



המרכז הארצי למורי הכימיה



המחלקה להוראת המדעים

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



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

## ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה 3 יחידות לימוד שאלון 37303 תשע"ה

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

בראשות: זיוה בר-דב

צוות הכתיבה: חני אלישע

רחל אשר

אסתר ברקוביץ

מוחמד גרה

רים סאבא

אלה פרוטקין-זילברמן

מיכאל קויפמן

רחל קלנר

עדינה שינפלד

נאוה תמס

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

פברואר 2016

## תוכן עניינים

4	מבוא כללי	•
7	ניתוח התוצאות של שאלה 1 - החלק הרב ברירתני	•
24	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות	•
25	ניתוח התוצאות של שאלה 2	•
37	ניתוח התוצאות של שאלה 3	•
47	ניתוח התוצאות של שאלה 4	•
55	ניתוח התוצאות של שאלה 5	•
63	ניתוח התוצאות של שאלה 6	•
75	ניתוח התוצאות של שאלה 7	•
83	ניתוח התוצאות של שאלה 8	•

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

## ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה תשע"ה

### שאלון 37303

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

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

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

ובאתר המפמ"ר:

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

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

הפרק הראשון של הבחינה הוא פרק חובה המכיל:

- שאלה 1 הכוללת 8 סעיפים, כל סעיף הוא שאלה סגורה.

- שאלה 2 - ניתוח קטע ממאמר מדעי.

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

ניתוח שאלה 1 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציון שאלה 1) ותוצאות המדגם של 300 דפי תשובות של תלמידים (ציוני סעיפים).

ניתוח השאלות מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים בשאלות 2-8), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני סעיפים בשאלה 1 וציוני תת-סעיפים בשאלות 2-8) ועל טעויות אופייניות שאותרו על-ידי מעריכי בחינת הבגרות.

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

השנה ניגשו לבחינה **10297** תלמידים. על-פי הממצאים של מכון סאלד.

ראשית נגדיר את המטלות בכל שאלה **כתוצרי למידה** - מה יהיו התלמידים מסוגלים לעשות כתוצאה מפעילות הלמידה.

תוצרי למידה מבטאים את מה שמצופה מהתלמיד לבצע בתום תקופת הלמידה. גישה המבוססת על תוצרי למידה היא גישה ממוקדת תלמיד.

#### **הטקסונומיה של בלום בתחום הקוגניטיבי :**

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



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

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

דוגמה לשאלה : מהי טמפרטורת הרתיחה של המים ?

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

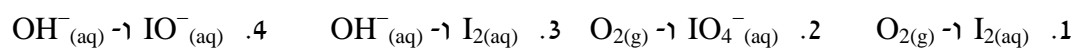
דוגמה לשאלה : קבע אם ההיגד הוא נכון : לאטומים של היסודות הנמצאים בטור השני, יש מספר זהה של אלקטרונים ערכיות.

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

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

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

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



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

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

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

לדוגמה: שיפוט רעיון, המצאה מדעית.

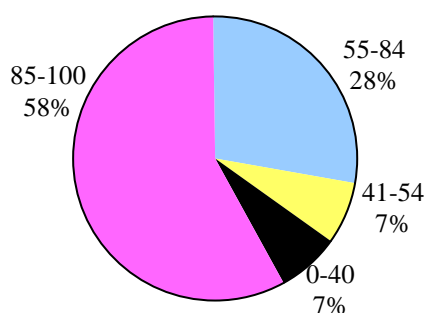
## ניתוח התוצאות של שאלה 1 - החלק הרב ברירתי

### בבחינת הבגרות תשע"ה

כפי שנאמר, החלק הרב-ברירתי של הבחינה הוא שאלה 1 המכילה 8 סעיפים. הניתוח של שאלה זו מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציון שאלה 1) ותוצאות המדגם של 300 דפי תשובות של תלמידים (ציוני סעיפים).

