצה ובסיס, למרות שהם לא יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  ו-  $\text{OH}^-$ . תגובות לדוגמה:



**סעיף ד' (הציון בשאלון 37381 59)**

**(הציון בשאלון 37387 68)**

על פי התגובות בשלושת השלבים של התהליך המתואר בקטע, מ- 3 מול  $\text{LiOH}(\text{s})$  אפשר לקבל 1 מול  $\text{NH}_3(\text{g})$ . אך למעשה, בשיטה זו, אפשר להפיק יותר מ- 1 מול  $\text{NH}_3(\text{g})$  מ- 3 מול  $\text{LiOH}(\text{s})$ . הסבר מדוע.



## התשובה

בשלב III, (על כל מול  $\text{NH}_3(\text{g})$  נוצר (נוצרים 3 מול)  $\text{LiOH}(\text{s})$ , המוחזר (המוחזרים) לשלב I.

או:

התהליך המתואר בקטע חוזר על עצמו מספר פעמים (תהליך מעגלי או: תהליך מחזורי).  
(בשיטה זו אפשר להשתמש ב-  $\text{LiOH}(\text{s})$  שוב ושוב להפקת  $\text{Li}(\text{s})$  ולייצור כמויות נוספות של אמוניה.)

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציונים נמוכים יחסית. הציון בשאלון 37387 גבוה ב- 9 נקודות מהציון בשאלון 37381. סעיף זה דרש חשיבה ברמה גבוהה והיה קשה לתלמידים. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מכך שחלק ניכר מהתלמידים אינם מכירים או אינם מבינים את עקרון המיחזור:

- "אפשר להפיק יותר מ- 1 מול  $\text{NH}_3(\text{g})$ , משום שכאשר נגדיל את המקדמים של המגיבים ואת המקדמים של התוצרים יחס המולים לא משתנה."
- "כיוון שנשאר עודף של  $\text{LiOH}(\text{s})$  שאפשר להשתמש בו שוב."
- "ניתן להכפיל את הכמות של  $\text{LiOH}(\text{s})$  ולקבל יותר  $\text{NH}_3(\text{g})$ ."
- "כיוון שתמיד אפשרי להגדיל את הנפח של גז חנקן אשר יגיב בשלב II ובכך להגדיל את הפקת האמוניה."

## המלצות

כדי לפתח חשיבה ברמה גבוהה אצל תלמידים, אפשר להיעזר במגוון רחב של אמצעים. שיטות מגוונות לעשות זאת ניתן למצוא באתר המפמ"ר.

**סעיף ה' (הציון בשאלון 37381 87)**

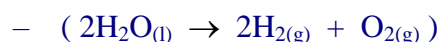
**(הציון בשאלון 37387 91)**

כדי להתאים את התהליך שפותח במעבדה לתהליך תעשייתי להפקת אמוניה נדרשים משאבים רבים. כתוב טיעון אחד התומך בכדאיות של הפקת אמוניה בשיטה החדשנית המוצגת בקטע. **נמק.**

## התשובה

אחד מן הטיעונים:

– המים הם המקור לאטומי מימן ולכן אין צורך להשקיע אנרגיה המתקבלת ממקורות אנרגיה מתכלים כדי להפיק  $\text{H}_2(\text{g})$ .



- בתהליך זה משתמשים במקורות אנרגיה מתחדשים (כמו פאנלים סולריים או טורבינות רוח) במקום במקורות אנרגיה מתכלים (כמו נפט). זהו פיתוח חדשני השומר על איכות הסביבה.
- בתהליך זה לא נפלט  $\text{CO}_2(\text{g})$  לאטמוספירה (כי לא שורפים דלקים פחמימניים כדי להפיק  $\text{H}_2(\text{g})$ ) (או): כי משתמשים במקורות אנרגיה מתחדשים) ולכן אין השפעה שלילית על הסביבה.
- מכמות קטנה של  $\text{LiOH}(\text{s})$  אפשר לקבל כמות גדולה של  $\text{NH}_3(\text{g})$ , כיוון שהתהליך הוא מעגלי.  $\text{LiOH}(\text{s})$  שנוצר בשלב III מוחזר לשלב I.
- תהליך להפקת אמוניה מתבצע בלחץ אטמוספרי לעומת התהליך המקובל כיום בתעשייה, המתבצע בלחצים גבוהים. לכן בתהליך זה יש חסכון באנרגיה.

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

### **ניתוח טעויות אופייניות**

הציונים גבוהים בשני השאלונים. רוב התלמידים הצליחו לכתוב טיעון מתאים. תלמידים מעטים כתבו טיעון ללא נימוק.

### **המלצות**

מומלץ לבצע עם התלמידים פעילויות המעודדות מיומנות טיעון, הנמצאות באתר המפמ"ר.

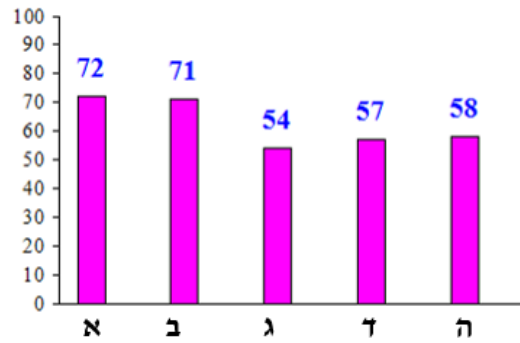
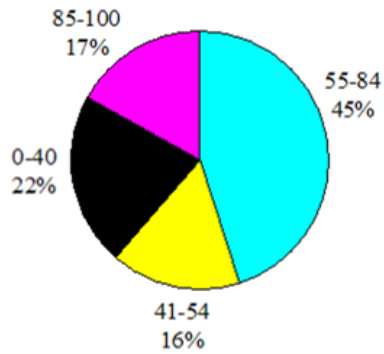
## ניתוח שאלה 10

### מבנה, קישור וכימיה של מזון

#### שאלון 37381

פיזור ציונים  
בחרו בשאלה 67% מהתלמידים

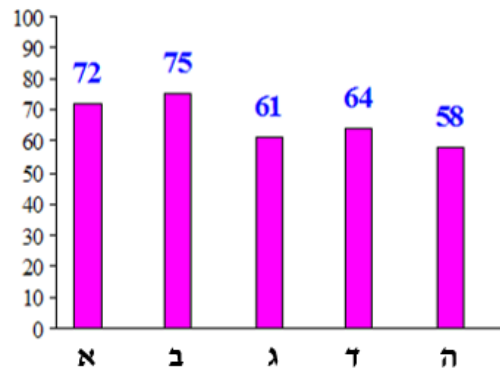
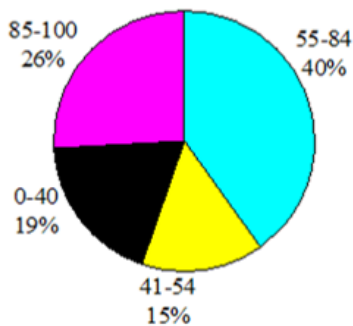
ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 60  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### שאלון 37387

פיזור ציונים  
בחרו בשאלה 72% מהתלמידים

ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 64  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לקשר בין מצב צבירה של טריגליצריד בתנאי החדר לבין טמפרטורת היתוך שלו.
- לנתח את השפעת הגורמים השונים על טמפרטורת היתוך של טריגליצריד.
- להסביר מהו תהליך ההידרוגנציה של חומצת שומן לא רוויה וטריגליצריד (שמן) ולנסח אותו.
- להשוות בין טמפרטורת ההיתוך של שמן לבין טמפרטורת ההיתוך של תוצר ההידרוגנציה של שמן זה.
- לרשום נוסחאות שונות של חומצות שומן ושל טריגליצרידים : רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה.
- לנסח את תהליך ההידרוליזה של טריגליצריד.
- להסביר מדוע המסיסות במים של חומצות שומן היא נמוכה.
- לקבוע שתגובה לקבלת סבון היא תגובת חומצה-בסיס.
- לבחור בחומר המתאים (בבסיס) לתגובה עם חומצת שומן, שבה מתקבל סבון.
- להסביר את קיום הקשרים היוניים בין חלקיקי נתרן לאורט וגם את קיום אינטראקציות ון-דר-וואלס בין חלקיקים אלה.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

## פתיח לשאלה

שמן קוקוס הוא שמן צמחי המופק מן הפרי של עץ הקוקוס.

**סעיף א' (הציון בשאלון 37381 72)**

**(הציון בשאלון 37387 72)**

רוב השמנים הצמחיים (כמו שמן זית, שמן תירס) הם נוזלים בטמפרטורת החדר, אך שמן קוקוס הוא מוצק בטמפרטורת החדר.

ההיגדים  $a$ ,  $b$  שלפניך נוגעים לגורמים שיכולים להשפיע על מצב הצבירה של שמן הקוקוס

בטמפרטורת החדר. קבע איזה היגד,  $a$  או  $b$ , הוא נכון. **הסבר מדוע פסלת את ההיגד האחר.**

$a$  בטריגליצרידים שבשמן קוקוס יש אחוז גבוה של חומצות שומן רוויות.

$b$  בטריגליצרידים שבשמן קוקוס יש אחוז גבוה של חומצות שומן בלתי רוויות מסוג טרנס.

## התשובה

קביעה:

היגד  $a$  נכון.

הסבר:

היגד  $b$  אינו נכון כי חומצות השומן הבלתי רוויות בשמנים הטבעיים (כמו שמן קוקוס) הן (רובן) מסוג ציס.

או:

חומצות שומן מסוג טרנס נוצרות בעיקר בתהליכי הידרוגנציה של שמנים צמחיים וכמעט ואינן קיימות בטבע.

לקבל גם הסבר המתייחס להשפעת מספר הקשרים הכפולים במולקולות של טריגליצרידים על טמפרטורת ההיתוך.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני בשני השאלונים. רוב התלמידים הצליחו לקשר בין מצב צבירה של טריגליצריד בתנאי החדר לבין טמפרטורת ההיתוך שלו, ולנתח את השפעת הגורמים השונים על טמפרטורת ההיתוך של טריגליצרידים.

יחד עם זאת אותרו טעויות אופייניות אותן ניתן לחלק לשלושה סוגים:

- ◆ קביעה שגויה והסבר שגוי של ההיגד האחר:
- "היגד  $b$  נכון. היגד  $a$  אינו נכון, כי לחומצות שומן רוויות יש טמפרטורת היתוך נמוכה יותר, כיוון שאין בה קשרים כפולים אשר גורמים לקשרים בין מולקולריים חזקים."
- "היגד  $b$  נכון. היגד  $a$  אינו נכון. בשמן צמחי יש חומצות שומן לא רוויות ולכן הוא נוזלי."

- ◆ קביעה שגויה שהיגד b נכון והסבר שגוי של אותו היגד :
- "היגד b נכון. לחומצות שומן בלתי רוויות טמפרטורת היתוך גבוהה יותר, כי קשרים כפולים גורמים לאריזה להיות צפופה יותר."
- " הימצאות קשרים כפולים במולקולות מעלה את גמישותן ומפחיתה את הצפיפות האריזה ולכן המרחק בין המולקולות יהיה גדול יותר."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי של ההיגד האחר. ברוב ההסברים האלה בולט חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים :
- "היגד a נכון. היגד b אינו נכון, כי קשרים כפולים חלשים יותר מאשר קשרים יחידים, ולכן הטמפרטורה של חומצות שומן בלתי רוויות נמוכה יותר."

### המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים מהו הקשר בין מצב צבירה של טריגליצריד בתנאי החדר לבין טמפרטורת היתוך שלו, לנתח את השפעת הגורמים השונים על טמפרטורת היתוך של טריגליצרידים וחומצות שומן.

תרגיל לדוגמה :

שומן של עוף רך יותר משומן של בקר, כי שומן של עוף מכיל אחוז גבוה יותר של חומצות שומן שהן בעלות :

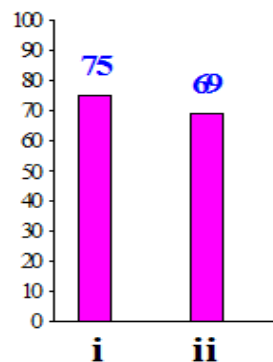
- א. טמפרטורת היתוך גבוהה יותר.
- ב. שייר ארוך יותר.
- ג. מספר רב יותר של קשרים כפולים.
- ד. מספר רב יותר של קשרים יחידים.

**סעיף ב' (הציון בשאלון 37381 71)**

**(הציון בשאלון 37387 75)**

**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**

שמן קוקוס שעבר הידרוגנציה משמש תחליף לשומן בתעשיית המזון.



## תת-סעיף i (הציון 75)

מהו תהליך ההידרוגנציה?

### התשובה

תהליך ההידרוגנציה הוא תהליך של סיפוח אטומי מימן לקשרים הכפולים (בין אטומי פחמן).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הסבירו נכון מהו תהליך ההידרוגנציה של שמן. הטעויות האופייניות נובעות בעיקר מבלבול בין תהליך ההידרוגנציה לבין תהליך הידרוליזה:

- "הידרוגנציה זה תהליך של פירוק טריגליצרידים לחומצות שומן."
- "הידרוגנציה היא תהליך שבו טריגליצריד הופך לחומצות שומן רוויות ובלתי רוויות."
- בעיה נוספת היא הסברים כלליים שאינם מתייחסים למהות התהליך:
- "הידרוגנציה זה תהליך הפוך לתהליך הידרוליזה."
- "הידרוגנציה זה תהליך שמשנה את השומן הבלתי רווי לרווי."

### המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שהידרוגנציה היא תהליך של סיפוח אטומי מימן לקשרים כפולים (בין אטומי פחמן), ולתרגל ניסוחים של שני תהליכים: הידרוגנציה והידרוליזה, תוך הדגשה של ההבדלים ביניהם.

תרגיל לדוגמה:

חומצת השומן C20:4 $\omega$ 3 עברה הידרוגנציה.

איזו מבין חומצות השומן שלפניך לא יכולה להיות תוצר ההידרוגנציה של חומצת השומן הנתונה?

א. C20:3 $\omega$ 3

ב. C20:3 $\omega$ 6

ג. C20:0

ד. C20:3 $\omega$ 4

## תת-סעיף ii (הציון 69)

קבע אם טמפרטורת ההיתוך של שמן קוקוס שעבר הידרוגנציה גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של שמן קוקוס טבעי (שלא שעבר הידרוגנציה) או נמוכה ממנה. נמק את קביעתך.

## התשובה

קביעה:

גבוהה יותר.

קשרים כפולים במבנה ציס יוצרים כיפוף במולקולה ומפריעים להתארגנות מולקולות באריזה צפופה. כתוצאה מתהליך ההידרוגנציה עולה שיעור חומצות השומן הרוויות בטריגליצרידים שבשמן קוקוס. כאשר אין בהן קשרים כפולים במצב ציס (או: יש בהן פחות קשרים כפולים), המולקולות של הטריגליצרידים (פחות כפופות) יכולות להתארגן באריזה יותר צפופה. אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות נעשות חזקות יותר. נדרשת יותר אנרגיה כדי להחליש את האינטראקציות. לכן טמפרטורת ההיתוך של שמן קוקוס שעבר הידרוגנציה גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של שמן קוקוס טבעי.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שטמפרטורת ההיתוך של תוצר ההידרוגנציה של שמן גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של שמן לפני ההידרוגנציה. יחד עם זאת אותרו הטעויות האופייניות משני סוגים עיקריים:

- ◆ קביעה שגויה המלווה בהסבר שגוי:
- "נמוכה יותר, כי מתפרקים הקשרים הכפולים ולכן לא נדרשת אנרגיה רבה לפירוק קשרים נוספים."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי. רוב ההסברים השגויים נובעים מחוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:
- "הטמפרטורה גבוהה יותר, כי יש יותר מימנים שיכולים ליצור קשרי מימן."
- "גבוהה יותר, כי לחומר שעובר הידרוגנציה יש ענן אלקטרוני גדול יותר."

## המלצות

מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדל בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים, ושטמפרטורת ההיתוך וטמפרטורת הרתיחה של חומרים מולקולריים תלויות בחוזק הכוחות הבין מולקולריים. מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות דומות, שבהן צריך להשוות בין טריגליצרידים שונים מבחינת מבנה המולקולות, השפעת החוזק של כוחות בין מולקולריים על טמפרטורת ההיתוך של החומר. התלמיד צריך לדעת להשוות בין טריגליצרידים לפי אורך השרשרות הפחמימניות שלהם מצד אחד, ומצד שני לפי מספר הקשרים הכפולים בשרשרות הפחמימניות. ככל שיש בשרשרות הפחמימניות יותר קשרים כפולים יש יותר אזורים מכופפים במולקולות ולכן המולקולות פחות קרובות, האריזה פחות צפופה ואינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות יותר. לפיכך תידרש פחות אנרגיה להחלשת הקשרים ולכן טמפרטורת ההיתוך של הטריגליצריד צפויה להיות נמוכה יותר. ככל ששרשרות פחמימניות ארוכות יותר, ענני האלקטרוני גדולים יותר, יש יותר סיכוי להיווצרות דו-קטבים והמטענים



החלקיים חזקים יותר ואינטראקציות ון-דר-ואלס חזקות יותר. לפיכך תיזדרש יותר אנרגיה להחלשת האינטראקציות ולכן טמפרטורת ההיתוך שלו צפויה להיות גבוהה יותר. מומלץ לבקש מהתלמידים לקרוא כתבה "מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס?" מאת אייל, [ולראות את סרטון האנימציה בסוף הכתבה, הנמצאת באתר של מכון דוידסון](#)

תרגיל לדוגמא :

הכוחות הבין מולקולריים בחומצה פלמיטית, C16:0, חזקים יותר מאשר הכוחות הבין מולקולריים בחומצה פלמיטולאית, C16:1 $\omega$ 7cis.

חלק I:

מהם הכוחות הבין מולקולריים בשתי החומצות?

א. אינטראקציות ון-דר-ואלס ומעט קשרי מימן

ב. קשרי מימן ומעט קשרים יוניים

ג. קשרים קוולנטיים ומעט קשרי מימן

ד. קשרי מימן ומעט קשרים קוולנטיים

חלק II:

הכוחות הבין מולקולריים בחומצה פלמיטית חזקים יותר מהכוחות הבין מולקולריים בחומצה פלמיטולאית כי :

א. בין המולקולות של חומצה פלמיטולאית יש אינטראקציות ון-דר-ואלס בלבד, ובין המולקולות של חומצה פלמיטית יש גם קשרי מימן.

ב. ענני האלקטרונים במולקולות של חומצה פלמיטולאית גדולים מענני האלקטרונים במולקולות של חומצה פלמיטית.

ג. קשרים כפולים במבנה ציס יוצרים כיפוף במולקולות של חומצה פלמיטולאית ומפריעים

להתארגנות מולקולות באריזה צפופה.

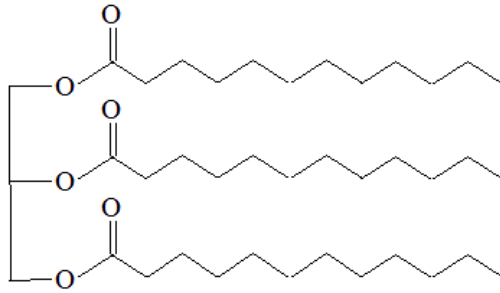
ד. ענני האלקטרונים במולקולות של חומצה פלמיטולאית קטנים מענני האלקטרונים במולקולות של חומצה פלמיטית.

**סעיף ג' (הציון בשאלון 37381 54)**

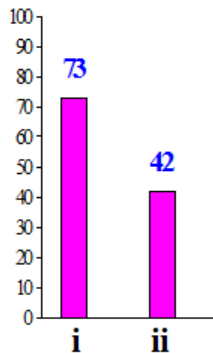
**(הציון בשאלון 37387 61)**

**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**

טרילאורין הוא טריגליצריד שנמצא בשמן קוקוס. לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של טרילאורין :



בהידרוליזה של טרילאורין מקבלים חומצה לאורית (lauric acid) ותוצר נוסף.



### תת-סעיף i (הציון 73)

כתוב רישום מקוצר של החומצה הלאורית.