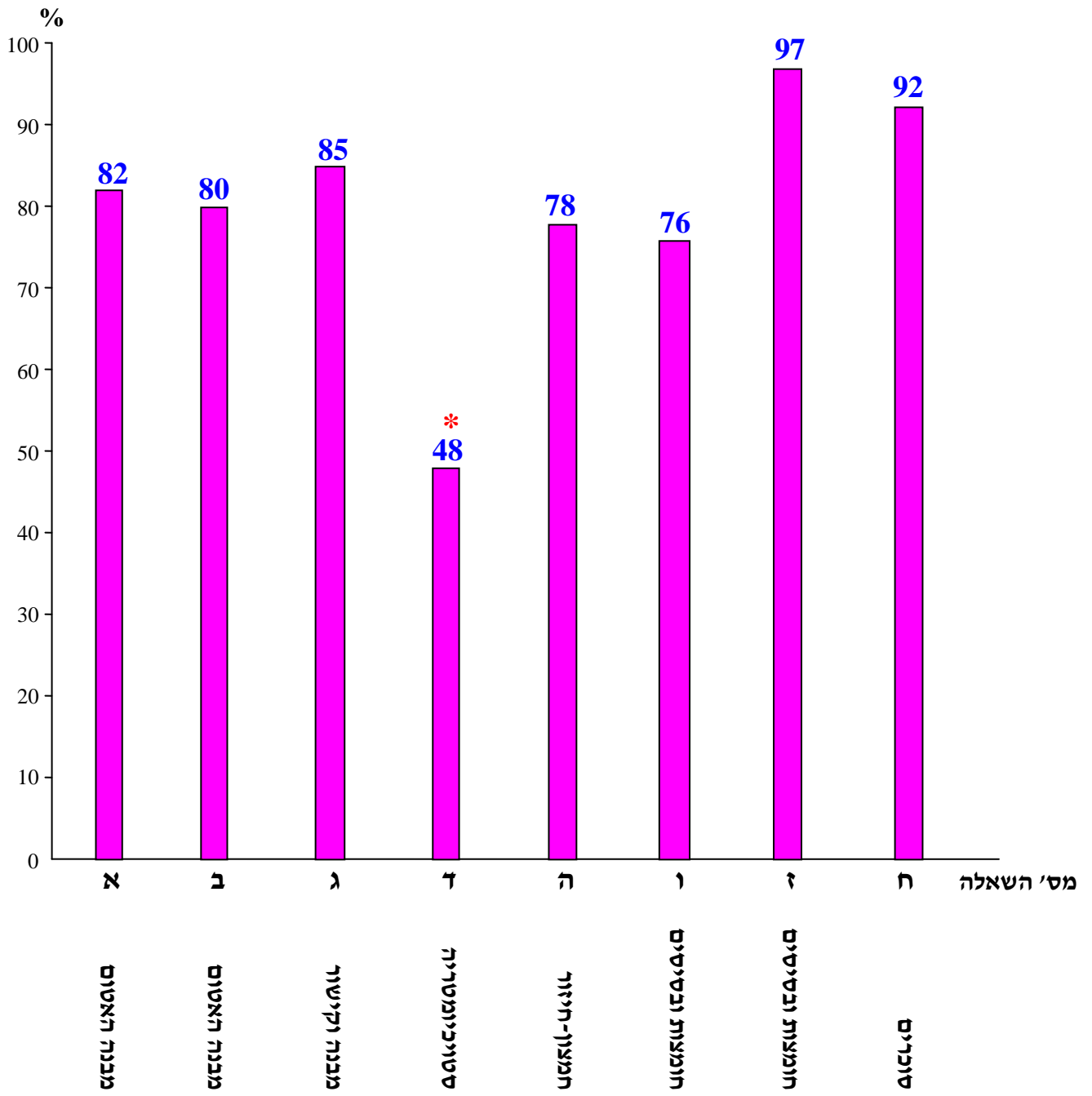
#### ציון ממוצע של שאלה 1 הוא 80

#### פיזור הציונים על-פי הממצאים של מכון סאלד



#### ציונים ממוצעים לסעיפים א'-ח' של שאלה 1, על פי המדגם

סוכרים	חומצות ובסיסים		חמצון- חיזור	סטויכיו- מטריה	מבנה וקישור	מבנה האטום		נושא
	ז	ו				ב	א	
ח	ז	ו	ה	ד	ג	ב	א	סעיף
92	97	76	78	48	85	80	82	ציון
יישום	יישום	אנליזה	יישום	יישום	יישום	יישום	יישום	רמת חשיבה





# שאלה 1

ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 80

## סעיף א' מבנה האטום

ראדון,  $Rn_{(g)}$ , הוא יסוד ממשפחת הגזים האצילים. האיזוטופ  $^{222}_{86}Rn$  נוצר בתהליך פליטה של קרינה רדיואקטיבית. מהו הניסוח הנכון של התהליך שבו נוצר האיזוטופ  $^{222}_{86}Rn$  ?

$^{218}_{84}Po \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \alpha$	.1	10%
$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \alpha$	.2	82%
$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \beta$	.3	3%
$^{223}_{86}Rn \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \beta$	.4	5%

## הנימוק:

בתגובות גרעיניות סכום פרוטונים ונויטרונים במגיבים שווה לסכום פרוטונים ונויטרונים בתוצרים. במהלך הקרינה הרדיואקטיבית מסוג אלפא, מגרעין האטום נפלט חלקיק  $\alpha$  שהוא גרעין של אטום הליום,  $^4_2He$ . במהלך התגובה קטן ב- 2 מספר פרוטונים בגרעין האטום, ומספר נויטרונים קטן ב- 2. 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 כולל מספר פרוטונים + מספר נויטרונים במגיבים ובתוצרים נשאר שווה). התשובה הנכונה היא 2. הניסוח מתאר קרינה רדיואקטיבית מסוג אלפא, שבמהלכה נפלט חלקיק  $^4_2He$  מגרעין של אטום Ra, בגרעין נשארים 86 פרוטונים, זהו גרעין של אטום Rn. מספר פרוטונים במגיבים ובתוצרים שווה, וסך כולל מספר פרוטונים + מספר נויטרונים במגיבים ובתוצרים שווה. מסיח 1 אינו נכון, כי מספר פרוטונים ומספר נויטרונים בגרעין האטום גדלים במהלך התגובה. מסיח 3 אינו נכון, כי השינוי במספר פרוטונים ובמספר נויטרונים במהלך התגובה אינו מתאים לקרינה מסוג בטא. מסיח 4 אינו נכון, כי במהלך התגובה אין שינוי במספר פרוטונים ויש ירידה בסכום פרוטונים ונויטרונים בגרעין. הדבר אינו מתאים לקרינה מסוג בטא.

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ☞ להגדיר את חלקיקים שבאטום: פרוטונים, נויטרונים ואלקטרונים.
- ☞ לזהות איזוטופים של אותו יסוד.
- ☞ להגדיר את סוגי הקרינה הרדיואקטיבית הנפלטת במהלך תגובה גרעינית.
- ☞ להגדיר וליישם את המאפיינים של תגובות גרעיניות מסוגים שונים.
- ☞ לבדוק אם ניסוח של תגובה גרעינית שבה נפלט חלקיק אלפא הוא נכון.
- ☞ לבדוק אם ניסוח של תגובה גרעינית שבה נפלט חלקיק בטא הוא נכון.

### סיבות אפשריות לטעויות:

רוב התלמידים זיהו את הניסוח הנכון המתאר את הקרינה הרדיואקטיבית מסוג אלפא.  
10% מהתלמידים שבחרו במסיח 1, זיהו את סוג הקרינה הרדיואקטיבית, אך לא הפנימו את המאפיינים של תגובות גרעיניות שבהן נפלט חלקיקי אלפא.  
8% מהתלמידים שבחרו במסיחים 3 ו-4, לא ידעו מהם המאפיינים של תגובות גרעיניות שבהן נפלט חלקיקי בטא.

### המלצות:

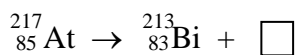
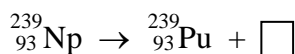
מומלץ להראות לתלמידים את הסרטון "מבנה האטום", שהכינה ד"ר תמר אליאש בהנחיית ד"ר מלכה יאיון, אשר עשוי לעזור לתלמידים להבין את הנושא, ולבקש מהם לענות על השאלות שבסרטון. הסרטון נמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=956>

מומלץ לתרגל עם התלמידים את רישום הניסוחים של תגובות גרעיניות שבמהלכם נפלטת קרינה רדיואקטיבית. מומלץ לבקש מהתלמידים להסביר מה קורה בגרעיני האטומים כשנפלטת קרינה מסוגים שונים. שאלות לדוגמה:

#### שאלה 1

לפניך שני ניסוחים חלקיים של תגובות גרעיניות:

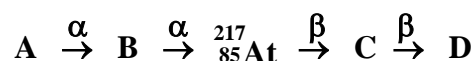


קבע את סוג הקרינה הנפלטת בכל אחת מן התגובות הנתונות והשלם את הניסוחים. הסבר כיצד קבעת את סוגי הקרינה.