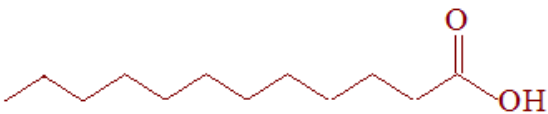
### התשובה

C12:0

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לכתוב רישום מקוצר של החומצה הלאורית. הטעויות האופייניות שאותרו:

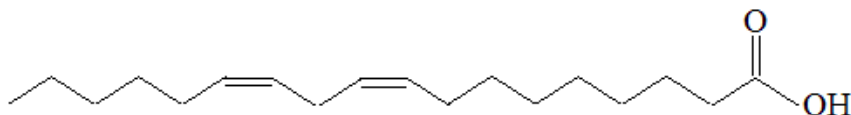
- ◆ כתיבת נוסחה מולקולרית במקום רישום מקוצר:
  - C<sub>12</sub>H<sub>24</sub>O<sub>2</sub>
- ◆ כתיבת רישום מקוצר שגוי:
  - C12:1ω3
  - C12:1ω0
- ◆ כתיבת ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה במקום רישום מקוצר:
  - 

## המלצות

מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדלים בכתיבת נוסחאות שונות: נוסחה מולקולרית, רישום מקוצר, נוסחת ייצוג אלקטרונית, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה.

שאלה לדוגמה:

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של חומצת שומן:



רשום נוסחה מולקולרית ורישום מקוצר של חומצת השומן הנתונה.

התשובה:

נוסחה מולקולרית:  $C_{18}H_{32}O_2$

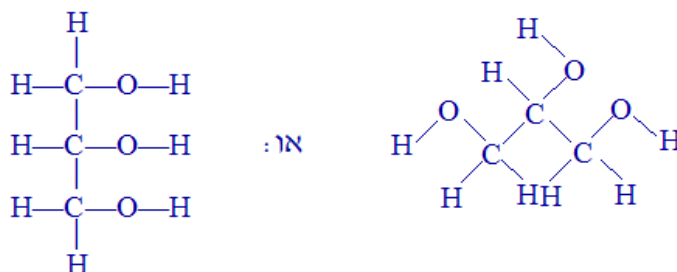
רישום מקוצר:  $C18:2\omega6cis,cis$

## תת-סעיף ii (הציון 42)

רשום ייצוג מלא לנוסחת המבנה של התוצר הנוסף המתקבל בתגובת ההידרוליזה של טרילאורין.

## התשובה

גליצרול



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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים לא ידעו שבתהליך ההידרוליזה מכל מולקולה של טריגליצריד מתקבלות שלוש מולקולות של חומצת שומן (או של חומצות שומן שונות) ומולקולה אחת של גליצרול.

רוב התלמידים שטעו רשמו במקום נוסחת גליצרול את נוסחת המים.

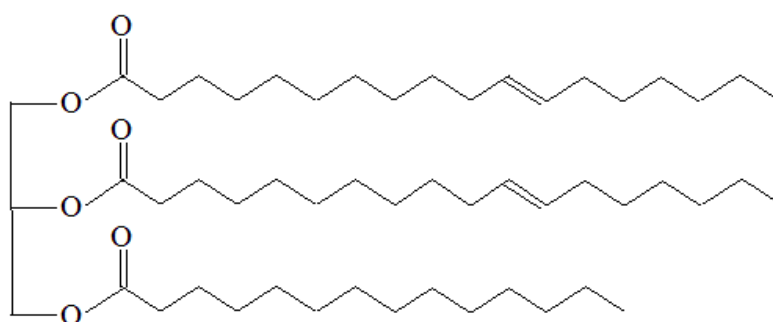
נוסחאות שגויות נוספות: נוסחת החומצה הלאורית ונוסחאות מוזרות כמו  $C_3H_2O$ .

## המלצות

מומלץ לתרגל את ניסוח תהליך ההידרוליזה של טריגליצרידים.  
מומלץ לבקש מהתלמידים לנסח שתי תגובות: קבלת טריגליצריד מגליצרול וחומצות שומן ותגובה הפוכה - ההידרוליזה של טריגליצריד, שבה מתקבלים בחזרה גליצרול וחומצת שומן (או חומצות שומן שונות).

תרגיל לדוגמא:

נתון ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של טריגליצריד.



- א. כתוב ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה עבור כל אחד מן התוצרים המתקבלים בהידרוליזה של הטריגליצריד הנתון.
- ב. כתוב רישום מקוצר עבור כל אחת מחומצות השומן שמהם אפשר לקבל את הטריגליצריד הנתון.

**סעיף ד' (הציון בשאלון 37381 57)**

**(הציון בשאלון 37387 64)**

המסיסות במים של חומצה לאורית היא נמוכה. הסבר מדוע.

## התשובה

במולקולות של חומצה לאורית יש:

שייר פחמימני גדול יחסית (אז: חלק הידרופובי גדול יחסית) וקבוצה קרבוקסילית (אז: חלק הידרופילי קטן יחסית).

במולקולות של חומצה לאורית יש מעט מוקדים ליצירת קשרי מימן (אז: בין מולקולות של חומצה לאורית ובין מולקולות המים יכולים להיווצר מעט קשרי מימן).

או:

אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות של חומצה לאורית חזקות יחסית. השייר הפחמימני הגדול יחסית מפריע ליצירת קשרי מימן בין הקבוצה הקרבוקסילית במולקולות של חומצה לאורית לבין מולקולות המים. (כתוצאה מכך המסיסות במים של חומצה לאורית היא נמוכה.)

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

### ניתוח טעויות אופייניות

- הציונים נמוכים בשני השאלונים, אך בשאלון 37387 הציון גבוה יותר. תלמידים רבים התקשו להסביר מדוע המסיסות במים של חומצות שומן היא נמוכה. הטעויות האופייניות שאותרו מצביעות על חוסר הבנה של כללי המסיסות במים של חומרים מולקולריים:
- ◆ רוב התלמידים שטעו קישרו בין המסיסות הנמוכה במים לבין סוג חומצת השומן: רוויה או לא רוויה:
  - "חומצה לאורית לא מתמוססת במים כי היא חומצת שומן רוויה."
  - ◆ חלק מהתלמידים סבורים שאף חומר מולקולרי לא מתמוסס במים:
  - "מסיסות של חומצה לאורית במים נמוכה, כי חומר מולקולרי לא מתמוסס במים."
  - ◆ היו תלמידים שכתבו סיסמה:
  - "דומה מתמוסס בדומה."

### המלצות

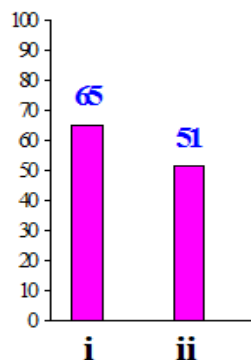
מומלץ לחדד לתלמידים את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים במים. מומלץ לבצע ניסויים של המסת חומרים שונים במים ולבקש מהתלמידים להסביר מסיסות טובה של חומרים מסוימים ומסיסות זניחה של חומרים אחרים.

**סעיף ה' (הציון בשאלון 37381 58)**

**(הציון בשאלון 37387 58)**

**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**

חומצה לאורית משמשת גם לייצור הסבוו נתרן לאורט,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COONa}_{(s)}$ .



## תת-סעיף i (הציון 65)

נתרן לאורט נוצר בתגובה של חומצה לאורית עם חומר נוסף.  
קבע איזה חומר -  $\text{NaOH}_{(aq)}$  או  $\text{NaCl}_{(aq)}$  - מתאים לתגובה של חומצה לאורית ליצירת הסבון.  
נמק את קביעתך.

### התשובה

קביעה:

תמיסת  $\text{NaOH}_{(aq)}$

נימוק:

תמיסת  $\text{NaOH}_{(aq)}$  היא תמיסת בסיס.

חומצה לאורית מגיבה עם תמיסת  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בתגובת סתירה.  
(הסבון נתרן לאורט הוא תוצר של תגובה זו.)

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הצליחו לקבוע שתגובה לקבלת סבון היא תגובת חומצה-בסיס ובחרו בבסיס  $\text{NaOH}_{(aq)}$ , אך חלק מהם התקשו בהסבר:

- "  $\text{NaOH}$ , כי לחומצה לאורית יש את החמצן שיצור קשרי מימן עם המימן במים."
- "  $\text{NaOH}$  מכיל מוקדים ליצירת קשרי מימן."
- "  $\text{NaOH}$  יוצר קשר אסטרי עם החומצה הלאורית."

תלמידים מעטים לא הצליחו לקבוע שזוהי תגובת חומצה-בסיס, בחרו ב-  $\text{NaCl}_{(aq)}$  וניסו להסביר את בחירתם:

- "  $\text{NaCl}$ . זהו חומר יוני מוצק המתמוסס במים."

## המלצות

מומלץ לספר לתלמידים על ייצור סבון, לתרגל תגובות של חומצות שומן עם בסיס ולהסביר מדוע מתקבלת תרכובת יונית.

## תת-סעיף ii (הציון 51)

בין חלקיקי נתרן לאורט יש קשרים יוניים וגם אינטראקציות ון-דר-ואלס. הסבר קביעה זו.

## התשובה

(התרכובת סודיום לאורט מורכבת מיוני  $\text{Na}^+$  ומיוני  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COO}^-$ ).

הקשרים היוניים נוצרים בין יוני  $\text{Na}^+$  לבין קבוצת  $\text{COO}^-$  שבקצה הקרבוקסילי של היונים השליליים.

אינטראקציות ון-דר-ואלס נוצרות בין השיירים הפחמימניים (או: השרשרות הפחמימניות) שביונים השליליים.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר את קיום הקשרים היוניים בין חלקיקי נתרן לאורט וגם את קיום אינטראקציות ון-דר-ואלס בין חלקיקים אלה. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר ידע והבנה - מה הם קשרים יוניים ובין אילו חלקיקים הם קיימים, וגם בין אילו חלקיקים קיימות אינטראקציות ון-דר-ואלס:

- "קשרים יוניים בין מתכת לאל מתכת."
- "זאת מולקולה יונית עם חלק חיובי וחלק שלילי ולכן יש קשר יוני."
- "קשר יוני בין נתרן לחמצן, ויש גם קשרי C-C ו-C-H, ולכן יש גם אינטראקציות ון-דר-ואלס."
- "זאת מולקולה יונית עם חלק חיובי וחלק שלילי ולכן יש קשר יוני."

## המלצות

מומלץ בכל הזדמנות לחדד לתלמידים מה הם הקשרים השונים, בין אילו חלקיקים הם קיימים. מומלץ לתת לתלמידים דוגמאות של חומרים יוניים המכילים יונים שליליים עם שרשרות פחמימניות ארוכות שביניהן נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס.

מומלץ לבקש מהתלמידים לקרוא חומר על ייצור סבון ולאחר מכן לקיים דיון בכיתה בנושא. אפשר לקרוא חומר ולראות סרטונים בנושא באתרים, למשל: [סבון-ויקיפדיה](#), [Soap-wiki](#), [סרטון על הכנת סבון טבעי בבית](#).

## המלצות לשאלה 10

בהוראת נושא "מבנה וקישור" מומלץ להיעזר בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא" מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70". [החוברת נמצאת באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

החברת הוכנה על בסיס ניתוחי התוצאות של בחינות בגרות תשנ"ח-תשע"ו וכוללת:

- סיכום טעויות המשגה אופייניות של תלמידים, שאותרו במהלך הערכה רב-שנתית של בחינות הבגרות, והסבר למקורות הטעויות.
- המלצות לדרכי הוראה ולפעילויות המתאימות לנושא, המסייעות להתגבר על טעויות המשגה ולמנוע אותן.
- מאגר שאלות בנושא "מבנה וקישור", שעברו עיבוד והתאמה לתוכנית הלימודים בהיקף 70% ותשובות לשאלות אלה.

הסיכום כולל גם נושא "מבנה האטום", שהוא שלב מקדים להוראת הנושא "מבנה וקישור". החברת הוכנה על ידי בוגרי הקורסים למורים מובילים במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה, בראשות: וזיוה בר-דב וד"ר דורית בר.

צוות הכתיבה: חני אלישע, אסתר ברקוביץ, רים סאבא, מיכאל קויפמן, רחל קלנר. יעוץ מדעי ופדגוגי: מכון ויצמן למדע: ד"ר רחל ממלוק-נעמן, ד"ר דבורה קצביץ, פרופ' ליאור קרוניק. משרד החינוך: ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה.

בהוראת נושא "כימיה של מזון" מומלץ להיעזר במשימת אוריינות עם טפסי גוגל הנמצאת באתר

המרכז הארצי למורי הכימיה. [משימה: פירוק שומנים - מסע מפותל במערכת העיכול.](#)

המשימה הוכנה על ידי קבוצת מורים בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ,

ראש הפרויקט: פרופ' יהודית דורי, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון.

ניתן לשלב משימה זו אחרי למידת החומר של "טעם של כימיה", כך שבשלב הזה כל המושגים מוכרים.

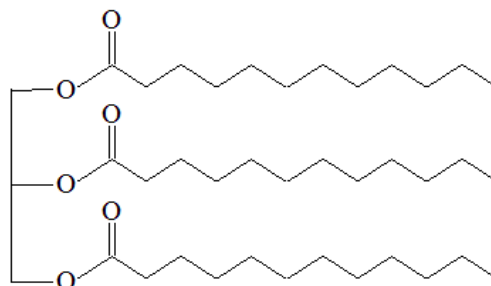
אפשרות אחרת היא לשלב את המשימה בלימוד נושא השומנים - מבנה, ההרכב וסוגים השונים של חומצות השומן.

### שאלה לתרגול בנושא: מבנה, קישור וכימיה של מזון

נתונות נוסחאות של שלושה טריגליצרידים וטמפרטורות ההיתוך שלהם:

טרילאורין

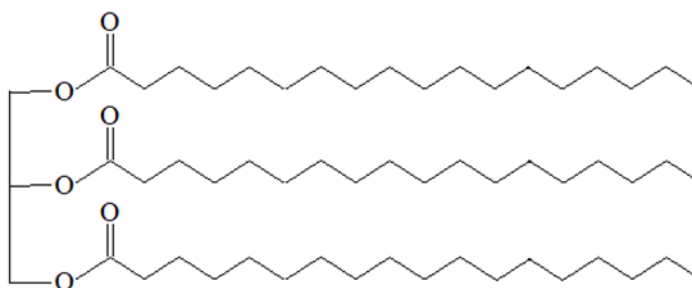
טמפרטורת היתוך  $45^{\circ}\text{C}$





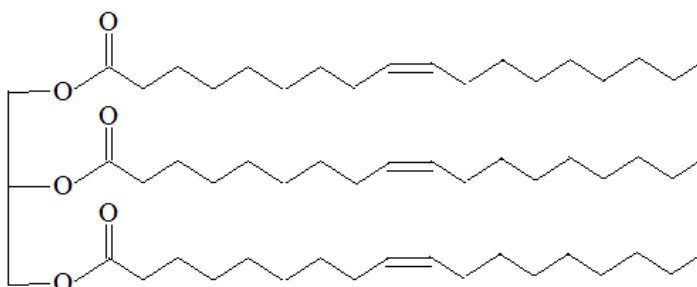
טריסטארין

טמפרטורת היתוך  $71^{\circ}\text{C}$



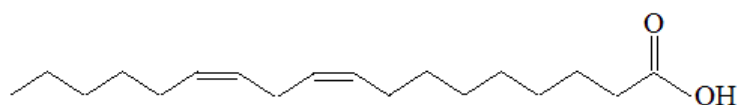
טריאולאין

טמפרטורת היתוך  $5^{\circ}\text{C}$



- א. הסבר את ההבדלים בטמפרטורות ההיתוך של שלושת הטריגליצרידים הנתונים.  
ב. רשום רישום מקוצר עבור כל אחת מן חומצות השומן, שמהן מתקבלים הטריגליצרידים הנתונים.

ג. i נתון ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של חומצת שומן :



- כתוב רישום מקוצר של חומצת השומן הנתונה.  
ii נתון רישום מקוצר של חומצת שומן :  $\text{C}_{16}:1\omega 3\text{trans}$ .  
כתוב נוסחה מולקולרית של חומצת השומן הנתונה.  
ד. i נסח את התהליך שבו חומצת שומן  $\text{C}_{14}:1\omega 3\text{cis}$  הופכת לחומצת שומן  $\text{C}_{14}:0$ .  
השתמש בייצוג מקוצר לנוסחאות מבנה של חומצות שומן.  
ii כיצד נקרא התהליך שניסחת בתת-סעיף ד' i ?  
iii הסבר מה מתרחש בתהליך שניסחת בתת-סעיף ד' i.

ה. כיצד משפיע מספר הקשרים הכפולים במולקולות חומצות שומן שבמרגרינה על רכות המרגרינה? הסבר ברמה מיקרוסקופית.

### התשובה:

סעיף א'

טריגליצרידים הם חומרים מולקולריים שבין המולקולות שלהם יש אינטראקציות ון-דר-ואלס. במולקולה של טריאולאין יש קשר כפול במבנה ציס הגורם לכיפוף של מולקולה, לכן המרחק בין מולקולות גדול יחסית, אריזה צפופה פחות, ואינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של טריאולאין חלשות. נדרשת אנרגיה קטנה להחלשת אינטראקציות ון-דר-ואלס, ולכן טמפרטורת ההיתוך של טריאולאין נמוכה.

במולקולות של טרילאורין וטריסטארין אין קשרים כפולים, לכן אין כיפוף במולקולות והן קרובות. אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של טרילאורין לבין עצמן ובין המולקולות של טריסטארין לבין עצמן חזקות יותר מאלה שבין המולקולות של טריאולאין. ענני אלקטרונים במולקולות טריסטארין גדולים יותר מאלה שבמולקולות טרילאורין, לכן אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של טריסטארין חזקות יותר, נדרשת אנרגיה רבה יותר להחלשת אינטראקציות ון-דר-ואלס, ולכן טמפרטורת ההיתוך של טריסטארין גבוהה יותר מטמפרטורת ההיתוך של טרילאורין.

סעיף ב'

C12:0 טרילאורין מתקבל מחומצת שומן:

C18:0 טריסטארין מתקבל מחומצת שומן:

C18:1 $\omega$ 9cis טריאולאין מתקבל מחומצת שומן:

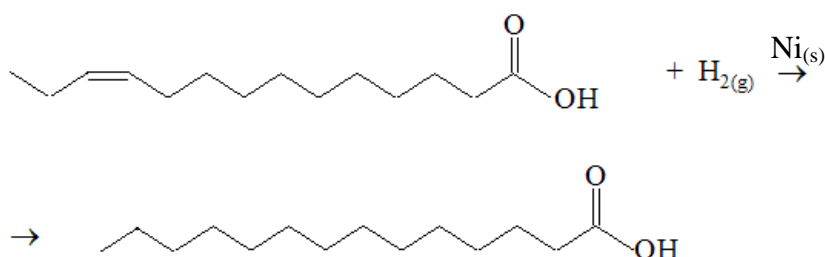
סעיף ג'

C18:1 $\omega$ 6cis,cis תת-סעיף i

C<sub>16</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub> תת-סעיף ii

סעיף ד'

תת-סעיף i



תת-סעיף ii

התהליך שנוסח נקרא הידרוגנציה.

### תת-סעיף iii

במהלך ההידרוגנציה מתרחש סיפוח אטומי מימן לקשרים הכפולים (בין אטומי פחמן) שבמולקולות של חומצת שומן לא רוויה. התהליך מתרחש בנוכחות זרז מתאים, כגון ניקל,  $Ni_{(s)}$ . קשרים כפולים הופכים לקשרים יחידים ומתקבלת חומצת שומן רוויה.

### סעיף ה'

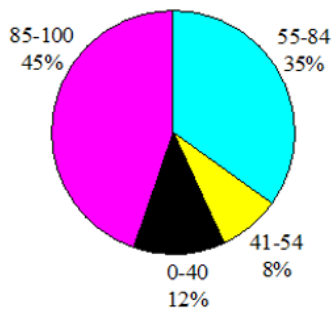
ככל שמספר קשרים כפולים במולקולות של חומצות שומן במרגרינה גדול יותר, המרגרינה רכה יותר, כי האינטראקציות הבין מולקולריות חלשות יותר. ככל שמספר קשרים כפולים במולקולות של חומצות שומן גדול יותר, יש יותר כיפופים בכל מולקולה, והמרחק בין מולקולות גדול יותר. לכן אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של חומצות שומן חלשות יותר, נדרשת אנרגיה קטנה יותר להחלשת אינטראקציות ון-דר-ואלס, ולכן טמפרטורת ההיתוך של הטריגליצריד נמוכה יותר והמרגרינה רכה יותר.

# ניתוח שאלה 11

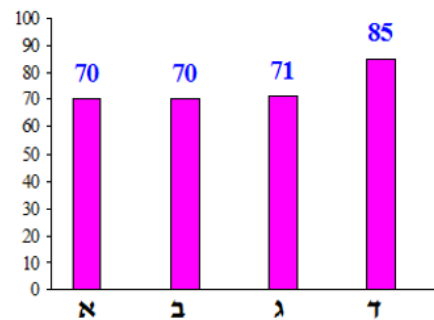
## סטטיסטיקה ומצב גז

### שאלון 37381

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 65% מהתלמידים

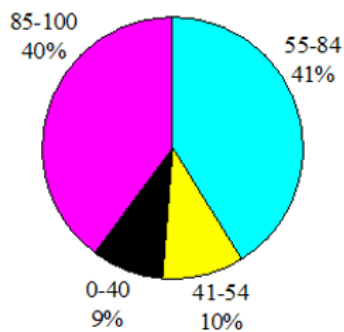


**74** ציון ממוצע על פי מכון סאלד: ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

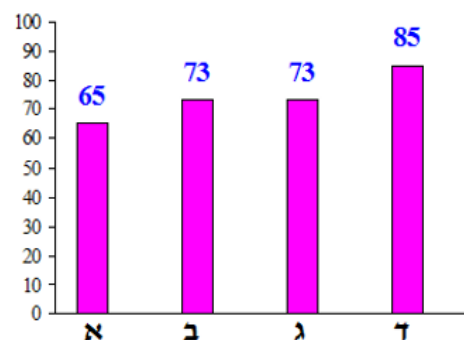


### שאלון 37387

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 67% מהתלמידים



**74** ציון ממוצע על פי מכון סאלד: ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ↖ ליישם את השערת אבוגדרו - לקשר בין נפח הגז, נפח מולרי של גז, מספר המולים של גז.
- ↖ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור תהליכים מסוגים שונים.
- ↖ לנסח ולאזן תגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים.
- ↖ להגדיר את המאפיינים של מצב הגז: נפח, לחץ, טמפרטורה.
- ↖ להסביר את ההשפעה של שינוי הטמפרטורה על נפח הגז ועל לחץ הגז.
- ↖ להסביר מהי ההשפעה של שינוי מספר המולים של הגז על לחץ הגז.
- ↖ להגדיר מהו נפח מולרי של גז.
- ↖ לנתח מידע המוצג בגרף.
- ↖ להבחין בין מספר המולים של חלקיקים לבין מספר חלקיקים.
- ↖ להמיר יחידות נפח ויחידות מסה.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

### פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בגז דו-חנקן חמצני,  $N_2O(g)$ , המכונה "גז צחוק".

**סעיף א' (הציון בשאלון 37381 70)**

**(הציון בשאלון 37387 65)**

- בכלי סגור A שנפחו 1 ליטר יש 4.4 גרם  $N_2O(g)$ .
- בכלי סגור B שנפחו 2 ליטר יש 6.4 גרם חמצן,  $O_2(g)$ .
- שני הכלים מוחזקים בטמפרטורה זהה.
- לפניך שני היגדים I ו-II.
- קבע איזה מן ההיגדים, I או II, הוא ההיגד הנכון. **נמק את קביעתך.**
- I. לחץ הגז בכלי A גדול פי 2 מלחץ הגז בכלי B.
- II. לחץ הגז בכלי A שווה ללחץ הגז בכלי B.

## התשובה

קביעה:

היגד II

נימוק:

המסה המולרית של  $N_2O_{(g)}$ :  $44 \frac{gr}{mol}$

מספר המולים של גז בכלי A:  $\frac{4.4 gr}{44 \frac{gr}{mol}} = 0.1 mol$

המסה המולרית של  $O_{2(g)}$ :  $32 \frac{gr}{mol}$

מספר המולים של גז בכלי B:  $\frac{6.4 gr}{32 \frac{gr}{mol}} = 0.2 mol$

בשני הכלים יש אותו מספר מולים של גז ביחידת נפח (או: בשני הכלים ריכוז הגז שווה (0.1 מול לליטר)).  
לכן לחץ הגז בכלי A שווה ללחץ הגז בכלי B.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני בשני השאלונים. רוב התלמידים ידעו ליישם את השערת אבוגדרו וביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים. רוב הטעויות האופייניות שאותרו בסעיף זה, נובעות מחוסר הבנה של השערת אבוגדרו. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

- ◆ קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
- "היגד I נכון, מכיוון שכאשר הנפח גדול יותר הלחץ בכלי קטן יותר. ובגלל שהם נמצאים בשני הכלים בטמפרטורה זהה אין שום גורם שישפיע על לחץ החומר."
- "היגד I נכון. לחץ הגז בכלי מושפע מנפחו, ולא ממספר החלקיקים בו (לפי השערת אבוגדרו)."
- "היגד I נכון. שני הכלים הם כלים סגורים המוחזקים באותה טמפרטורה. לכן הגורם היחיד שישפיע על לחץ הכלי הוא נפח הכלי."
- "היגד I נכון, מכיוון שהלחצים לא יכולים להיות שווים אם גם מספר המולים וגם הנפח והמסה שונים."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי / לא מתאים / חלקי:
- "היגד II נכון. בתנאי לחץ וטמפרטורה שווים, יחס המולים שווה ליחס הנפחים."
- "היגד II נכון. לחץ הגז בכלי A שווה ללחץ הגז בכלי B מכיוון ששני הכלים מוחזקים באותה טמפרטורה ולכן אין שינוי בלחץ הגזים שבהם, לפי אבוגדרו."

## המלצות

מצב הגז הוא נושא שלא ברור דיו לחלק מהתלמידים - הן מבחינה תיאורטית והן מבחינה חישובית. מומלץ להראות לתלמידים אנימציות מאתר "הילקוט הדיגיטאלי לחט"ע" של מט"ח, המראות כיצד משתנות תכונות של גזים בתנאים שונים :

[http://high.cet.ac.il/ItemList.aspx?SubjectID=Dg4pmTZ6q0arC0r8vyjF\\_A&SubjectIDT\\_op=0M5MwfTSoUW\\_ckV9\\_-Lx8w#CurrentPage=3](http://high.cet.ac.il/ItemList.aspx?SubjectID=Dg4pmTZ6q0arC0r8vyjF_A&SubjectIDT_op=0M5MwfTSoUW_ckV9_-Lx8w#CurrentPage=3)

מומלץ לחזור ולהסביר ולתרגל את נושא מצב הגז ואת ההשפעה של שינוי מספר מולי הגז ושינוי הנפח על לחץ הגז בטמפרטורה קבועה.

שאלה לתרגול

במעבדה ביצעו ארבעה ניסויים IV-I. בכל אחד מן הניסויים לקחו שני כלים, A ו-B; לכלי A הכניסו פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_2(\text{g})$ , ולכלי B הכניסו מימן,  $\text{H}_2(\text{g})$ , וסגרו את הכלים. בכל אחד מן הניסויים הכלים הוחזקו באותה טמפרטורה.

כלי B		כלי A		מס' ניסוי
מספר המולים של $\text{H}_2(\text{g})$ בכלי	נפח הכלי	מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ בכלי	נפח הכלי	
1 מול	1 ליטר	1 מול	1 ליטר	I
2 מול	1 ליטר	1 מול	1 ליטר	II
2 מול	2 ליטר	1 מול	1 ליטר	III
6 מול	3 ליטר	8 מול	4 ליטר	IV

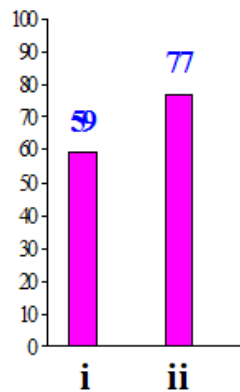
קבע עבור כל אחד מן הניסויים אם הלחץ בכלי A גדול מהלחץ בכלי B, קטן ממנו או שווה לו.

**סעיף ב' (הציון בשאלון 37381 70)**

**(הציון בשאלון 37387 73)**

**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**

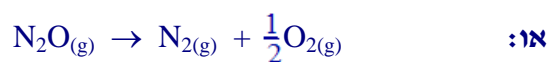
בטמפרטורה מעל  $577^\circ\text{C}$ ,  $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$  מתפרק ליסודותיו, חנקן וחמצן.



### תת-סעיף i (הציון 59)

נסח ואזן את תגובת הפירוק של  $N_2O_{(g)}$  ליסודותיו.

#### התשובה



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

#### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לנסח ולאזן את התגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים. הטעויות האופייניות:

♦ רישום בתוצרים אטומי חמצן ואטומי חנקן, במקום מולקולות:



♦ רישום בתוצרים יונים במקום מולקולות היסודות:



#### המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מסוג זה - לתת את המגיבים ואת התוצרים ולבקש לנסח ולאזן תגובות שונות, כולל תגובות פירוק תרכובות ליסודות ויצירת תרכובות מיסודות, תוך הקפדה על שפת הכימאים: רישום נכון של נוסחאות יסודות, מולקולות, יונים.



שאלות לתרגול:

שאלה 1

השלם את הטבלה שלפניך:

תיאור מילולי	סימול כימי
אטום מימן	
	H <sub>2</sub>
	P <sub>4</sub>
ארבעה אטומי זרחן	
	3S
מולקולת גופרית, המכילה 8 אטומי גופרית	
	2S <sub>8</sub>
	Cl <sub>2</sub>
	Al
	2Na

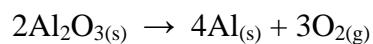
שאלה 2

א. התרכובת Al<sub>2</sub>O<sub>3(s)</sub> מתפרקת ליסודותיה - אלומיניום וחמצן. נסח ואזן את תגובת הפירוק.

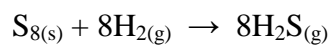
ב. היסוד גופרית מגיב עם היסוד מימן לקבלת H<sub>2</sub>S<sub>(g)</sub>. נסח ואזן את התגובה.

התשובה

סעיף א'



סעיף ב'

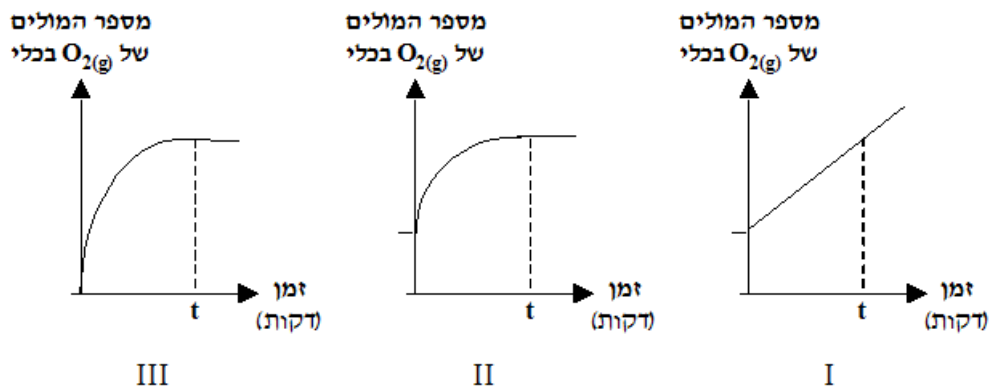


### תת-סעיף ii (הציון 77)

ביצעו ניסוי. לתוך כלי סגור המכיל אוויר הכניסו N<sub>2</sub>O<sub>(g)</sub>. חיממו את הכלי לטמפרטורה של 600°C,

במשך t דקות, עד שלחץ הגזים בכלי לא השתנה יותר.

איזה מן הגרפים III-I שלפניך מתאר נכון את השינוי במספר המולים של O<sub>2(g)</sub> בתוך הכלי? **נמק.**



### התשובה

קביעה:

גרף II

נימוק:

בתחילת הניסוי היה אוויר בתוך הכלי, ולכן מספר המולים ההתחלתי של  $O_2(g)$  בכלי היה גדול מאפס. (לכן גרף III פסול).

במשך זמן יש עליה במספר המולים של  $O_2(g)$  כתוצאה מהפירוק של  $N_2O(g)$ .

לאחר זמן t, מספר המולים של  $O_2(g)$  נשאר קבוע (או: אין יותר עליה במספר המולים של  $O_2(g)$ ) כי הפירוק של  $N_2O(g)$  הסתיים (או: כי אין שינוי בלחץ הגז בכלי). (לכן גרף I פסול).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הצליחו לנתח את הגרף וענו נכון, אך הופיעו גם טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

- ◆ קביעה שגויה - בחירה בגרף III ונימוק המתייחס רק לשינוי במספר המולים של חמצן, ללא ניתוח של נתוני השאלה לגבי הימצאות אוויר בכלי:
- "גרף III מתאר נכון את השינוי במספר המולים של  $O_2(g)$ , כיוון שבהתחלה לא היה בכלי  $O_2(g)$ , היה רק  $N_2O(g)$ ".
- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק חלקי:
- "גרף II מתאר נכון את השינוי במספר המולים של ה-  $O_2(g)$  בכלי, מכיוון שנקודת ההתחלה של המולים אינה מתחילה מאפס בכלי היו יותר מאפס מולים של  $O_2(g)$ ".

## סעיף ג' (הציון בשאלון 37381 71)

## (הציון בשאלון 37387 73)

משתמשים ב-  $N_2O_{(g)}$  בשילוב עם  $O_{2(g)}$ , בטיפולי שיניים (אצל ילדים במיוחד) כדי להפחית את תחושת הכאב ואת רמת החרדה. המטופל שואף תערובת של שני גזים מתוך מסכה המונחת על אפו. ב- 100 מ"ל של תערובת הגזים בתנאי החדר יש 30 מ"ל  $N_2O_{(g)}$  ו- 70 מ"ל  $O_{2(g)}$ . בכל נשימה המטופל שואף 500 מ"ל מתערובת הגזים. חשב את מספר המולקולות של  $N_2O_{(g)}$  שהמטופל שואף בכל נשימה. פרט את חישוביך. נתון:

- הנפח של 1 מול גז בתנאי החדר הוא 25 ליטר.
- ב- 1 מול חלקיקים יש  $6.02 \cdot 10^{23}$  חלקיקים.

### התשובה

$$30 \text{ ml} \times \frac{500}{100} = 150 \text{ ml} \quad \text{הנפח של } N_2O_{(g)} \text{ בשאיפה אחת:}$$

$$\frac{0.150 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.006 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } N_2O_{(g)} \text{ בשאיפה אחת:}$$

מספר המולקולות של  $N_2O_{(g)}$  בשאיפה אחת:

$$0.006 \text{ mol} \times 6.02 \cdot 10^{23} \frac{\text{molecules}}{\text{mol}} = 3.6 \cdot 10^{21} \text{ molecules}$$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני בשני השאלונים. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הדרושים, אך חלק מן התלמידים טעו. הטעויות האופייניות:
- ◆ חישוב שגוי של מספר המולים של  $N_2O_{(g)}$  בשאיפה אחת - התעלמות מנפח השאיפה וחישוב על פי הנפח 30 מ"ל.
  - ◆ התייחסות ל- 500 מ"ל כאל נפח של  $N_2O_{(g)}$  בלבד:
  - $\frac{0.500 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.002 \text{ mol}$
  - ◆ חישוב של מספר אטומים במקום מספר מולקולות:
  - $3 \times 0.06 \times 6.02 \cdot 10^{23} = 10.8 \cdot 10^{21}$

- ◆ רישום תשובות ללא פירוט החישוב.
- ◆ רישום מספרים ללא יחידות.
- ◆ אי-התאמת יחידות.

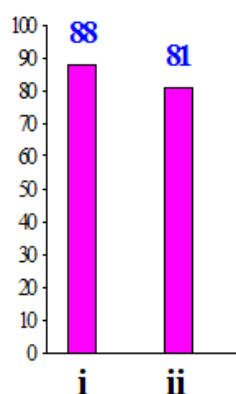
## המלצות

מומלץ לתת לתלמידים תרגילים המכילים חישובים שונים: מספר חלקיקים שונים (מולקולות, אטומים, יונים), מספר מולים, מסה, נפח הגז, לחץ הגז ועוד. מומלץ לפתור עם התלמידים את התרגילים, המופיעים בניתוח התוצאות של בחינת הבגרות תשע"ה, שאלה 1, סעיף ד' והשאלה שמופיעה בהמלצות לאחר סעיף זה. כמו כן חשוב לתרגל עם התלמידים את נושא התאמת היחידות.

**סעיף ד' (הציון בשאלון 37381 85)**

**(הציון בשאלון 37387 85)**

**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**



**תת-סעיף i (הציון 88)**

מאחסנים דו-חנקן חמצני בלחץ גבוה, במצב נוזל, במכלים מיוחדים. מִקְל המיועד לשימוש במרפאות שיניים מכיל 2.92 ק"ג של  $N_2O_{(l)}$ . מה היה הנפח של מסה זו של  $N_2O_{(g)}$  אילו היו מאחסנים אותו בתנאי החדר? **פרט את חישוביך.** נתון: הנפח של 1 מול גז בתנאי החדר הוא 25 ליטר.

### התשובה

$$44 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

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

$$\frac{2920 \text{ gr}}{44 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 66.36 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{N}_2\text{O}_{(g)}$  במכל :

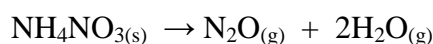
$$66.36 \text{ mol} \times 25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 1659 \text{ liter}$$

הנפח של  $\text{N}_2\text{O}_{(g)}$  בתנאי החדר :

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

### תת-סעיף ii (הציון 81)

בתעשייה מפיקים את הגז  $\text{N}_2\text{O}_{(g)}$  על ידי חימום אמוניום חנקתי,  $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)}$ , על פי התגובה :



חשב את המסה של  $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)}$  הדרושה כדי להפיק 2.92 ק"ג של דו-חנקן חמצני. פרט את חישוביך.

### התשובה

(על פי החישוב בסעיף ד i מספר המולים של  $\text{N}_2\text{O}_{(g)}$  במכל : 66.36 mol).

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ-1 מול  $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)}$  נוצר 1 מול  $\text{N}_2\text{O}_{(g)}$ .

מספר המולים של  $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)}$  הדרושים : 66.36 mol

המסה המולרית של  $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)}$  :  $80 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

המסה של  $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)}$  הדרושה :  $66.36 \text{ mol} \times 80 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 5308.8 \text{ gr}$

או: טבלה מסכמת לסעיף ד (ii-i)

$\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)} \rightarrow \text{N}_2\text{O}_{(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$			
1	1	2	יחס המולים בניסוח התגובה
5308.8	2920		מסה נתונה/נדרשת (gr)
80	44		מסה מולרית ( $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$ )
66.36	66.36		מספר מולים (mol)
	25		נפח מולרי ( $\frac{\text{liter}}{\text{mol}}$ )
	1659		נפח הגז (liter)

דרושים 5308.8 גרם  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$  כדי להפיק 2.92 ק"ג  $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ .  
(או: כדי להפיק 1659 ליטר  $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$  בתנאי החדר).

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

### ניתוח טעויות אופייניות בתת-סעיפים ii-i

הציונים גבוהים בשני השאלונים. התלמידים לא התקשו לבצע את החישובים הדרושים. הופיעו מעט טעויות חישוב וטעויות בהמרת יחידות.

## המלצות לשאלה 11

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה 6, המופיעה בניתוח בחינת הבגרות תשע"ג.  
מומלץ להשתמש באנימציות בנושא חוקי הגזים הנמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

מומלץ להשתמש בלומדה "תכונות הגזים", שהוכנה על ידי ד"ר רות בן-צבי, [הנמצאת באתר הספר "יחסים וקשרים בעולם החומרים", מכון ויצמן למדע.](#)

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מהחוברת "שאלות ברמה של בחינות הבגרות בנושאים: סטויכיומטריה ומצב הגז", [הנמצאת באתר הספר "יחסים וקשרים בעולם החומרים"](#).

## שאלות לתרגול בנושא: סטויכיומטריה ומצב גז

### שאלה 1

- נתונים שני כלים: A ו-B. נפחו של כלי A 1 ליטר והוא מכיל חמצן,  $\text{O}_2(\text{g})$ .  
נפחו של כלי B 2 ליטר והוא מכיל מתאן,  $\text{CH}_4(\text{g})$ . שני הכלים נמצאים באותם תנאי לחץ וטמפרטורה. ציין לגבי כל היגד אם הוא נכון או לא נכון.
- בשני הכלים יש אותו מספר של מולקולות.
  - מסת הגז בכלי A גדולה פי שניים ממסת הגז בכלי B.
  - מסת הגז בכלי B גדולה פי שניים ממסת הגז בכלי A.
  - מסת הגז שווה בשני הכלים.