#### שאלה 2

התרשים שלפניך מציג את שרשרת התגובות הגרעיניות וסוגי הקרינה הרדיואקטיבית שנפלטת במהלך תגובות אלה.

לכל אחת מאותיות שרירותיות D-A התאם את נוסחת האטום. ציין מספר אטומי ומספר המסה של כל אטום. (הערה: הסימון מעל החץ פירושו שהחלקיק הנ"ל נפלט).



## סעיף ב' מבנה האטום

קבע מהו המשפט הנכון בנוגע לאנרגיית היינון הראשונה ( $E_1$ ) של מגנזיום, Mg, ואנרגיית היינון הראשונה ( $E_1$ ) של סידן, Ca.

80%	1.	$E_1$ של Mg גבוהה מ- $E_1$ של Ca, כי באטום Mg אלקטרוני הערכיות נמצאים ברמת אנרגיה נמוכה יותר.
10%	2.	$E_1$ של Mg גבוהה מ- $E_1$ של Ca, כי בגרעין של אטום Mg יש מספר קטן יותר של פרוטונים.
3%	3.	$E_1$ של Mg נמוכה מ- $E_1$ של Ca, כי באטום Mg אלקטרוני הערכיות נמצאים ברמת אנרגיה נמוכה יותר.
7%	4.	$E_1$ של Mg נמוכה מ- $E_1$ של Ca, כי בגרעין של אטום Mg יש מספר קטן יותר של פרוטונים.

### הנימוק:

גורמים המשפיעים על אנרגיית יינון:

- (1) המרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרון שהאנרגיה שלו היא הגדולה ביותר - נמצא ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר. ככל שמרחק זה גדול יותר, אנרגיית האלקטרון גדולה יותר, המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין גרעין האטום חלשה יותר, ואנרגיית היינון נמוכה יותר.
  - (2) מספר פרוטונים בגרעין האטום. ככל שמספר פרוטונים בגרעין גדול יותר, המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין גרעין האטום חזקה יותר, ואנרגיית היינון גבוהה יותר.
- השפעת הגורם הראשון על אנרגיית יינון גדולה מזו של הגורם השני, שאליו מומלץ להתייחס כשמשווים בין אנרגיות יינון של שני אטומים, שבהם המרחק בין גרעין לאלקטרון שיוצא מן האטום דומה.

התשובה הנכונה היא 1.

אנרגיית היינון הראשונה של אטום מגנזיום גבוהה מזו של אטום סידן, כי באטום Mg יש שתי רמות אנרגיה מאוכלסות ובאטום Ca יש שלוש רמות אנרגיה מאוכלסות. המרחק בין גרעין אטום Mg לבין האלקטרון שיוצא קטן יותר, המשיכה בינו לבין גרעין האטום חזקה יותר, לכן יש להשקיע אנרגיה גדולה יותר כדי להוציא אלקטרון מן האטום.

מסיו 2 אינו נכון. הקביעה נכונה, אך ההסבר שגוי.

מסיו 3 ו-4 אינם נכונים, כי הקביעות וההסברים אינם מתאימים למגמות בהשתנות של אנרגיית יינון בהתאם למיקום האטומים בטבלה המחזורית ובהתאם לגורמים המשפיעים על אנרגיית יינון.

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

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

### סיבות אפשריות לטעויות:

רוב התלמידים קבעו נכון שאנרגיית היינון הראשונה של אטום מגנזיום גבוהה מזו של אטום סידן על פי הגורם העיקרי המשפיע על אנרגיית יינון.

10% מהתלמידים, שבחרו במסלח 2, קבעו נכון שאנרגיית היינון הראשונה של אטום מגנזיום גבוהה מזו של אטום סידן, אך התקשו בקביעת גורם המשפיע חזק יותר על אנרגיית יינון.

10% מהתלמידים שבחרו במסלחים 3 ו-4 לא הפנימו את אופן השפעה של כל אחד מהגורמים על אנרגיית יינון.

### המלצות:

מומלץ להראות לתלמידים את הסרטון "אנרגיית יינון", שהכינה ד"ר תמר אליאש בהנחיית ד"ר מלכה אייון, אשר עשוי לעזור לתלמידים להבין את הנושא, ולבקש מהם לענות על השאלות שבסרטון. הסרטון נמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=956>

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

### שאלה לדוגמה:

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

א.  $K > Na > Cl > Ne$

ב.  $Ne > Na > K > Cl$

ג.  $K > Na > Ne > Cl$

ד.  $Ne > Cl > Na > K$

## סעיף ג' מבנה וקישור

לפניך נוסחאות של חמש מולקולות :



המבנה המרחבי של כל אחת מן המולקולות הוא טטראדר.