### התשובה

- ההיגד לא נכון.
  - ההיגד לא נכון.
  - ההיגד לא נכון.
  - ההיגד נכון.
- נפח הכלי B גדול פי 2 מנפח הכלי A. לכן מספר המולים של גז בכלי B גדול פי 2 מזה שבכלי A.

המסה המולרית של החמצן גדולה פי 2 מהמסה המולרית של המתאן. לכן בשני הכלים המסה של שני הגזים שווה.

## שאלה 2

בתגובה בין גופרית,  $S_{8(s)}$ , ומימן,  $H_{2(g)}$ , נוצר גז מימן גופרי,  $H_2S_{(g)}$ . גז זה אחראי על ריחן של ביצים מקולקלות, הוא נמצא בסוגים שונים של מים מינרליים וגם נפלט מהרי געש. לכלי סגור ריק A (כלי המשנה את נפחו) הכניסו 64 גרם  $S_{8(s)}$  וכמות מתאימה של  $H_{2(g)}$ . החומרים הגיבו בשלמות. לכלי סגור ריק B (כלי המשנה את נפחו) באותם תנאי לחץ ובטמפרטורה גבוהה יותר מאשר בכלי A הכניסו 64 גרם  $S_{8(s)}$  וכמות מתאימה של  $H_{2(g)}$ . החומרים הגיבו בשלמות. מהי הקביעה הנכונה?

- הנפח של  $H_2S_{(g)}$  בתום התגובה בכלי A גדול מהנפח של  $H_2S_{(g)}$  בתום התגובה בכלי B.
- הנפח של  $H_2S_{(g)}$  בתום התגובה בכלי B גדול מהנפח של  $H_2S_{(g)}$  בתום התגובה בכלי A.
- הנפח של  $H_2S_{(g)}$  בתום התגובה בכלי A שווה לנפח של  $H_2S_{(g)}$  בתום התגובה בכלי B.
- אי אפשר לקבוע את היחס בין הנפחים של  $H_2S_{(g)}$  בשני הכלים מכיוון שלא נתונות תנאי הניסוי.

### התשובה:

התשובה הנכונה ב'.

## שאלה 3

כאשר מחממים את התרכובת עופרת חנקתית  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  היא מתפרקת על פי התגובה:



בפירוק 0.0331 ק"ג  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  התקבלו 7.5 ליטר גזים.

- חשב את מספר מולקולות החמצן שהתקבלו. פרט את חישוביך.
- חשב את מספר המולים של  $NO_{2(g)}$  שהתקבלו. פרט את חישוביך.
- מה היה הנפח המולרי של גז בתנאי התגובה? פרט את חישוביך.
- קבע אם בניסוי המתואר התגובה התרחשה בתנאי החדר. נמק.

### התשובה:

סעיף א'

$$331 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של  $Pb(NO_3)_{2(s)}$ :

$$\frac{33.1 \text{ gr}}{331 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.1 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $Pb(NO_3)_{2(s)}$ :

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין  $O_{2(g)}$  ל-  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  הוא 2:1 .  
 לכן מ- 0.1 מול  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  מתקבלים 0.05 מול  $O_{2(g)}$  .  
 מספר מולקולות  $O_2$  שהתקבלו :  $0.05 \text{ mol} \times 6.02 \cdot 10^{22} \text{ molecules}$

סעיף ב'

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין  $NO_{2(g)}$  ל-  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  הוא 1:2 .  
 לכן מ- 0.1 מול  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  מתקבלים 0.2 מול  $NO_{2(g)}$  .

סעיף ג'

על פי ניסוח התגובה יחס המולים בין  $O_{2(g)}$  ל-  $NO_{2(g)}$  הוא 4:1 . בתנאים של לחץ וטמפרטורה קבועים, יחס המולים שווה ליחס נפחי הגזים.  
 נתון שהנפח הכולל של הגזים הוא 7.5 ליטר.  
 לכן הנפח של  $O_{2(g)}$  הוא 1.5 ליטר והנפח של  $NO_{2(g)}$  הוא 6 ליטר.

$$\frac{1 \text{ mol} \times 1.5 \text{ liter}}{0.05 \text{ mol}} = 30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}$$

הנפח המולרי של גז בתנאי התגובה :

או :

לפי החישוב סעיף א' : מ- 0.1 מול  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  מתקבלים 0.05 מול  $O_{2(g)}$  .  
 לפי החישוב בסעיף ב' : מ- 0.1 מול  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  מתקבלים 0.2 מול  $NO_{2(g)}$  .  
 לכן מ- 0.1 מול  $Pb(NO_3)_{2(s)}$  מתקבלים 0.25 מול גזים.

$$\frac{1 \text{ mol} \times 7.5 \text{ liter}}{0.25 \text{ mol}} = 30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}$$

הנפח המולרי של גז בתנאי התגובה :

סעיף ד'

בניסוי המתואר התגובה לא התרחשה בתנאי החדר אלא בטמפרטורה גבוהה יותר, כי הנפח המולרי של גז בתנאי הניסוי גדול מ- 25 ליטר.

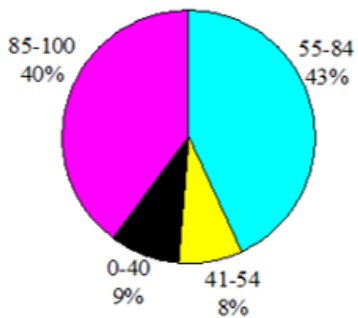


## ניתוח שאלה 12

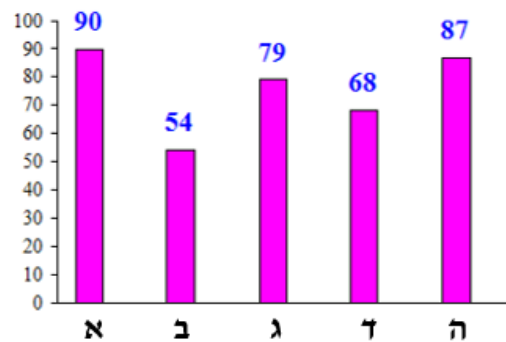
### חמצון-חיזור וסטויכיומטריה

#### שאלון 37381

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 78% מהתלמידים

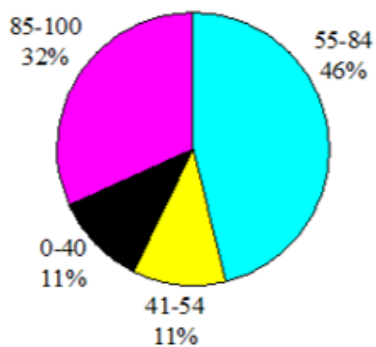


**74** ציון ממוצע על פי מכון סאלד: ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

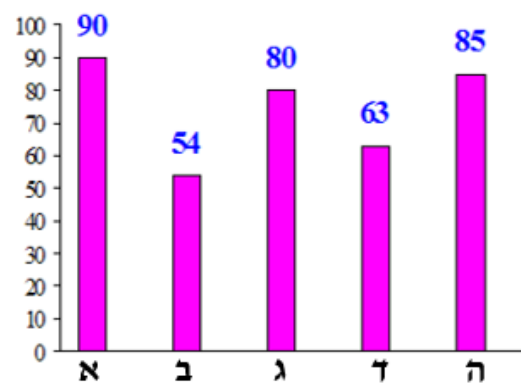


#### שאלון 37387

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 81% מהתלמידים



**71** ציון ממוצע על פי מכון סאלד: ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להבחין בין המושגים: "חמצון" ו"חיזור", "חומר מחמצן" ו"חומר מחזור", "תוצר של חמצון" ו"תוצר של חיזור".
- ליישם את הכללים לקביעת דרגת חמצון.
- לקבוע אם יש עלייה או ירידה בדרגות חמצון במהלך התגובה.
- לקבוע אם החומר הנתון הוא מחמצן או מחזור על פי שינוי בדרגות חמצון.
- לנסח ולאזן תגובות חמצון-חיזור, כולל תגובות בין מתכת ליוני מתכת אחרת.
- לקבוע נוסחה אמפירית של חומר יוני.
- לנסח תגובה על פי תיאור מילולי של מגיבים ותוצרים.
- לנסח ולאזן את תהליכי המסה במים של חומרים יוניים.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים.
- לקבוע את מספר המולים של אלקטרונים שעוברים בתגובת חמצון-חיזור.
- לקבוע את התוצר הנוסף של תגובת חמצון-חיזור על פי המגיבים ואחד מהתוצרים.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

### פתיח לשאלה

השאלה עוסקת ביסוד כלור,  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , ובכמה מרכיבותיו.

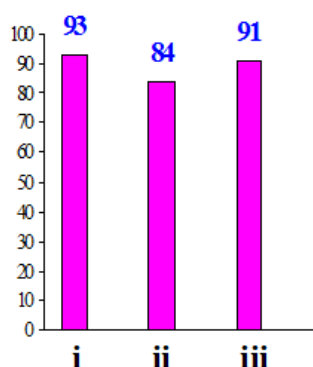
**סעיף א' (הציון בשאלון 37381 90)**

**(הציון בשאלון 37387 90)**

**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**

הכלור הוא אחד המגיבים בכל אחת מן התגובות (1)-(3) שלפניך:

1.  $\text{Cl}_{2(g)} + 2\text{Na}_{(s)} \rightarrow 2\text{NaCl}_{(s)}$
2.  $\text{Cl}_{2(g)} + \text{F}_{2(g)} \rightarrow 2\text{ClF}_{(g)}$
3.  $\text{Cl}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{HClO}_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$



**תת-סעיף i (הציון 93)**

עבור כל אחת מן התגובות (1) ו-(2), קבע אם  $\text{Cl}_{2(g)}$  הוא המחמצן או המחזור. **נמק.**

**התשובה**

קביעה:

בתגובה (1) - הכלור הוא מחמצן.

בתגובה (2) - הכלור הוא מחזור.

נימוק:

בתגובה (1) דרגת החמצון של אטומי Cl ירדה מ-0 ל-(-1).

או: אטומי Cl קיבלו אלקטרונים ועברו חיזור.

בתגובה (2) דרגת החמצון של אטומי Cl עלתה מ-0 ל-(+1).

או: אטומי Cl אבדו אלקטרונים ועברו חמצון (האלקטרושליליות של הפלואור גבוהה מזו של הכלור ולכן אטומי הפלואור מקבלים אלקטרונים).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים קבעו נכון אם  $\text{Cl}_{2(g)}$  הוא המחמצן או המחזור עבור שתי התגובות.

תלמידים מעטים טעו בקביעה בתגובה (2):

- "בתגובה (2) - הכלור הוא מחמצן, כי דרגת החמצון שלו השתנתה מ-0 ל-1-".

תלמידים אלה לא יישמו נכון את אחד הכללים לקביעת דרגות חמצון: אלקטרושליליות של פלואור

היא הגבוהה ביותר ודרגת החמצון שלו היא -1 בכל תרכובותיו.

### תת-סעיף ii (הציון 84)

בתגובה (3) יש אטומי כלור בשלושה סוגי חלקיקים.

קבע את דרגת החמצון של אטומי הכלור בכל אחד מן החלקיקים.

### התשובה



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את דרגת החמצון של אטומי הכלור בכל אחד מן החלקיקים.

תלמידים מעטים טעו בקביעת דרגת החמצון של אטומי כלור בתרכובת  $\text{HClO}_{(aq)}$  - רשמו +3.

### תת-סעיף iii (הציון 91)

עבור תגובה (3), קבע אם  $\text{Cl}_{2(g)}$  מגיב רק כמחמצן, רק כמחזור או גם כמחמצן וגם כמחזור.

### התשובה

בתגובה (3)  $\text{Cl}_{2(g)}$  מגיב גם כמחמצן וגם כמחזור.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. כמעט ולא אותרו טעויות.

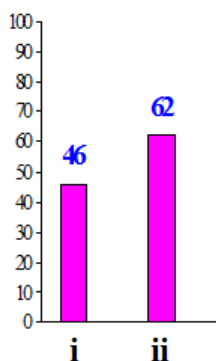
## המלצות לסעיף א'

מומלץ להבהיר לתלמידים שחשוב ללמוד ולהבין את כללי הקביעה של דרגות חמצון תוך התייחסות לאלקטרושליליות של אטומי החומרים ולמטענים חלקיים. מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות הכוללות קביעת דרגות חמצון במולקולות שונות וביונים מורכבים.

**סעיף ב' (הציון בשאלון 37381 54)**

**(הציון בשאלון 37387 54)**

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381



**תת-סעיף i (הציון 46)**

כאשר מזרימים גז כלור,  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , לכלי המכיל רדיד אלומיניום,  $\text{Al}(\text{s})$ , מתרחשת תגובה. נסח ואזן את התגובה בין  $\text{Cl}_2(\text{g})$  ובין  $\text{Al}(\text{s})$ .

### התשובה



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. יותר ממחצית מהתלמידים לא הצליחו לקבוע את הנוסחה האמפירית של אלומיניום כלורי, ולכן רשמו ניסוחים שגויים:

- $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow 2\text{AlCl}(\text{s})$
- $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{AlCl}_2(\text{s})$
- $3\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{Cl}^-(\text{aq})$

טעות נוספת היא רישום יונים ממוימים בתוצרים:

## המלצות

מומלץ לחזור על רישום נוסחאות אמפיריות של תרכובות יוניות, הנוצרות בתגובות בין שני יסודות, על פי מיקום היסודות האלה במערכת המחזורית. מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדל בין תרכובת יונית במצב מוצק לבין תמיסה מימית של תרכובת זו.

## תת-סעיף ii (הציון 62)

כמה מול אלקטרונים עברו בתגובה שבה הגיבו 4.05 גרם  $\text{Al}_{(s)}$  עם כמות מתאימה של  $\text{Cl}_{2(g)}$ ? פרט את חישוביך.

## התשובה

$$\frac{4.05 \text{ gr}}{27 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.15 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{Al}_{(s)}$  שהגיבו:

(בתגובה זו דרגת החמצון של אטומי Al משתנה מ-0 ל-+3).

במהלך התגובה כל מול אלומיניום מאבד 3 מול אלקטרונים.

בתגובה שבה מגיב 1 מול  $\text{Al}_{(s)}$  עוברים 3 מול אלקטרונים.

בתגובה שבה מגיבים 0.15 מול  $\text{Al}_{(s)}$  עוברים 0.45 מול אלקטרונים:  $0.15 \text{ mol} \times 3 = 0.45 \text{ mol}$

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו בקביעת היחס בין מספר המולים של החומר המגיב לבין מספר המולים של אלקטרונים העוברים במהלך התגובה:

- "2 מול אלומיניום מוסרים 2 אלקטרונים, לכן בתגובה עוברים 2 אלקטרונים."

## פתיח לסעיפים ג, ד, ה

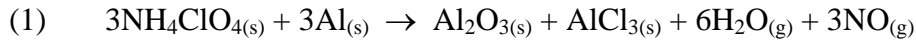
יש תרכובות המכילות יונים רב-אטומיים של כלור, כגון יוני על-כלורט,  $\text{ClO}_4^-$ , יוני כלורט,  $\text{ClO}_3^-$ , ויוני תת-כלורט,  $\text{ClO}^-$ .

סעיפים ג, ד, ה עוסקים בשימושים של אחדות מתרכובות אלה.

**סעיף ג' (הציון בשאלון 37381 79)**

**(הציון בשאלון 37387 80)**

תערובת של אמוניום על-כלורט,  $\text{NH}_4\text{ClO}_4(\text{s})$ , ו- $\text{Al}(\text{s})$ , משמשת דלק מוצק להנעת טילים הנושאים חלליות. חומרים אלה יכולים להגיב על פי תגובה (4) שלפניך.



במתקן ניסויי הגיבה דגימה של 0.6 מול  $\text{NH}_4\text{ClO}_4(\text{s})$  עם כמות מתאימה של  $\text{Al}(\text{s})$  על פי תגובה (4). חשב את הנפח הכולל של הגזים שהתקבל בתגובה זו. **פרט את חישוביך.**  
נתון: בתנאי הניסוי הנפח של 1 מול גז הוא 35 ליטר.

**התשובה**

(מספר המולים של  $\text{NH}_4\text{ClO}_4(\text{s})$  שהגיבו: 0.6 mol)

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ-3 מול  $\text{NH}_4\text{ClO}_4(\text{s})$  נוצרים 9 מול גזים.

מספר המולים של הגזים שנוצרו:  $0.6 \text{ mol} \times 3 = 1.8 \text{ mol}$

הנפח הכולל של הגזים שנוצרו:  $1.8 \text{ mol} \times 35 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 63 \text{ liter}$

או: טבלה מסכמת לסעיף ג :

$\text{NH}_4\text{ClO}_4(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$			
1	2	1	יחס המולים בניסוח התגובה
0.6	1.2	0.6	מספר מולים (mol)
	35	35	נפח מולרי ( $\frac{\text{liter}}{\text{mol}}$ )
	42	21	נפח הגז שנוצר (liter)

הנפח הכולל של הגזים שנוצרו:  $42 \text{ liter} + 21 \text{ liter} = 63 \text{ liter}$

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציונים די גבוהים בשני השאלונים. הטעות האופיינית שאותרה היא התייחסות לכל התוצרים כאל גזים והחישוב בהתאם. טעות נוספת היא התייחסות לכל המגיבים והתוצרים כאל גזים וכתיבה על יחס הנפחים של הגזים.

## המלצות

מומלץ להדגיש לפני תלמידים כי רק עבור גזים בתנאי לחץ וטמפרטורה זהים יחס הנפחים שווה ליחס המולים.

## סעיף ד' (הציון בשאלון 37381 68)

## (הציון בשאלון 37387 63)

אשלגן כלורט,  $KClO_3(s)$ , משמש בין השאר כמקור ל-  $O_2(g)$  במעבדות. בתנאים מתאימים,  $KClO_3(s)$  מתפרק ל-  $O_2(g)$  ולתוצר נוסף. קבע מהי הנוסחה של התוצר הנוסף -  $KCl$  או  $KClO_4$ . נמק את קביעתך.

## התשובה

קביעה:

נוסחת התוצר הנוסף היא  $KCl$ .

נימוק:

בתגובה זו דרגת החמצון של אטומי O עלתה (מ-  $-2$  ל-  $0$ ).

או: בתגובה אטומי O עברו חמצון (או: פעלו כמחזור).

לכן דרגת החמצון של אטומי Cl צריכה לרדת.

או: אטומי Cl צריכים לעבור חיזור (או: לפעול כמחמצן).

דרגת החמצון של אטומי Cl במגיב  $KClO_3(s)$  היא  $+5$ .

דרגת החמצון של אטומי Cl ב-  $KCl(s)$  היא  $-1$  (ב-  $KClO_4(s)$  היא  $+7$ ).

לכן נוסחת התוצר היא  $KCl$ .

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציונים נמוכים בשני השאלונים, אך בשאלון 37381 הציון גבוה יותר. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע את התוצר הנוסף של תגובת חמצון-חיזור על פי המגיבים ואחד מהתוצרים. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:



- ◆ קביעה שגויה וניסיון לנמקה :
- "נוסחת התוצר הנוסף היא  $KClO_4$ . דרגת החמצון של חמצן עלתה מ-2 ל-0, לכן יש צורך במחמצן שהוא  $KClO_4$ , כי דרגת החמצון של אטומי כלור בו היא +7."
- "ברגע שנוצר  $O_2$  נותר אטום חמצן בודד המתחבר למולקולה נוספת של  $KClO_3$ . לכן התוצר הנוסף הוא  $KClO_4$ ."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי :
- "KCl הוא התוצר הנוסף, כי לא נשאר מספיק חמצן כדי לקבל את התוצר  $KClO_4$ ."
- "KCl הוא התוצר, כי אטום כלור מעדיף להיות בדרגת חמצון -1 ולא +1."