לאיזו/לאילו מבין המולקולות הנתונות יש רק דו-קטבים רגועים?

ל- $\text{CH}_4$	.1	2%
ל- $\text{CH}_4$ ו- $\text{CF}_4$	.2	85%
ל- $\text{CH}_4$ , $\text{CH}_2\text{F}_2$ ו- $\text{CF}_4$	.3	5%
ל- $\text{CH}_3\text{F}$ , $\text{CH}_2\text{F}_2$ ו- $\text{CHF}_3$	.4	8%

### הנימוק:

התשובה הנכונה היא 2.

המולקולות שנוסחאותיהן  $\text{CH}_4$  ו-  $\text{CF}_4$  אינן קוטביות, מכיוון שבכל אחת מן המולקולות האלה לאטום הפחמן המרכזי קשורים אטומים זהים, ולכן חלוקת מטען שווה על פני המולקולה.

מסיח 1 אינו נכון, כי הוא לא כולל את נוסחת המולקולה  $\text{CF}_4$ .

מסיחים 3 ו- 4 אינם נכונים, כי בכל אחת מהמולקולות שנוסחאותיהן  $\text{CH}_3\text{F}$ ,  $\text{CH}_2\text{F}_2$  ו-  $\text{CHF}_3$  לאטום הפחמן המרכזי קשורים אטומים שונים. נוצרת חלוקת מטען שונה על פני המולקולה. לכן לכל אחת מהמולקולות האלה יש דו-קוטב קבוע.

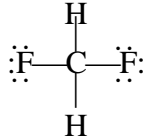
**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⏪ לקבוע אם מולקולה, שצורתה טטראדר, היא קוטבית (בעלת דו-קוטב קבוע) או לא קוטבית (חסרת דו-קוטב קבוע).
- ⏪ להסביר שאם במולקולה, שצורתה טטראדר, לאטום המרכזי קשורים אטומים זהים, חלוקת מטען שווה על פני המולקולה, ולכן אין לה דו-קוטב קבוע.
- ⏪ להסביר שאם במולקולה, שצורתה טטראדר, לאטום המרכזי קשורים אטומים שונים, חלוקת מטען שונה על פני המולקולה, ולכן יש לה דו-קוטב קבוע.

### סיבות אפשריות לטעויות:

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לזהות את המולקולות שאין להן דו-קטבים קבועים. 8% מהתלמידים בחרו במסיח 4. הם שגו כנראה בהבנת השאלה ובחרו בנוסחאות של מולקולות שיש להן דו-קטבים קבועים. יתכן שסברו שהמונח "דו-קוטב רגעי" מתייחס למולקולות קוטביות. 5% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3, זיהו נכון את המולקולות  $\text{CH}_4$  ו- $\text{CF}_4$  כאינן קוטביות, אך טעו בקביעת הקוטביות של המולקולה  $\text{CH}_2\text{F}_2$ . טעות זו נובעת מהיכרות עם שרטוט דו-ממדי של מולקולה זו. שרטוט זה מטעה, כי יוצר רושם שהמולקולה אינה קוטבית (שהמולקולה סימטרית):



תלמיד שאינו מתייחס למבנה מרחבי של מולקולה, שצורתה טטראדר, קובע בטעות שהמולקולה אינה קוטבית.

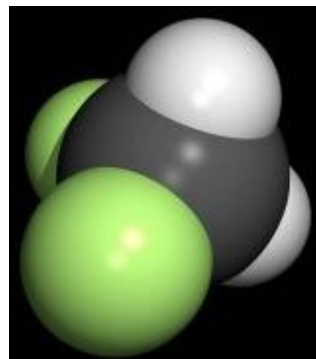
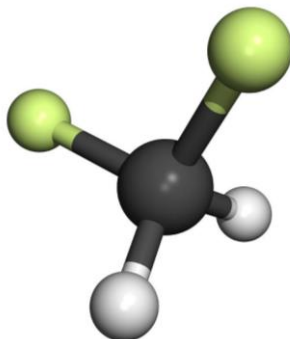
2% מהתלמידים, שבחרו במסיח 1, ידעו כנראה שהמולקולה  $\text{CH}_4$  אינה קוטבית, אך לא הצליחו לזהות מולקולה נוספת שאינה קוטבית -  $\text{CF}_4$ .