### המלצות

- מומלץ להציג לתלמידים את סדר הפעולות בפתרון שאלה מסוג זה :
- לקבוע דרגות חמצון של אטומים במגיבים ובתוצרים
  - לקבוע עבור כל אחד מן האטומים אם דרגת החמצון שלו עלתה או ירדה במהלך התגובה.
  - לקבוע אם התוצר הנתון נוצר בתהליך חמצון או בתהליך חיזור.
  - להסיק מסקנה - מהו התוצר הנוסף.
- מומלץ להיעזר בניתוח סעיף ד' בשאלה 1 בניתוח בגרות תשע"ג, ניתוח השאלה כולל תרגילים מתאימים.

**סעיף ה' (הציון בשאלון 37381 87)**

**(הציון בשאלון 37387 85)**

תמיסת נתון תת-כלורית,  $NaClO_{(aq)}$ , המכונה "אקונומיקה", משמשת לחיטוי ולניקוי.  
 ב- 100 מ"ל של תמיסת אקונומיקה מומסים 3 גרם  $NaClO_{(s)}$ .  
 חשב את הריכוז המולרי של יוני  $ClO^-_{(aq)}$  בתמיסה זו. **פרט את חישוביך.**

### התשובה

המסה המולרית של  $NaClO_{(s)}$  :

$$\frac{74.5 \text{ gr}}{\text{mol}}$$

מספר המולים של  $NaClO_{(s)}$  המומס :

$$\frac{3 \text{ gr}}{74.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.04 \text{ mol}$$

מ- 1 מול  $NaClO_{(s)}$  נוצרים 1 מול יוני  $ClO^-_{(aq)}$ .

מספר המולים של יוני  $ClO^-_{(aq)}$  ב- 100 מ"ל תמיסה :

$$0.04 \text{ mol}$$

הריכוז של יוני  $ClO^-_{(aq)}$  בתמיסה :

$$\frac{0.04 \text{ mol}}{0.1 \text{ liter}} = 0.4 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \quad (0.4 \text{ M})$$

או: טבלה מסכמת לסעיף ה :

$\text{NaClO}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{ClO}^-_{(aq)}$			
1	1	1	יחס המולים בניסוח התגובה
3			מסה נתונה (gr)
74.5			מסה מולרית ( $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$ )
0.04		0.04	מספר מולים (mol)
		0.1	נפח התמיסה (liter)
		0.4	ריכוז מולרי ( $\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$ )

הריכוז המולרי של תמיסת אקונומיקה הוא 0.4 M .

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים חישבו נכון את הריכוז המולרי של יוני  $\text{ClO}^-_{(aq)}$  בתמיסה הנתונה. תלמידים מעטים כתבו תשובות חלקיות ללא ציון יחס המולים בין המלח לבין היונים המרכיבים אותו והמשתחררים בתמיסה המימית.

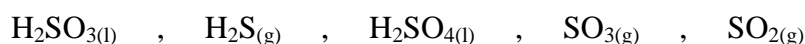
### המלצות לשאלה 12

מומלץ לבצע עם התלמידים פעילות "קשיים בנושא חמצון חיזור והצעות להתמודדות", שפותחה על ידי קהילות תשע"ה. הפעילות מטפלת בבעיות בנושא חמצון חיזור. בין היתר יש מקבץ של תרגילים ודרכי הוראה של הנושא: מספר מולי אלקטרונים. [הפעילות נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

אנו מביאים מספר שאלות (חלקן מעובדות) מהחוברת "שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו", שהוכנה על ידי משתתפי הסדנה לפיתוח משימות מבחן, במכון ויצמן למדע. [החוברת נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

### שאלה 1

לפניך ארבע תרכובות המכילות גופרית:



באילו מבין התרכובות הנתונות עשויים אטומי גופרית גם לחמצן וגם לחזור?

1.  $\text{SO}_2(\text{g})$  ו-  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$  בלבד.
2.  $\text{SO}_2(\text{g})$  ו-  $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{l})$  בלבד.
3.  $\text{SO}_2(\text{g})$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$  ו-  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$  בלבד.
4.  $\text{SO}_2(\text{g})$ ,  $\text{SO}_3(\text{g})$  ו-  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$  בלבד.

## שאלה 2

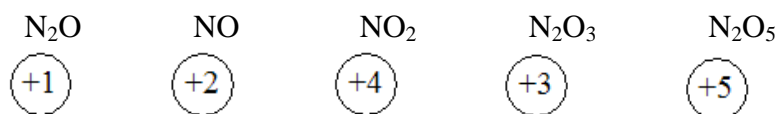
כאשר חומצה חנקתית חשופה לאור או לחום, היא משחררת תחמוצות חנקן המחלישות הגנות הגוף נגד מחלות נשימתיות כגון דלקת ראות.

לפניך חמש תחמוצות חנקן:  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ .

- א. קבע דרגת חמצון של אטומי חנקן בכל אחת מהתחמוצות הנתונות.
- ב. קבע עבור כל אחת מהתחמוצות אם היא יכולה לשמש מחמצן בלבד, מחזור בלבד, או גם מחמצן וגם מחזור. נמק.

### התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'

התחמוצת  $\text{N}_2\text{O}_5$  יכולה לשמש מחמצן בלבד,

כי דרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות התחמוצת היא +5, שהיא דרגת החמצון הגבוהה ביותר האפשרית של אטומי החנקן, לכן הם יכולים רק "לקבל" אלקטרונים - לעבור חיזור.

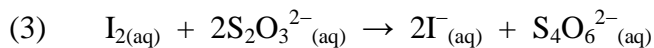
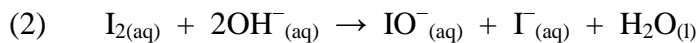
התחמוצות  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  יכולות לשמש גם מחמצן וגם מחזור, כי דרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות של כל אחת מהתחמוצות האלה היא לא הגבוהה ביותר (+5) ולא הנמוכה ביותר (-3) האפשרית של אטומי החנקן, לכן הם יכולים גם "לקבל" אלקטרונים - לעבור חיזור, וגם "לוותר" על האלקטרונים - לעבור חמצון.

## שאלה 3

השאלה עוסקת בIOD, בתרכובותיו וביונים המכילים אטומי יוד.

בכל אחת משלוש התגובות (1)-(3) שלפניך אחד המגיבים הוא יוד.





א. עבור כל אחת מהתגובות, ציין את דרגת החמצון של אטומי יוד בכל אחד מסוגי החלקיקים המכילים אטומים אלה.

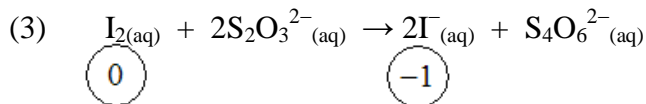
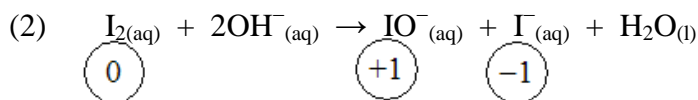
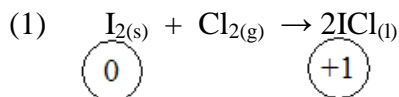
ב. עבור כל אחת מהתגובות קבע אם אטומי היוד פועלים כמחמצן או כמחזור. נמק.

ג. עבור כל אחת מהתגובות קבע אם מופיעים בה סוגי אטומים שלא משתתפים בתהליך חמצון-חיזור. נמק.

ד. בניסוי אחר התרחשה תגובת חמצון-חיזור בין  $\text{I}_2\text{O}_5(\text{s})$  ותמיסת  $\text{Na}_2\text{S}(\text{aq})$ . במהלך תגובה זו השתנו דרגות החמצון של אטומי יוד ושל אטומי גופרית. קבע אם דרגת החמצון של אטומי היוד בתוצר, שהתקבל בתגובה, גבוהה מדרגת החמצון של אטומי היוד ב-  $\text{I}_2\text{O}_5(\text{s})$ , נמוכה ממנה או שווה לה. נמק.

### התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'

בתגובה (1) אטומי היוד פועלים כמחזור, כי דרגת החמצון של אטומי יוד שבמולקולות  $\text{I}_2$  עלתה מ-0 ל-+1 במהלך התגובה.

בתגובה (2) אטומי היוד פועלים גם כמחמצן וגם כמחזור. דרגת החמצון של חלק מאטומי יוד שבמולקולות  $\text{I}_2$  ירדה מ-0 ל-1 במהלך התגובה, אטומים אלה פועלים כמחמצן.

דרגת החמצון של חלק אחר מאטומי יוד שבמולקולות  $\text{I}_2$  עלתה מ-0 ל-+1 במהלך התגובה, אטומים אלה פועלים כמחזור.

בתגובה (3) אטומי היוד פועלים כמחמצן, כי דרגת החמצון של אטומי יוד שבמולקולות  $\text{I}_2$  ירדה מ-0 ל-1 במהלך התגובה.

סעיף ג'

בתגובה (1) לא מופיעים סוגי אטומים שאינם משתתפים בתהליך חמצון-חיזור. דרגת החמצון של כל אחד מסוגי האטומים משתנה במהלך התגובה.

בתגובה (2) מופיעים סוגי אטומים שלא משתתפים בתהליך חמצון-חיזור: דרגות החמצון של אטומי המימן ושל אטומי החמצן שביוני  $\text{OH}^{-}(\text{aq})$  אינן משתנות במהלך התגובה.

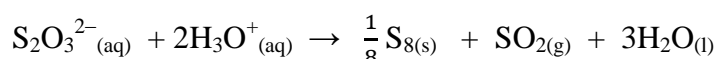
בתגובה (3) מופיע סוג אטומים שלא משתתפים בתהליך חמצון-חיזור: דרגת החמצון של אטומי חמצן שביוני  $S_2O_3^{2-}(aq)$  אינה משתנה במהלך התגובה.

סעיף ד'

דרגת החמצון של אטומי היוד בתוצר, נמוכה מדרגת החמצון של אטומי היוד ב-  $I_2O_5(s)$ .  
דרגת החמצון של אטומי הגופרית ב-  $Na_2S$  היא -2. זוהי דרגת החמצון הנמוכה ביותר של אטומי הגופרית, לכן בתגובת חמצון-חיזור הם יכולים לפעול כמחזור בלבד. מכאן, אטומי היוד ב-  $I_2O_5(s)$  יפעלו כמחמצן, ודרגת החמצון שלהם תרד במהלך התגובה.

#### שאלה 4

כדי לחקור את הדרך שבה מתרחשים תהליכים כימיים, משתמשים החוקרים בתגובה בין יוני תיוסולפט,  $S_2O_3^{2-}(aq)$ , לבין יוני ההידרוניום,  $H_3O^+(aq)$ :



מהי הקביעה הנכונה?

1. התגובה הנתונה היא מסוג חומצה-בסיס בלבד.
2. בתגובה הנתונה, הגופרית,  $S_{8(s)}$ , היא תוצר החמצון של יוני  $S_2O_3^{2-}(aq)$ .
3. בניסוי שבו מגיב 1 מול יוני  $S_2O_3^{2-}(aq)$  על פי התגובה הנתונה עובר 1 מול אלקטרונים.
4. בתגובה הנתונה יוני  $S_2O_3^{2-}(aq)$  פועלים גם כמחמצן וגם כמחזור.

#### שאלה 5

החיטוי של מי בריכה נעשה בדרך כלל על ידי הזרמת הגז כלור,  $Cl_2(g)$ , למים. כלור מגיב עם מי הבריכה על פי התגובה:



החומצה החלשה  $HOCl_{(aq)}$  משמידה את החיידקים.

על פי התגובה הנתונה, מהו ההיגד הנכון?

1. החומצה  $HOCl_{(aq)}$  היא תוצר של חמצון.
2. החומצה  $HOCl_{(aq)}$  היא תוצר של חיזור.
3. יוני  $Cl^-_{(aq)}$  הם תוצר של חמצון.
4. התגובה הנתונה אינה תגובת חמצון-חיזור.

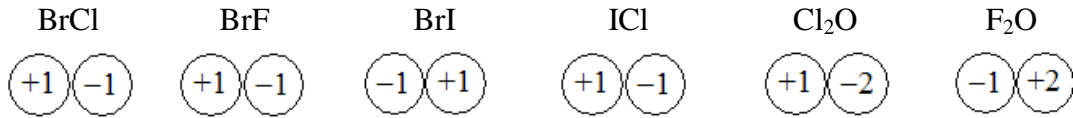
## שאלות לתרגול בנושא: חמצון-חיזור וסטויכיומטריה

### שאלה 1

קבע דרגות חמצון לאטומים בחלקיקים הבאים:



התשובה:



### שאלה 2

היסוד X<sub>2(g)</sub> הוא הלוגן המגיב עם מים על פי התגובה:



קבע אם היסוד X<sub>2(g)</sub> הוא כלור, Cl<sub>2(g)</sub>, או פלואור, F<sub>2(g)</sub>. נמק.

התשובה:

היסוד הוא Cl<sub>2(g)</sub>.

דרגת החמצון של אטומי X ב-HOX<sub>(aq)</sub> היא +1, לכן HOX<sub>(aq)</sub> הוא תוצר החמצון של X<sub>2(g)</sub>. דרגת חמצון זו מתאימה לכלור ולא לפלואור. לאטום פלואור אלקטרושליליות הגבוהה ביותר, לכן דרגת החמצון שלו בתרכובותיו היא תמיד -1.

### שאלה 3

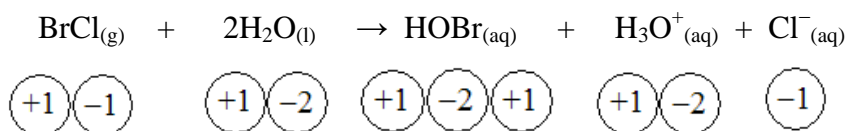
ברום כלורי, BrCl<sub>(g)</sub>, הוא גז צהוב, פעיל מבחינה כימית. BrCl<sub>(g)</sub> מגיב עם מים על פי התגובה:



קבע אם תגובה זו היא תגובת חמצון-חיזור. נמק.

התשובה:

תגובה זו היא לא תגובת חמצון-חיזור, כי אין שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה.



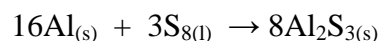
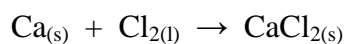
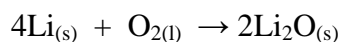
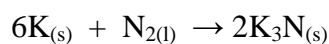
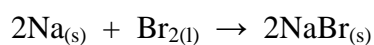
#### שאלה 4

נתונים זוגות של יסודות:

- נתרן וברום
- אשלגן וחנקן
- ליתיום וחמצן
- סידן וכלור
- בריום וחמצן
- אלומיניום וגופרית

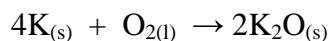
עבור כל אחד מן הזוגות נסח ואזן תגובה של קבלת התרכובת מהיסודות.

#### התשובה:



#### שאלה 5

נתונה התגובה:



7.8 גרם אשלגן,  $\text{K}_{(s)}$  הגיבו בשלמות עם חמצן,  $\text{O}_{2(g)}$

א. מהו מספר המולים של  $\text{K}_2\text{O}_{(s)}$  שהתקבלו בניסוי? פרט את חישוביך.

ב. מהו מספר המולים של אלקטרוניו שעברו בניסוי? פרט את חישוביך.

#### התשובה:

סעיף א'

המסה המולרית של  $\text{K}_{(s)}$ :

$$\frac{7.8 \text{ gr}}{39 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.2 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{K}_{(s)}$ :

יחס המולים בניסוח התגובה,  $\text{K}_{(s)}$  ל-  $\text{K}_2\text{O}_{(s)}$  הוא 2:1.

מספר המולים של  $\text{K}_2\text{O}_{(s)}$  שהתקבלו בניסוי הוא 0.1 מול.

סעיף ב'

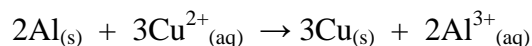
התגובה הנתונה היא תגובת חמצון-חיזור.

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול  $\text{K}_{(s)}$  מאבד 1 מול אלקטרוניו. לכן מספר המולים

של אלקטרונים שעברו בניסוי הוא : 0.2 מול.

### שאלה 6

נתונה התגובה :



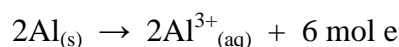
א. רשום חצי תגובה - תהליך חמצון.

ב. רשום חצי תגובה - תהליך חיזור.

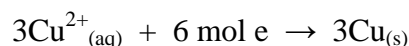
ג. חשב את מספר המולים של אלקטרונים שעוברים בניסוי שבו נוצרים 1.7 מול  $\text{Cu}_{(s)}$ .

### התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'



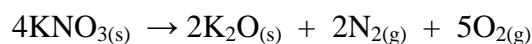
סעיף ג'

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, אם נוצרים 3 מול  $\text{Cu}_{(s)}$  עוברים 6 מול אלקטרונים.

לכן בניסוי שבו נוצרים 1.7 מול  $\text{Cu}_{(s)}$  עוברים 3.4 מול אלקטרונים.

### שאלה 7

כאשר מחממים מלח אשלגן חנקתי הוא מתפרק על פי התגובה :



חשב את המסה של  $\text{KNO}_{3(s)}$  שיש לפרק כדי לייצר 84 ליטר גזים בתנאים, שבהם נפח מולרי של גז

הוא 60 ליטר. פרק את חישוביך.

### התשובה:

$$\frac{84 \text{ liter}}{60 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 1.4 \text{ mol}$$

מספר המולים של גזים שיש לקבל :

יחס המולים בניסוח התגובה בין  $\text{KNO}_{3(s)}$  לבין סכום המולים של גזים  $\text{N}_{2(g)}$  ו-  $\text{O}_{2(g)}$ , הוא 4:7.

$$\frac{4 \times 1.4}{7} = 0.8 \text{ mol}$$

לכן מספר המולים של  $\text{KNO}_{3(s)}$  שיש לפרק :

$$101 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של  $\text{KNO}_{3(s)}$  :

$$101 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.8 \text{ mol} = 80.8 \text{ gr}$$

המסה של  $\text{KNO}_{3(s)}$  שיש לפרק :

### שאלה 8



כאשר מוסיפים גרגרי יוד,  $I_{2(s)}$ , לתמיסה המכילה יוני ברזל,  $Fe^{2+}_{(aq)}$ , מתרחשת תגובה שבה נוצרים שני תוצרים, שאחד מהם יוני יוד,  $I_{(aq)}$ .  
 קבע אם התוצר השני הוא  $Fe_{(s)}$  או יוני  $Fe^{3+}_{(aq)}$ . נמק.

### התשובה:

נוצרים יוני  $Fe^{3+}_{(aq)}$ .  
 המגיב הנוסף הוא  $I_{2(s)}$ . דרגת החמצון שלו 0.  
 במהלך התגובה  $I_{2(s)}$  עובר חיזור ותוצר החיזור הוא יוני  $I_{(aq)}$ .  
 לכן המגיב השני, יוני  $Fe^{2+}_{(aq)}$  צריכים לעבור חמצון ותוצר החמצון הוא יוני  $Fe^{3+}_{(aq)}$ .  
 $Fe_{(s)}$  הוא תוצר של חיזור של יוני  $Fe^{2+}_{(aq)}$ , שלא יכול להתקבל בתגובה זו.

### שאלה 9

פחמן חד-חמצני,  $CO_{(g)}$ , הוא גז רעיל, חסר צבע וריח. אפשר להפוך אותו לפחמן דו-חמצני,  $CO_{2(g)}$ , שהוא גז לא רעיל, בעזרת תגובת חמצון-חיזור.  
 א. קבע אם לשם כך יש להוסיף ל-  $CO_{(g)}$  מחמצן או מחזור. נמק.  
 ב. קבע איזה משני החומרים:  $Br_2O_{5(l)}$  או  $HBr_{(g)}$ , מתאים למטרה זו. נמק.

### התשובה:

סעיף א'

יש להוסיף מחמצן. במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי פחמן צריכה לעלות: מ-2+ ב-  $CO_{(g)}$  ל-4+ ב-  $CO_{2(g)}$ .

סעיף ב'

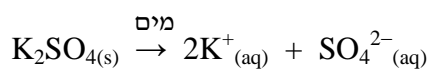
החומר  $Br_2O_{5(l)}$  יכול לשמש כמחמצן. אטומי ברום בחומר זה יכולים לעבור חיזור, ז.א. דרגת החמצון של אטומי ברום צריכה לרדת (מ-5+ לדרגות חמצון אפשריות: +4, +3, +2, +1, 0, -1).  
 החומר  $HBr_{(g)}$  לא יכול לשמש כמחמצן, כי דרגת החמצון של אטומי ברום שבו היא מינימלית -1.

### שאלה 10

המיסו במים 1.74 גרם אשלגן גפרתי,  $K_2SO_{4(s)}$ . התקבלה תמיסה בנפח 250 מ"ל.  
 א. נסח ואזן את תהליך ההמסה במים של  $K_2SO_{4(s)}$ .  
 ב. חשב את הריכוז של יוני  $K^+_{(aq)}$  בתמיסה שהתקבלה. פרט את חישוביך.

### התשובה:

סעיף א'



$$174 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

סעיף ב'

המסה המולרית של  $K_2SO_4(s)$  :

$$\frac{1.74 \text{ gr}}{174 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.01 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $K_2SO_4(s)$  :

על פי יחס המולים בניסוח תהליך ההמסה, מ-1 מול  $K_2SO_4(s)$  מתקבלים בתמיסה 2 מול יוני  $K^+_{(aq)}$ .

לכן מ-0.01 מול  $K_2SO_4(s)$  המקבלים בתמיסה 0.02 מול יוני  $K^+_{(aq)}$ .

$$\frac{0.02 \text{ mol}}{0.25 \text{ liter}} = 0.08 \text{ M}$$

הריכוז של יוני  $K^+_{(aq)}$  בתמיסה שהתקבלה :

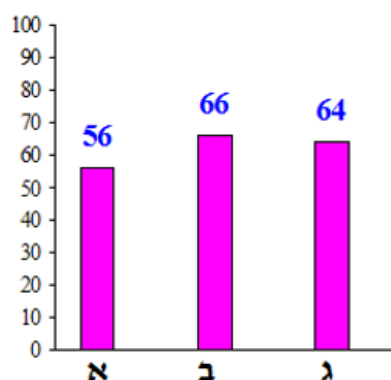
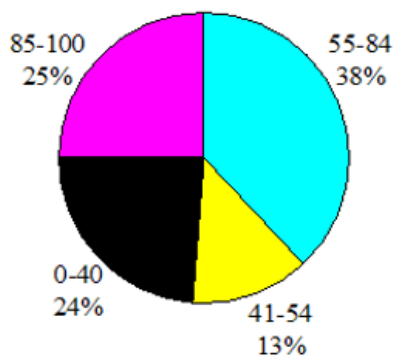
## ניתוח שאלה 13

### חומצות ובסיסים וסטויכימטריה

#### שאלון 37381

פיזור ציונים  
בחרו בשאלה 71% מהתלמידים

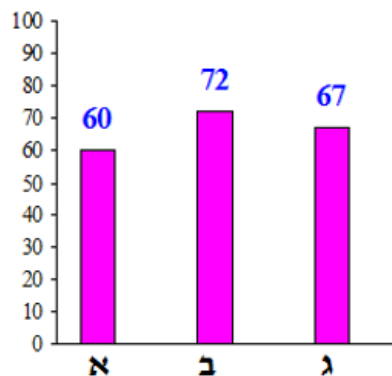
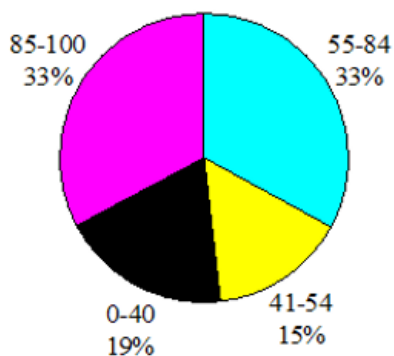
ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 62  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### שאלון 37387

פיזור ציונים  
בחרו בשאלה 55% מהתלמידים

ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 65  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

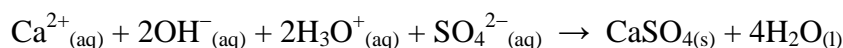
- לזהות על פי ניסוח התגובה הנתון את תגובת הסתירה שהיא גם תגובת שיקוע.
- לקשר בין נוכחות יונים ממוימים ניידיים בתמיסה לבין מוליכות חשמלית של תמיסה.
- לקרוא גרף ולהוציא ממנו את הנתונים הרלוונטיים.
- לזהות את נקודת סיום הטיטרציה מתוך הגרף הנתון.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים, כולל חישוב עודפים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) ויוני  $\text{OH}^-$  (aq) בתמיסה.
- לקשר בין ריכוז יוני  $\text{OH}^-$  (aq) וריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) בתמיסה לבין pH התמיסה.
- לרשום ניסוח נטו של תגובת סתירה.
- לחשב ריכוז מולרי חדש של יונים בתמיסה המתקבלת לאחר ערבוב תמיסות.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

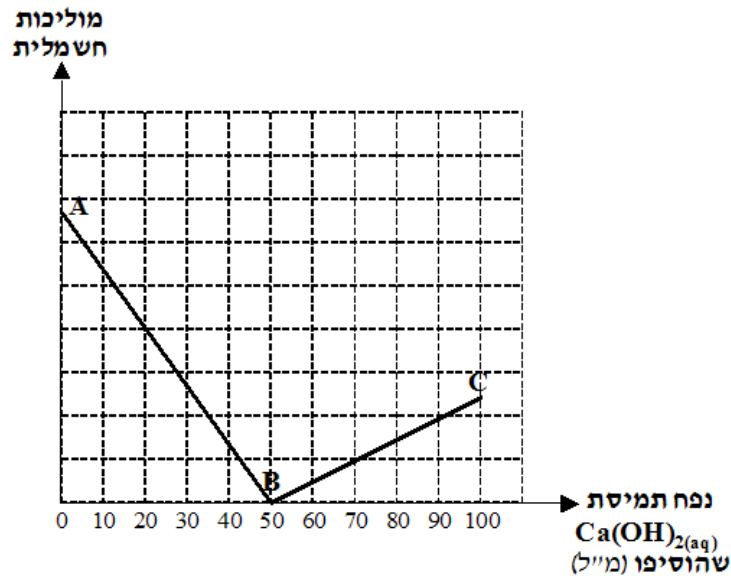
### פתיח לשאלה

חומצה גופרתית,  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$ , היא חומר גלם חשוב בתעשייה הכימית. כאשר מערבבים תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  עם תמיסת סידן הידרוקסידי,  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ , שוקע מוצק לבן. המוצק הוא סידן גופרתי  $\text{CaSO}_4(\text{s})$  ("גבס"). לפניך ניסוח התגובה:



תלמידים ערכו ניסוי. לכלי שמכיל 20 מ"ל תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  בריכוז 0.25 M הוסיפו בהדרגה 100 מ"ל תמיסת  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$  ומדדו את המוליכות החשמלית של התמיסה.

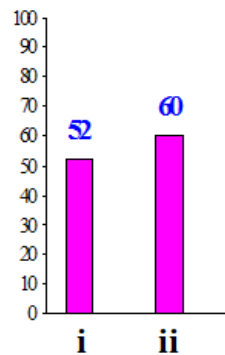
הגרף שלפניך מציג באופן סכמטי את השינוי במוליכות החשמלית של התמיסה במהלך הניסוי.



**סעיף א' (הציון בשאלון 37381 56)**

**(הציון בשאלון 37387 60)**

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381



**תת-סעיף i (הציון 52)**

הסבר מדוע בנקודה B המוליכות של התמיסה זניחה.

**התשובה**

תמיסה מימית מוליכה זרם חשמלי אם יש בה יונים ממוימים ניידים.

בנקודה B אין בתמיסה יונים ניידים. כל היונים הגיבו ליצור  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  והמוצק  $\text{CaSO}_{4(s)}$ .

לכן בנקודה B התמיסה אינה מוליכה זרם חשמלי.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו לזהות על פי ניסוח התגובה הנתון את תגובת הסתירה שהיא גם תגובת השיקוע, לקשר בין נוכחות יונים ניידים בתמיסה לבין מוליכות חשמלית של תמיסה, ולזהות את נקודת סיום הטיטרציה מתוך הגרף הנתון. הטעויות האופייניות:

- ♦ טענה שתמיסה ניטרלית אינה מוליכה חשמל, ללא התייחסות לכך שבנקודה B אין בתמיסה יונים ניידים.
- "ה-pH ניטרלי. תמיסה ניטרלית לא מוליכה חשמל."
- ♦ התייחסות לתגובת הסתירה בלבד והתעלמות מתגובת השיקוע:
- "יוני  $H_3O^+$  (aq) ויוני OH הגיבו ולא נשארו יונים בתמיסה."

## המלצות

מומלץ לבצע עם התלמידים מספר ניסויים (אפשרי גם בהדגמה) לבדיקת מוליכות של תמיסות שונות. רצוי לבחור בתמיסות שבחלק מהן אין מוליכות חשמלית כגון תמיסת סוכר ותמיסת אתאנול, ובתמיסות שבהן יש מוליכות חשמלית כגון תמיסת מלח בישול,  $NaCl_{(aq)}$ , תמיסת חומצה כלורית,  $HCl_{(aq)}$ , ותמיסת נתרן הידרוקסיד,  $NaOH_{(aq)}$ : בחלק שני של הניסוי מומלץ לבצע טיטרציה, בדומה למתואר בשאלה, תוך כדי מדידת המוליכות החשמלית. בנוסף לשינוי במוליכות התלמידים אמורים לראות הופעת משקע בתחתית הכוס.

## תת-סעיף ii (הציון 60)

חשב את הריכוז המולרי של תמיסת  $Ca(OH)_{2(aq)}$  שבה השתמשו בניסוי. פרט את חישוביך.

## התשובה

מספר המולים של  $H_2SO_{4(aq)}$  שהגיבו:  $0.25 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.02 \text{ liter} = 0.005 \text{ mol}$

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין  $H_2SO_{4(aq)}$  ו-  $Ca(OH)_{2(aq)}$  הוא 1:1.

מספר המולים של  $Ca(OH)_{2(aq)}$  שהגיבו: 0.005 mol

על פי הגרף נדרשו 50 מ"ל תמיסת  $Ca(OH)_{2(aq)}$  לסתירה מלאה של החומצה.

הריכוז המולרי של תמיסת  $Ca(OH)_{2(aq)}$ :  $\frac{0.005 \text{ mol}}{0.05 \text{ liter}} = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$  (0.1 M)

או:

טבלאות מסכמות לתת-סעיף א ii

$H_2SO_{4(l)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_3O^+_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$				
1	2	2	1	יחס המולים בניסוח התגובה
0.25				ריכוז מולרי ( $\frac{mol}{liter}$ )
0.02				נפח התמיסה (liter)
0.005		0.01	0.005	מספר המולים שהגיב/נוצרו (mol)

יחס המולים בין יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  ליוני  $OH^-_{(aq)}$  הוא 1:1.

$Ca(OH)_{2(s)} \xrightarrow{מי} Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$			
1	1	2	יחס המולים בניסוח התגובה
0.005	0.005	0.01	מספר המולים שהגיב/נוצרו (mol)
0.05			נפח התמיסה (liter)
0.1			ריכוז מולרי ( $\frac{mol}{liter}$ )

הריכוז המולרי של תמיסת  $Ca(OH)_{2(aq)}$  הוא 0.1 M.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. תלמידים רבים התקשו לחשב את הריכוז המולרי של תמיסת  $Ca(OH)_{2(aq)}$  שבה השתמשו בניסוי. הטעות האופיינית העיקרית שאותרה היא התייחסות לנפח התמיסה המקורי כאל 0.1 ליטר שהוא הנפח הכולל של הבסיס שטוטר.

### המלצות

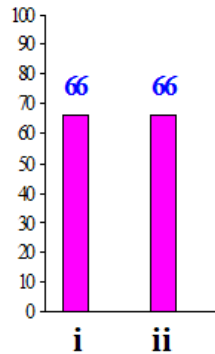
לתרגל עם התלמידים חישובים של תגובות סתירה מלאה ותגובות סתירה עם עודפים. רצוי לתת את הנתונים בצורה גרפית כדי לתרגל איתור ואחזור מידע מתוך גרפים.

**סעיף ב' (הציון בשאלון 37381 66)**

**(הציון בשאלון 37387 72)**

**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**

במהלך הניסוי מדדו התלמידים גם את ה-pH של התמיסה.



**תת-סעיף i (הציון 66)**

נמצא כי ה-pH של התמיסה בנקודה A שבגרף הנתון נמוך מן ה-pH של התמיסה בנקודה B. הסבר ממצא זה.

### התשובה

בנקודה A יש בכלי תמיסת  $H_2SO_{4(aq)}$  המכילה יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  (או: בכלי יש תמיסה חומצית). לכן ה-pH של התמיסה קטן מ-7 (או: חומצי).  
בנקודה B כל יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  הגיבו (או: התרחשה סתירה של החומצה). ריכוז יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  ירד. לכן ה-pH של התמיסה עלה.  
(לפיכך ה-pH של התמיסה בנקודה A נמוך מה-pH של התמיסה בנקודה B.)

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים כתבו שבמהלך תגובת הסתירה pH התמיסה עלה, אך לא הזכירו שריכוז יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  ירד, ז.א. שהבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים חלקיים:

- "עד נקודה B ה-pH קטן מ-7 ובנקודה B שווה ל-7, לכן הוא גדול יותר מנקודה A."
- "יש שוויון ריכוזים בנקודה B לכן סתירה מלאה."
- "יש עליה בריכוז יוני ההידרוקסיד."



## תת-סעיף ii (הציון 66)

נמצא כי ה-pH של התמיסה בנקודה C שבגרף הנתון גבוה מן ה-pH של התמיסה בנקודה B. הסבר ממצא זה.

### התשובה

בנקודה B המשיכו להוסיף תמיסת  $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$ .  
בנקודה C יש בכלי תמיסת  $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$  שלא הגיבה (או: עודף בסיס).  
ריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה עלה. לכן ה-pH של התמיסה גדול מ-7 (או: בסיסי).  
(לפיכך בנקודה C ה-pH של התמיסה גבוה מה-pH של התמיסה בנקודה A.)

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים כתבו על העלייה בריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  וקישרו בין עלייה זו לבין עלייה ב-pH התמיסה. אך חלק ניכר מהתלמידים כתבו הסברים חלקיים - גם כאן זאת הייתה הבעיה העיקרית. תלמידים אלה כתבו שקיימת עליה ב-pH התמיסה עקב הוספת הבסיס, אולם לא הזכירו במפורש את היונים הגורמים לשינוי ב-pH התמיסה:

- "כי יש תמיסה יותר בסיסית."
- "כי הוסיפו עוד ועוד בסיס."

טעות נוספת שאותרה: השוואה בין ריכוז תמיסת החומצה לריכוז תמיסת הבסיס במקום התייחסות לעודף יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה.

### המלצות

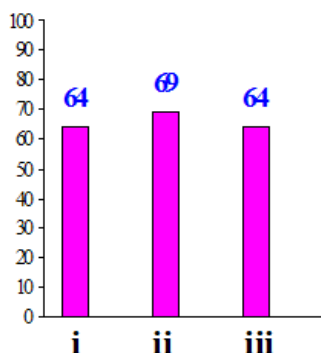
לתרגל שאלות דומות בסגנון השאלה המופיעה בסוף הניתוח של שאלה 13. כמו כן מומלץ להיעזר בשאלות מסוג זה המופיעות בחוברות ניתוח בגרות משנים קודמות, למשל: בגרות תשע"ז - שאלות 5 ו-8, בגרות תשע"ו - שאלה 13, בגרות תשע"א - שאלה 7, בגרות תשס"ו - שאלה 4, בגרות תשס"ג - שאלה 4 ועוד.

## סעיף ג' (הציון בשאלון 37381 64)

### (הציון בשאלון 37387 67)

#### ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381

בניסוי אחר ערבבו 200 מ"ל תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$  בריכוז 0.25 M עם 300 מ"ל תמיסת אשלגן הידרוקסידי,  $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ , בריכוז 0.3 M. בתגובה שהתרחשה התקבל נוזל צלול (לא נוצר משקע).



### תת-סעיף i (הציון 64)

רשום ניסוח נטו לתגובה שהתרחשה.

### התשובה

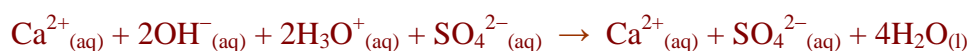


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לנסח ניסוח נטו של תגובת סתירה, למרות שניסוח זה נלמד בפרק חומצות ובסיסים ולכן התלמידים נדרשו רק לנסח את התגובה שלמדו. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ◆ ניסוח תהליך ההמסה במים של הבסיס או של החומצה בלבד.
- ◆ ניסוח לא מאוזן.
- ◆ רישום ניסוח המכיל יוני  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  ו-  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  במגיבים ובתוצרים, תוך התעלמות מכך שנוצר משקע:



- ◆ תלמידים מעטים רשמו ניסוח מולקולרי.



### המלצות

מומלץ ללוות את הוראת הפרק חומצות ובסיסים בנספח 4 - להיצמד לדף תגובות לפרקים חומצות בסיסים וחמצון חיזור ולתרגל עם התלמידים ניסוחים של תגובות שונות. הנספח נמצא באתר המפמ"ר.

## תת-סעיף ii (הציון 69)

קבע אם בתום התגובה היה ה-pH של התמיסה חומצי, בסיסי או ניטרלי. פרט את חישוביך.

### התשובה

קביעה:

בתום התגובה ה-pH של התמיסה היה חומצי.

חישוב:

$$0.25 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.05 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$$

מ-1 מול  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$  נוצרים 2 מול יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ .

$$0.05 \text{ mol} \times 2 = 0.1 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של יוני } \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$$

$$0.3 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.3 \text{ liter} = 0.09 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } \text{KOH}_{(\text{aq})}$$

ב-1 מול  $\text{KOH}_{(\text{aq})}$  יש 1 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

$$0.09 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של יוני } \text{OH}^-_{(\text{aq})}$$



0.09 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  מגיבים עם 0.09 מול יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ .

בתום התגובה היו בתמיסה (0.01 מול) יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  שלא הגיבו (או: שהיו בעודף).

ולכן ה-pH של התמיסה היה חומצי (או: קטן מ-7).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים, כולל חישוב עודף של

יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה. יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו בשלבים שונים של החישוב.

הטעות האופיינית העיקרית היא קביעה שגויה עקב חישוב שגוי של עודפים:

- ♦ תלמידים, שלא כפלו את מספר המולים של החומצה פי שתיים לקבלת מספר המולים של יוני ההידרוניום, קבעו כי נותר עודף בסיס.
- ♦ תלמידים השוו את ריכוז תמיסת החומצה לריכוז תמיסת הבסיס במקום להתייחס למספר המולים של יוני ההידרוניום לעומת מספר המולים של יוני ההידרוקסיד.
- ♦ קביעה שגויה עקב אי ביצוע חישובים כלל. התלמידים התייחסו לניסוח התגובה כפי שאיזו אותו:
- ♦ "לפי ניסוח התגובה אין עודפים ולכן אין עודפים בניסוי."
- ♦ "ה-pH ניטרלי, מכיוון שהתגובה יצאה מאוזנת."

## המלצות

מומלץ לחדד לתלמידים את הנושא של עודפים בתגובות סתירה בעזרת משימה דיאגנוסטית "תגובת סתירה מה היא מסתירה?", שפותחה על ידי קהילות מורי הכימיה. [המשימה נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

## תת-סעיף iii (הציון 64)

חשב את הריכוז המולרי של יוני  $K^+_{(aq)}$  בתמיסה הצלולה שהתקבלה. פרט את חישוביך.

## התשובה

$$0.2 \text{ liter} + 0.3 \text{ liter} = 0.5 \text{ liter}$$

נפח התמיסה לאחר הערבוב:



$$0.09 \text{ mol}$$

מספר המולים של יוני  $K^+_{(aq)}$  בתמיסה:

$$\frac{0.09 \text{ mol}}{0.5 \text{ liter}} = 0.18 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$$

הריכוז של יוני  $K^+_{(aq)}$  בתמיסה שהתקבלה:

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא ענו כלל על סעיף זה. הטעות האופיינית העיקרית היא שגיאה בחישוב הנפח של התמיסה - תלמידים לא חיברו את נפחי התמיסות שעורבבו אלא השתמשו בנתון של נפח התמיסה המקורית.

## המלצות לשאלה 13

מומלץ להיעזר בחוברת: סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ז: קשיי למידה, דרכי הוראה המותאמות לתוכנית הלימודים 30-70.