### המלצות:

מומלץ לתרגל עם התלמידים שרטוט נוסחאות מבנה של מולקולות וקביעת קוטביות שלהן. ניתן לתרגל קביעה של קוטביות מולקולות דרך היישומון שפותח במסגרת פרויקט PhET של אוניברסיטת קולורדו. הקישור ליישומון מופיע בכתבה הנמצאת באתר של מכון דוידסון, מכון ויצמן למדע, במסגרת דוידסון און ליין, שנכתבה על ידי ד"ר אבי סאייג ועוסקת בקוטביות מולקולות:

<http://goo.gl/YQbl6y>

בנוסף, מומלץ לבנות עם התלמידים מודלים של מולקולות כגון  $\text{CH}_2\text{F}_2$ , העוזרים לתלמידים לקבוע שמולקולות מסוג זה הן קוטביות.



## סעיף ד' סטויכיומטריה

בזמן מנוחה גוף האדם קולט מן הריאות במשך דקה 2.6 גרם חמצן,  $O_2(g)$ .  
מהו המספר של אטומי חמצן שגוף האדם קולט בדקה?  
נתון: במול אחד של חלקיקים יש  $6.02 \cdot 10^{23}$  חלקיקים.

$\frac{6.02 \cdot 10^{23}}{0.081}$	.1	2%
$\frac{6.02 \cdot 10^{23}}{0.162}$	.2	3%
$6.02 \cdot 10^{23} \cdot 0.081$	3.	47%
$6.02 \cdot 10^{23} \cdot 0.162$	4.	48%

### הנימוק:

התשובה הנכונה היא 4.

המסה המולרית של חמצן,  $O_2(g)$ :  
 $\frac{32 \text{ gr}}{\text{mol}}$   
מספר המולים של מולקולות חמצן,  $O_2(g)$ , ב- 2.6 גרם:  $\frac{2.6 \text{ gr}}{32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.081 \text{ mol}$   
המספר של מולקולות חמצן,  $O_2$ , שגוף האדם קולט בדקה:  $6.02 \cdot 10^{23} \cdot 0.081$   
המספר של אטומי חמצן, O, שגוף האדם קולט בדקה:  $6.02 \cdot 10^{23} \cdot 0.081 \cdot 2 = 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 0.162$

או:

המסה של מול אטומי חמצן:  
 $\frac{16 \text{ gr}}{\text{mol}}$   
מספר המולים של אטומי חמצן ב- 2.6 גרם:  $\frac{2.6 \text{ gr}}{16 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.162 \text{ mol}$   
המספר של אטומי חמצן שגוף האדם קולט בדקה:  $6.02 \cdot 10^{23} \cdot 0.162$

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ◀ לבצע חישובים סטויכיומטריים.
- ◀ לקשר בין מסת המדגם של החומר הנתון למסה המולרית של החומר וגם למספר המולים של החומר במדגם.
- ◀ לקשר בין מספר המולים של החומר במדגם לבין מספר האטומים במדגם זה.

## סיבות אפשריות לטעויות:

הציון נמוך מאוד. רק 48% מהתלמידים ביצעו את החישובים כנדרש. 47% מהתלמידים בחרו במסיח 3. תלמידים אלה אינם מבחינים בין מול מולקולות החומר לבין מול אטומים. יתכן והם לא שמו לב שהשאלה מתייחסת למספר אטומי חמצן ולא למספר מולקולות חמצן (למרות ההדגשה). 5% מהתלמידים, שבחרו במסיחים 1 ו-2, התבלבלו בהתאמת הנוסחה הנדרשת לחישוב מספר חלקיקים במדגם. במקום לכפול במספר אבוגדרו הם חישובו על ידי חילוק מספר אבוגדרו במספר המולים. התלמידים, שבחרו במסיח 2, התייחסו לאטומי חמצן, אך לא הצליחו לבצע נכון את החישוב.

## המלצות:

מומלץ לתת לתלמידים תרגילים המכילים חישובים של מספר חלקיקים שונים. תרגילים לדוגמה:

1. נתון מדגם של 8.5 גרם אמוניה,  $\text{NH}_3(\text{g})$