חוברת זו הוכנה על בסיס החוברות של ניתוח התוצאות של בחינות בגרות. [החוברת נמצאת באתר](#)

[המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

החוברת כוללת:

- סיכום טעויות המשגה אופייניות של תלמידים, שאותרו במהלך הערכה רב-שנתית של בחינות הבגרות, והסבר למקורות הטעויות.
  - המלצות לדרכי הוראה ולפעילויות המתאימות לנושא, המסייעות להתגבר על טעויות המשגה ולמנוע אותן.
  - מאגר שאלות מבחינות הבגרות בנושא "חומצות ובסיסים", שעברו עיבוד והתאמה לתוכנית הלימודים בהיקף 70%, ותשובות לשאלות אלה.
- החוברת הוכנה על-ידי בוגרי הקורסים למורים מובילים במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה בראשות: ד"ר דורית בר

צוות הכתיבה : חני אלישע, אסתר ברקוביץ, מוחמד גרה, רים סאבא, אלה פרוטקיין-זילברמן, מיכאל קויפמן, רחל קלנר, עדינה שינפלד, נאווה תמם  
 יעוץ מדעי ופדגוגי :

מכון ויצמן למדע : ד"ר רחל ממלוק-נעמן, ד"ר דבורה קצביץ, פרופ' ליאור קרוניק  
 משרד החינוך : ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה

### שאלה לתרגול בנושא: חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

לכל אחד מארבעת הכלים הכניסו 50 מ"ל תמיסת סידן הידרוקסידי,  $\text{Ca(OH)}_{2(aq)}$  בריכוז 0.8 M .

א. לכלי (1) הוסיפו 60 מ"ל תמיסת נתרן הידרוקסידי,  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בריכוז 1 M .

i. חשב את הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  לאחר ההוספת של תמיסת  $\text{NaOH}_{(aq)}$ . פרט את חישוביך.

ii. קבע אם pH התמיסה עלה, ירד או לא השתנה במהלך הערבוב. נמק.

iii. מהו התחום של pH התמיסה בתום הערבוב: בסיסי, חומצי או ניטרלי? נמק.

ב. לכלי (2) הוסיפו 100 מ"ל מים.

i. קבע אם pH התמיסה עלה, ירד או לא השתנה במהלך הערבוב. נמק.

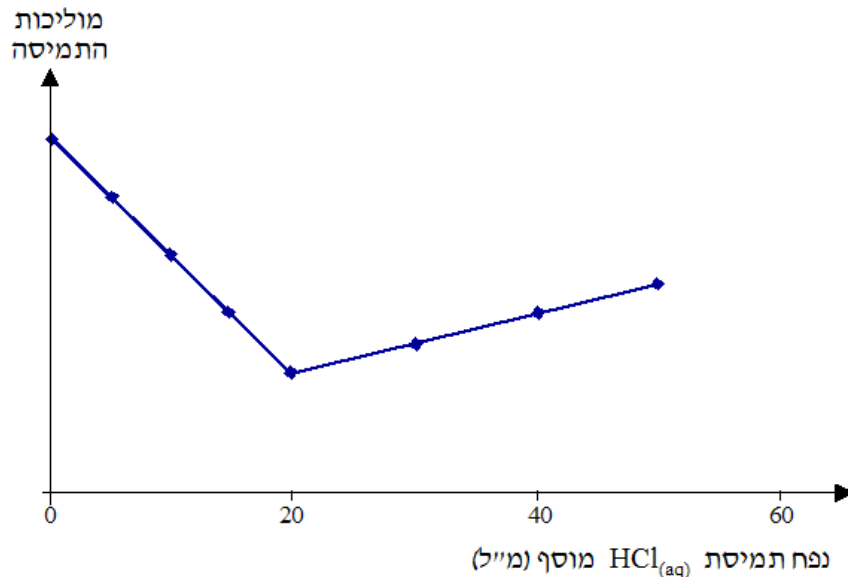
ii. האם היה שינוי במוליכות התמיסה במהלך הערבוב? אם כן – ציין מה היה השינוי. נמק.

ג. לכלי (3) הוסיפו 50 מ"ל תמיסת חומצה מימן כלורית,  $\text{HCl}_{(aq)}$ , בריכוז לא ידוע.

הגרף שלפניך מתאר את השתנות המוליכות החשמלית של התמיסה כפונקציה של הנפח של

תמיסת  $\text{HCl}_{(aq)}$  שהוספה.

מוליכות התמיסה כפונקציה של הנפח של תמיסת  $\text{HCl}_{(aq)}$  שהוספה

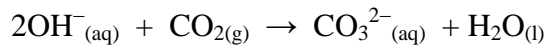


i. הסבר על פי הגרף, ברמה מיקרוסקופית, את השינוי שחל במוליכות התמיסה במהלך הערבוב.

ii. רשום ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה בכלי.

iii. חשב את הריכוז של תמיסת  $\text{HCl}_{(aq)}$  שהוספה. פרט את חישוביך.

ד. לכלי (4) הזרימו 0.25 ליטר גז פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_2(\text{g})$ , בתנאי החדר (נפח מולרי של גז בתנאי החדר הוא 25 ליטר). נתון ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה בכלי.



- i. קבע אם pH התמיסה עלה, ירד או לא השתנה במהלך הערבוב. נמק.
- ii. מהו התחום של pH התמיסה בתום הערבוב: גבוה מ-7, נמוך מ-7 או שווה ל-7? פרט את חישוביך, ונמק.

**התשובה:**

סעיף א'

תת-סעיף i

בהמסה של 1 מול  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$  משתחררים 2 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בכל אחד מהכלים לפני ההוספה:  $0.8 \text{ M} \times 2 = 1.6 \text{ M}$

מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בכל אחד מהכלים לפני ההוספה:  $1.6 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.05 \text{ liter} = 0.08 \text{ mol}$

בהמסה של 1 מול  $\text{NaOH}(\text{s})$  משתחרר 1 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסת  $\text{NaOH}(\text{aq})$  שהוספה: 1 M

מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  ב-60 מ"ל תמיסת  $\text{NaOH}(\text{aq})$ :

סה"כ מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  לאחר ההוספה של תמיסת  $\text{NaOH}(\text{aq})$ :

$$1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.06 \text{ liter} = 0.06 \text{ mol}$$

$$0.08 \text{ mol} + 0.06 \text{ mol} = 0.14 \text{ mol}$$

נפח התמיסה לאחר ההוספה של תמיסת  $\text{NaOH}(\text{aq})$ :  $0.05 \text{ liter} + 0.06 \text{ liter} = 0.11 \text{ liter}$

הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  לאחר ההוספה של תמיסת  $\text{NaOH}(\text{aq})$ :  $\frac{0.14 \text{ mol}}{0.11 \text{ liter}} = 1.27 \text{ M}$

תת-סעיף ii

pH התמיסה ירד במהלך הערבוב.

לתמיסה שבה הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  היה 1.6 M הוסיפו תמיסה שבה הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$

היה 1.27 M. במהלך הערבוב הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה ירד, לכן pH התמיסה ירד.

תת-סעיף iii

התחום של pH התמיסה בתום הערבוב הוא בסיסי, כי בתמיסה יש עודף של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

סעיף ב'

תת-סעיף i

pH התמיסה ירד במהלך הערבוב, כי הוספת מים פירושה מיהול התמיסה. הריכוז של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  יורד, לכן pH התמיסה יורד.

תת-סעיף ii

היה שינוי במוליכות התמיסה במהלך הערבוב. מוליכות התמיסה תלויה בריכוז היונים בתמיסה. העקבות המיהול ריכוז היונים בתמיסה ירד, לכן מוליכות התמיסה ירדה.

סעיף ג'

תת-סעיף i

במהלך הניסוי טפטפו תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  לכלי ובו תמיסת  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ , ובדקו מוליכות חשמלית של התמיסה.

בהתחלה, הייתה בכלי רק תמיסת  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ . היא מוליכה חשמל, כי יש בה יונים ניידים:

$\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$  ו-  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ . כאשר מטפטפים לכלי תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ , מתרחשת תגובת סתירה בין

יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  ויוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ :



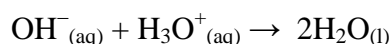
המוליכות החשמלית של התמיסה יורדת בגלל העלייה בנפח התמיסה והירידה במספר המולים של היונים הניידים, עקב יצירת מולקולות מים, ובריכוזם בתמיסה. המוליכות יורדת עד לנקודת סיום

הטיטרציה (הוספת 20 מ"ל תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ), שבה ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  שווה ליוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

המשך ההוספה של תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  גורם לעלייה בריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה, וגם הריכוז של

יוני  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  בתמיסה עולה, כלומר ריכוז היונים הניידים בכלי עולה ומוליכות התמיסה עולה.

תת-סעיף ii



תת-סעיף iii

20 מ"ל של תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  הגיבו בשלמות עם 50 מ"ל תמיסת  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$  בריכוז 0.8 M.

על פי החישוב בתת-סעיף א' i, תמיסה זו הכילה 0.08 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

יחס המולים בניסוח תגובת הסתירה בין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  ליוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  הוא 1:1,

לכן ב- 20 מ"ל של תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  יש 0.08 מול יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ .

$$\frac{0.08 \text{ mol}}{0.02 \text{ liter}} = 4 \text{ M}$$

הריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  שהוספה:

הריכוז של תמיסת  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$  שהוספה: 4 M

סעיף ד'

תת-סעיף i

pH התמיסה ירד במהלך הערבוב, כי התרחשה תגובה שבה יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  מגיבים, ולכן ריכוזם בתמיסה יורד.

תת-סעיף ii

ב- 50 מ"ל תמיסת  $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$  בריכוז 0.8 M יש 0.08 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

$$\frac{0.25 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.01 \text{ mol}$$

מספר המולים של גז  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  שהגיבו:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה בין  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  ליוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  הוא 1:2.

לכן 0.01 מול  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  הגיבו עם 0.02 מול יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

בכלי נשאר עודף של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ , לכן pH התמיסה בתום הערבוב גבוה מ-7.

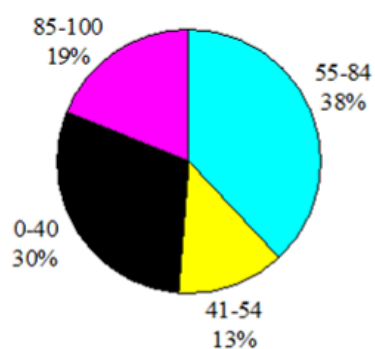


## ניתוח שאלה 14

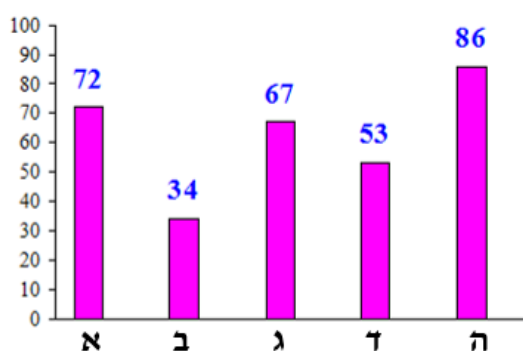
### אנרגיה וקצב תגובה

#### שאלון 37381

פיזור ציונים  
בחרו בשאלה 15% מהתלמידים

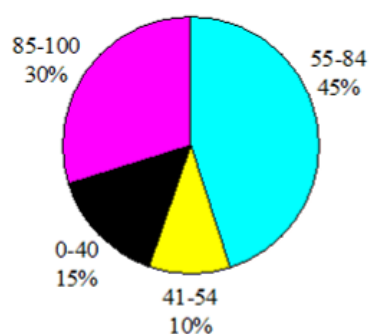


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 57  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

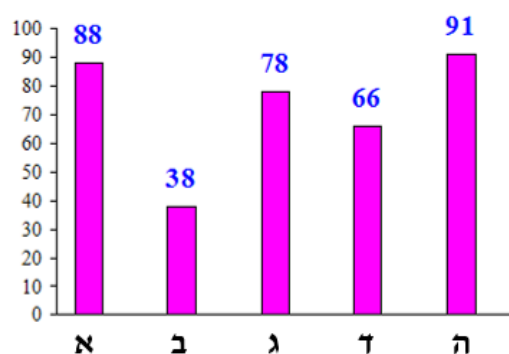


#### שאלון 37387

פיזור ציונים  
בחרו בשאלה 25% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 67  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לנסח ולאזן תגובת שרפה מלאה של פחמימן.
- לקבוע מהי המערכת ומהי הסביבה בניסוי המתואר בשאלה.
- להבחין בין אנרגיית שפעול לבין אנרגיה המושקעת בתהליכים אנדותרמיים כגון היתוך ואידוי.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים בשילוב עם חישובים של שינוי האנתלפיה התקנית של התגובה, של כמות האנרגיה שנפלטת או נקלטת בניסוי.
- לחשב את שינוי האנתלפיה התקנית של התגובה בעזרת חוק הס.
- לשרטט דיאגרמת אנרגיה של התגובה הנתונה, ולנתח דיאגרמת אנרגיה נתונה.
- ליישם את הידע - מהי אנתלפיית האידוי של החומר.
- לנתח את המידע הנתון בשאלה: מה קורה בכל אחד מן השלבים של בעירת הנר.
- לקשר בין סוג התגובה: אנדותרמית או אקסותרמית, לבין השינוי בטמפרטורת הסביבה.
- ליישם את הידע - מהו קצב תגובה וכיצד אפשר למדוד אותו.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

### פתיח לשאלה

במשך שנים חקרו מדענים ותלמידי כימיה את בעירת הנר. התרכובת העיקרית המרכיבה את שעוות הנר היא פחמימן שנוסחתו המולקולרית היא:  $C_{25}H_{52}$ . נמצא כי בעת הבעירה של פתיל הנר מתרחשים כמה תהליכים: השעווה ניתכת, נספגת בפתיל, נהפכת לגז ומגיבה בתגובת שרפה עם החמצן,  $O_{2(g)}$ , שבאוויר.

**סעיף א' (הציון בשאלון 37381 72)**

**(הציון בשאלון 37387 88)**

נסח ואזן את תגובת השרפה המלאה של  $C_{25}H_{52(g)}$ .

**התשובה:**



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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני בשאלון 37381 וגבוה בשאלון 37387. רוב התלמידים ניסחו נכון את התגובה.

הטעויות האופייניות שאותרו (בעיקר בתשובות לשאלון 37381):

- ♦ איזון שגוי:
- $C_{25}H_{52(g)} + 76O_{2(g)} \rightarrow 50CO_{2(g)} + 26H_2O_{(g)}$   
♦ היעדר מצבי צבירה או רישום מצבי צבירה שגויים:
- $C_{25}H_{52(s)} + 38O_{2(g)} \rightarrow 25CO_{2(g)} + 26H_2O_{(l)}$   
♦ רישום ניסוח של תהליך אידוי:
- $C_{25}H_{52(l)} \rightarrow C_{25}H_{52(g)}$   
♦ רישום ניסוח תגובה ללא חמצן:
- $C_{25}H_{52(g)} \rightarrow 25CO_{2(g)} + 26H_2O_{(l)}$

**המלצות**

מומלץ לתרגל ניסוח ואיזון של תגובות שרפה של פחמימנים בעלי מסה מולרית גדולה.

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין תהליכי היתוך ורתיחה, שבהם מתרחש שינוי של מצב

צבירה של אותו חומר, לבין תגובות שרפה שבהן מגיבים הופכים לתוצרים.

תרגיל לדוגמה:

ציין סוג של כל אחד מהתהליכים:

1.  $C_2H_5OH_{(l)} \rightarrow C_2H_5OH_{(g)}$
2.  $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$
3.  $C_2H_5OH_{(l)} \rightarrow C_2H_5OH_{(aq)}$
4.  $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

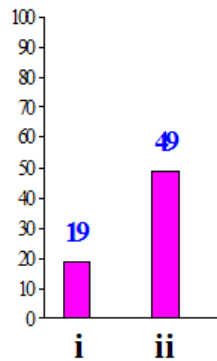
## פתיח לסעיפים ב-ו- ג

סעיפים ב-ו- ג עוסקים בניסוי שערכו תלמידים במעבדה. התלמידים שקלו נר שעווה, הדביקו אותו לצלוחית, הדליקו את פתיל הנר באמצעות גפרור דולק עד שנוצרה להבה קבועה בקצה הנר, ורשמו תצפיות.

**סעיף ב' (הציון בשאלון 37381 34)**

**(הציון בשאלון 37387 38)**

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381



**תת-סעיף i (הציון 19)**

מהי המערכת בניסוי המתואר?

## התשובה

בניסוי המתואר המערכת כוללת את המגיבים ( $C_{25}H_{52}(g)$  ו- $O_2(g)$ ) ואת התוצרים ( $CO_2(g)$  ו- $H_2O(g)$ ) של תגובת השרפה (המלאה).

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך ביותר. רוב התלמידים לא הצליחו לקבוע מהי המערכת בניסוי המתואר בפתיח לשאלה ובפתיח לסעיפים ב-ו- ג. הטעויות האופייניות:

- "המערכת היא נר דולק."
  - " המערכת : הנר והצלוחית."
  - " המערכת היא הנר והלהבה."
  - " המערכת היא הפתיל."
  - " המערכת : הפתיל והשעווה."
- טעויות אלה מצביעות על קושי בהוצאת מידע מתיאור הניסוי ועל חוסר הבנה של מושג "המערכת".

## המלצות

מומלץ לעזור לתלמידים לרכוש מיומנות של הוצאת מידע מנתוני השאלה: בצורת גרף, בצורת טבלה, בצורת תיאור הניסויים. לשם כך מומלץ להיעזר בשאלות מאמר המנותחות בחוברות ניתוח בגרות משנים קודמות. כמו כן מומלץ לחדד לתלמידים את המושגים "מערכת" ו"סביבה".

## תת-סעיף ii (הציון 49)

קבע אם ההיגד שלפניך הוא נכון או לא נכון. **נמק את קביעתך.**  
הבעירה של פתיל הנר מספקת אך ורק את אנרגיית השפעול הדרושה לתגובת השרפה של  $C_{25}H_{52(g)}$ .

## התשובה

קביעה:

ההיגד אינו נכון.

נימוק:

בעירת הפתיל מספקת את אנרגיית השפעול לתגובת השרפה של  $C_{25}H_{52(g)}$  וגם את האנרגיה הדרושה להתכת  $C_{25}H_{52(s)}$  ולאידוי  $C_{25}H_{52(l)}$  (על פי המידע שבשאלה).

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להבחין בין אנרגיית השפעול לבין אנרגיה המושקעת בתהליכים אנדותרמיים כגון היתוך ואידוי. גם בתת-סעיף זה הטעויות האופייניות מצביעות על קושי בהוצאת מידע מתיאור הניסוי המופיע בשאלה. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

- ◆ קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
- "ההיגד נכון, מכיוון ש-  $C_{25}H_{52}$  הוא החומר היחיד בסביבה והלהבה עוזרת לו להתגבר על אנרגיית השפעול."
- "ההיגד נכון, כי הפתיל מספק את אנרגיית השפעול."
- "ההיגד נכון, כי על מנת שהתגובה תתרחש יש לספק את אנרגיית השפעול."
- "ההיגד נכון, בגלל שאנרגיית השפעול היא תנאי להתרחשות התגובה."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי:
- "לא נכון, מכיוון שהבעירה של פתיל הנר מספקת את האנרגיה הקינטית הדרושה לתהליך של שרפת החומר  $C_{25}H_{52}$ ."
- "ההיגד אינו נכון, מכיוון שהאנרגיה של הבערה מספקת גם את אנרגיית השפעול של  $C_{25}H_{52}$  וגם את אנרגיית השפעול של  $O_2$ ."

- "ההיגד אינו נכון, מכיוון שהמערכת פתוחה ואנרגיה עוברת גם לסביבה."
- "ההיגד אינו נכון, כי האנרגיה לא מיועדת רק לשרפת השעווה אלא גם לשרפת הפתיל."

## המלצות

מומלץ לחזור עם התלמידים על המושג "אנרגיית שפעול" ולהבהיר לתלמידים כיצד להבחין בין אנרגיית השפעול לבין אנרגיה המושקעת בתהליכים אנדותרמיים כגון היתוך ואידוי. מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי חקר מספר 50 - "ניסוי בנר בוער", הנמצא האתר "כימיה בגישה חוקרת", המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

מומלץ בכל תרגיל בנושא אנרגיה, לדון עם התלמידים במערכת וסביבה, לנתח את מעברי האנרגיה המתרחשים בתגובה.

**סעיף ג' (הציון בשאלון 37381 67)**

**(הציון בשאלון 37387 78)**

לאחר שהנר בער במשך 10 דקות, כיבו התלמידים את הנר ושקלו אותו.

נמצא שמסת הנר ירדה ב- 1 גרם.

על פי חישוב נמצא שכמות האנרגיה שנפלטת בתגובת השרפה של 1 גרם  $C_{25}H_{52}(g)$  שווה ל- 34 kJ. חשב את שינוי האנתלפיה התקנית,  $\Delta H^\circ$ , בתגובת השרפה של 1 מול  $C_{25}H_{52}(g)$ . פרט את חישוביך.

## התשובה:

המסה המולרית של  $C_{25}H_{52}(g)$ :  $352 \frac{gr}{mol}$

מספר המולים של  $C_{25}H_{52}(g)$  שמגיבים כאשר נפטים 34 kJ:  $\frac{1 gr}{352 \frac{gr}{mol}} = 0.002841 mol$

כמות האנרגיה שנפלטת בתגובת השרפה של 1 מול  $C_{25}H_{52}(g)$ :  $\frac{34 kJ}{0.002841 mol} = 11,968 \frac{kJ}{mol}$

שינוי האנתלפיה בתגובת השרפה של 1 מול  $C_{25}H_{52}(g)$ :  $\Delta H^\circ = -11,968 \frac{kJ}{mol}$

או:

המסה המולרית של  $C_{25}H_{52}(g)$ :  $352 \frac{gr}{mol}$

כמות האנרגיה שנפלטת כאשר 1 גרם  $C_{25}H_{52}(g)$  מגיב: 34 kJ.

כמות האנרגיה שנפלטת בתגובת השרפה של 1 מול  $C_{25}H_{52}(g)$ :

$$352 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 34 \frac{\text{kJ}}{\text{gr}} = 11,968 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H^\circ = -11,968 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

שינוי האנתלפיה בתגובת השרפה של 1 מול  $C_{25}H_{52}(g)$ :

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציונים בינוניים בשני השאלונים, אך בשאלון 37387 הציון גבוה בהרבה. רוב התלמידים הצליחו לבצע חישובים סטויכיומטריים בשילוב עם חישוב של שינוי האנתלפיה התקנית של התגובה, אך חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ רישום ערך  $\Delta H^\circ$  של תגובה אקסותרמית ללא סימן מינוס.
- ♦ טעויות בחישוב של מספר המולים של  $C_{25}H_{52}(g)$  שמגיבים כאשר נפלטם 34 kJ.
- ♦ רישום כמות האנרגיה שנפלטת בשרפת 1 גרם שעווה במקום ערך  $\Delta H^\circ$  של התגובה:
- ♦  $\Delta H^\circ = -34 \text{ kJ}$
- ♦ היעדר יחידות או רישום יחידות שגויות.

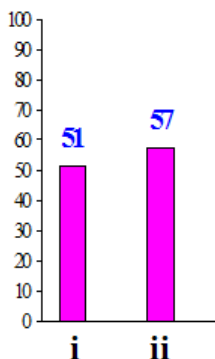
### המלצות

מומלץ בעת התרגול בנושא אנרגיה להקפיד על סימנים נכונים של  $\Delta H^\circ$ .  
ראו שאלות לתרגול בסוף ניתוח השאלה.

**סעיף ד' (הציון בשאלון 37381 53)**

**(הציון בשאלון 37387 66)**

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381



### תת-סעיף i (הציון 51)

אנתלפיית האידוי של הפחמימן  $C_{25}H_{52(l)}$  היא:  $\Delta H^\circ_v = 126 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ .

חשב את ערכו של  $\Delta H^\circ$  בעבור תגובת השרפה המלאה של 1 מול  $C_{25}H_{52(l)}$ . פרט את חישוביך.

### התשובה

(על פי חוק הס):



או:

בחישוב  $\Delta H^\circ$  של תגובת השרפה של  $C_{25}H_{52(l)}$  יש להוסיף את האנרגיה הדרושה לאידוי של 1 מול נוזל.

$$\Delta H^\circ = -11,968 \text{ kJ} + 126 \text{ kJ} = -11,842 \text{ kJ}$$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

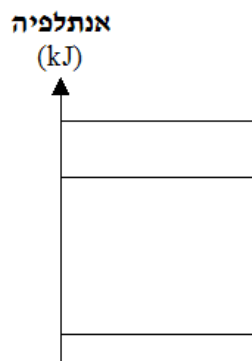
הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשה לחשב את שינוי האנתלפיה התקנית של התגובה בעזרת חוק הס. הבעיה העיקרית של תת-סעיף זה היא טעויות בסימן של  $\Delta H^\circ$  של התגובה ושל אנתלפיית האידוי,  $\Delta H^\circ_v$ , של  $C_{25}H_{52(l)}$ :

- $\Delta H^\circ = 11,968 - 126 = 11,842 \text{ kJ}$
- $\Delta H^\circ = 11,968 + 126 = 12,094 \text{ kJ}$

טעויות מסוג זה נובעות מחוסר הבנה מהי אנתלפיית האידוי של החומר, ומהי המשמעות של הסימנים פלוס ומינוס בנושא אנרגיה.

### תת-סעיף ii (הציון 57)

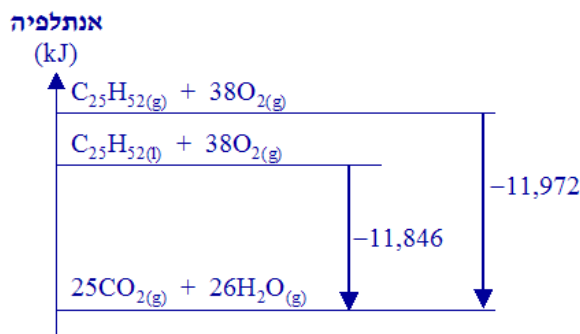
לפניך דיאגרמת אנרגיה.





העתק את הדיאגרמה למחברתך ומקם בה את המגיבים ואת התוצרים של שתי תגובות שרפה: תגובת השרפה המלאה של  $C_{25}H_{52}(g)$  ותגובת השרפה המלאה של  $C_{25}H_{52}(l)$ . סמן בדיאגרמה שבמחברתך את ערכי  $\Delta H^\circ$  המתאימים.

## התשובה

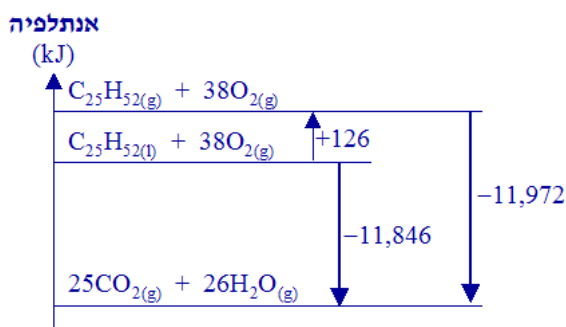


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יי שום.

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לשרטט את דיאגרמת האנרגיה המציגה שתי התגובות הנתונות. הטעות האופיינית העיקרית היא הצגת שתי התגובות בדיאגרמה כתגובות אנדותרמיות.

אפשר לענות על שני התת-סעיפים של סעיף ד באמצעות אותה הצגה גרפית:



## המלצות לסעיף ד'

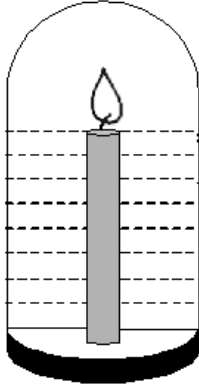
מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדלים בדיאגרמות אנרגיה של תגובות אנדותרמיות ותגובות אקסותרמיות, לבקש להציג דיאגרמת אנרגיה בכל תרגיל בנושא אנרגיה. כדוגמה לתרגול אפשר לפתור עם התלמידים שאלה 1 בבחינת הבגרות - השלמה תשע"ד.

**סעיף ה' (הציון בשאלון 37381 86)**

**(הציון בשאלון 37387 91)**

**ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 37381**

בעבר שימשו נרות בוערים גם כמכשירים למדידת זמן.



לשם כך סימנו בצד הנר סדרת קווים ברווחים שווים זה מזה (ראה איור).

לפניך ארבעה היגדים (1)-(4).

ציין מה הם ההיגדים המאפיינים את בעירת הנר כמכשיר זמן.

(1) קצב הבעירה של הנר הוא קבוע.

(2) השינוי במסת הנר ביחידת זמן הוא קבוע.

(3) כמות האנרגיה הנפלטת ביחידת זמן מבעירת הנר היא קבועה.

(4) הטמפרטורה של להבת הנר עולה באופן קבוע.

**התשובה:**

היגדים (1), (2) ו-(3)

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציונים גבוהים בשני השאלונים. למרות מורכבות השאלה, רוב התלמידים הצליחו לבחור בהיגדים המתאימים. תלמידים מעטים לא ציינו היגד (3) כנכון.

**המלצות לשאלה 14**

בהוראת פרק אנרגיה מומלץ להיעזר בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה" בבחינות

הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות

ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70". [החוברת נמצאת באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

החוברת הוכנה על בסיס ניתוחי התוצאות של בחינות בגרות תשנ"ח-תשע"ו וכוללת:

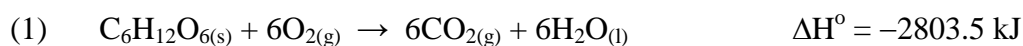
- סיכום טעויות המשגה אופייניות של תלמידים, שאותרו במהלך הערכה רב-שנתית של בחינות הבגרות, והסבר למקורות הטעויות.

- המלצות לדרכי הוראה ולפעילויות המתאימות לנושא, המסייעות להתגבר על טעויות המשגה ולמנוע אותן.
  - מאגר שאלות בנושא "אנרגיה", שעברו עיבוד והתאמה לתוכנית הלימודים בהיקף 70% ותשובות לשאלות אלה.
- החוברת הוכנה על ידי בוגרי הקורסים למורים מובילים במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה, בראשות: ד"ר דורית בר וזיוה בר-דב.
- צוות הכתיבה: אלה פרוטקין-זילברמן, עדינה שינפלד, נאוה תמם
- יעוץ מדעי ופדגוגי: מכון ויצמן למדע: ד"ר רחל ממלוק-נעמן, ד"ר דבורה קצביץ, פרופ' ליאור קרוניק.
- משרד החינוך: ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה.

## שאלות לתרגול בנושא אנרגיה וקצב תגובה

### שאלה 1

גלוקוז,  $C_6H_{12}O_{6(s)}$ , הוא חד-סוכר המהווה מקור חשוב של אנרגיה בגוף, והמקור היחיד של אנרגיה למוח. גלוקוז חופשי מצוי, בין היתר, בענבים ובדבש. נתונה תגובת השריפה של גלוקוז,  $C_6H_{12}O_{6(s)}$ .



גלוקוז נוצר בתהליך פוטוסינתזה המתרחש בתוך תאי העלים בצמח. על מנת לייצר את הגלוקוז, תהליך הפוטוסינתזה זקוק לאור.

א. בתהליך פוטוסינתזה פחמן דו-חמצני,  $CO_{2(g)}$ , ומים,  $H_2O_{(l)}$ , הופכים לגלוקוז,  $C_6H_{12}O_{6(s)}$ , וחמצן,  $O_{2(g)}$ .

i. נסח ואזן את תהליך הפוטוסינתזה. ציין את ערכו של  $\Delta H^\circ$ .

ii. מהי המערכת בתהליך הפוטוסינתזה, המתרחש בתוך תאי עלים של צמח?

iii. קבע אם במהלך הפוטוסינתזה האנרגיה הפנימית של המערכת עולה, יורדת או לא משתנה. נמק.

בניסוי שרפו 0.36 גרם גלוקוז,  $C_6H_{12}O_{6(s)}$ , בכלי קטן סגור ולא מבודד. כלי התגובה נמצא בכלי גדול סגור ולא מבודד, ובו 920 גרם אתאנול,  $C_2H_5OH_{(l)}$ .

ב. ציין את המערכת ואת הסביבה בניסוי המתואר.

ג. חשב את כמות האנרגיה שנקלטה בניסוי על ידי 1 מול  $C_2H_5OH_{(l)}$ . פרט את חישוביך.

ד. קבע עבור כל אחד מן ההיגדים שלפניך אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה. הנח שקצב התגובה של שרפת הגלוקוז הוא קבוע.

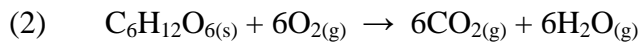
i. לא ייתכן מעבר אנרגיה מהכלי שבו נשרף הגלוקוז אל האתאנול, כי הכלי סגור.

ii. מהירות חלקיקי האתאנול משתנה במהלך התגובה, והאנרגיה הקינטית הממוצעת שלהם משתנה אף היא.

iii. כמות האנרגיה העוברת ביחידת זמן מהמערכת לסביבה היא קבועה.

iv. לאחר כמה שעות אחרי הסיום של תגובת השרפה של גלוקוז, חלקיקי האתאנול יהיו בעלי אותה אנרגיה קינטית ממוצעת כמו ברגע הסיום של שרפת הגלוקוז.

ה. ביצעו את התגובה של שרפת הגלוקוז בתנאים אחרים, שבהם התקבלו מים במצב נוזלי:

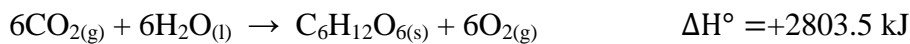


קבע אם בתגובה (2) נפלטת יותר אנרגיה מאשר בתגובה (1) או פחות ממנה. נמק בעזרת גרף.

### התשובה

סעיף א'

תת-סעיף i



תת-סעיף ii

המערכת: המגיבים והתוצרים של התגובה הרשומה בתשובה לתת-סעיף א' i

תת-סעיף iii

במהלך הפוטוסינתזה האנרגיה הפנימית של המערכת עולה. התהליך הוא אנדותרמי, לכן אנתלפיית התוצרים גבוהה מזו של המגיבים.

סעיף ב'

המערכת: המגיבים והתוצרים של תגובה (1). הסביבה: אתאנול.

סעיף ג'

המסה המולרית של  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$ :  $180 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$  שהגיבו בניסוי:  $\frac{0.36 \text{ gr}}{180 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.02 \text{ mol}$

כמות האנרגיה שנפלטה בתגובת השרפה בניסוי:  $2803.5 \text{ kJ} \times 0.02 = 56.07 \text{ kJ}$   
האנרגיה שנפלטה בתגובת השריפה של גלוקוז נקלטה על ידי אתאנול.

המסה המולרית של  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ :  $46 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$  בכלי הגדול:  $\frac{920 \text{ gr}}{46 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 20 \text{ mol}$

כמות האנרגיה שנקלטה בניסוי על ידי 1 מול  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ :  $\frac{56.07 \text{ kJ}}{20} = 2.8 \text{ kJ}$

סעיף ד'

תת-סעיף i

לא נכון. מתרחש מעבר אנרגיה מהכלי שבו נשרף הגלוקוז אל האתאנול. הכלי הקטן הוא סגור, אך לא מבודד.

תת-סעיף ii

נכון. נוספה אנרגיה לסביבה שהיא אתאנול. חלקיקי האתאנול נעים מהר יותר, והאנרגיה הקינטית הממוצעת שלהם עולה.

תת-סעיף iii

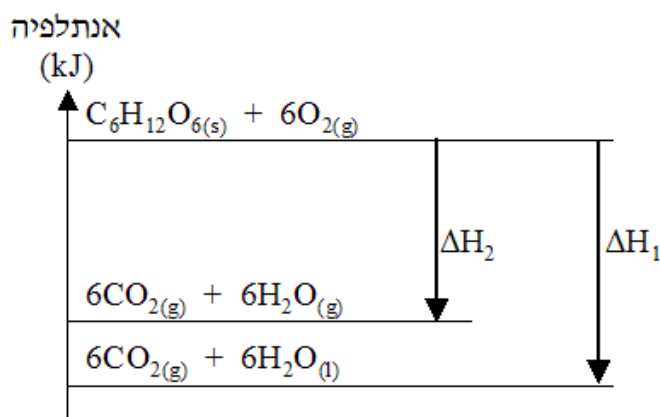
נכון. קצב שרפת הגלוקוז בכלי הקטן הוא קבוע, לכן כמות האנרגיה העוברת ביחידת זמן מהמערכת לסביבה היא קבועה.

תת-סעיף iv

לא נכון. הכלי הגדול לא מבודד. לכן האנרגיה, שעברה לאתאנול, תעבור אל האוויר שמסביב הכלי, ואנרגיה קינטית ממוצעת של חלקיקי האתאנול תרד.

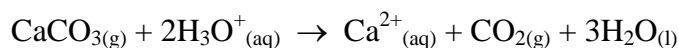
סעיף ה'

בתגובה (2) נפלטת פחות אנרגיה מאשר בתגובה (1).



## שאלה 2

ביצעו ניסוי: לכלי פתוח ולא מבודד הכניסו מעט סידן פחמתי,  $CaCO_{3(s)}$ , הוסיפו תמיסה מהולה של חומצה גופרתית,  $H_2SO_{4(aq)}$ , וסגרו את הכלי. התרחשה התגובה:



במהלך התגובה מדדו את הטמפרטורה בכלי. נמצא שבמהלך התגובה הטמפרטורה בכלי עלתה.

א. ציין את המערכת ואת הסביבה.

ב. קבע אם התגובה שהתרחשה בכלי היא אנדותרמית או אקסותרמית. נמק.

ג. לאחר כמה שעות אחרי תום התגובה מדדו את הטמפרטורה בכלי.

קבע אם לאחר כמה שעות אחרי תום התגובה הטמפרטורה בכלי הייתה גבוהה מהטמפרטורה

בכלי בתום התגובה, נמוכה ממנה או שווה לה. נמק.

## התשובה

סעיף א'

המערכת: המגיבים והתוצרים של התגובה שהתרחשה בכלי.  
הסביבה: המים ששמשו ממס.

סעיף ב'

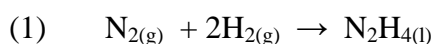
התגובה היא אקסותרמית.  
הטמפרטורה בכלי במהלך התגובה עלתה. המסקנה: במהלך התגובה נפלטת אנרגיה מן המערכת אל הסביבה, כלומר התגובה אקסותרמית.

סעיף ג'

לאחר כמה שעות אחרי תום התגובה הטמפרטורה בכלי הייתה נמוכה מהטמפרטורה בכלי בתום התגובה, הכלי אינו מבודד, לכן האנרגיה שנפלטת בתגובה עברה מן הסביבה הקרובה אל האוויר שמסביב לכלי.

## שאלה 3

במעבדה ביצעו תגובה בין חנקן,  $N_2(g)$ , ומימן,  $H_2(g)$ . התרחשה תגובה (1) שבה נוצרו 8 גרם הידרזין,  $N_2H_4(l)$ .



במהלך הניסוי נקלטו 12.65 kJ.

- חשב את שינוי האנתלפיה התקנית עבור תגובה (1),  $\Delta H_1^\circ$ . פרט את חישוביך.
- נסח ואזן את תגובה (2) שבה הגיבו חנקן ומימן ונוצר הידרזין במצב גז.
- חשב את שינוי האנתלפיה התקנית עבור תגובה (2),  $\Delta H_2^\circ$ . פרט את חישוביך ונמק בעזרת
- גרף. נתון: אנתלפיית האידיוי של הידרזין היא  $48 \frac{kJ}{mol}$ .

## התשובה

סעיף א'

$$32 \frac{gr}{mol}$$

המסה המולרית של  $N_2H_4(l)$ :

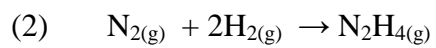
$$\frac{8 \text{ gr}}{32 \frac{gr}{mol}} = 0.25 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $N_2H_4(l)$  שנוצרו:

$$\frac{12.65 \text{ kJ}}{0.25} = 50.6 \text{ kJ}$$

כאשר נוצרו 0.25 מול הידרזין נקלטו 12.65 kJ.  
אם ייווצר 1 מול הידרזין, ייקלטו:

סעיף ב'



סעיף ג'

$$\Delta H^\circ_2 = \Delta H^\circ_1 + 48 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_2 = 50.6 \text{ kJ} + 48 \text{ kJ} = 98.6 \text{ kJ}$$

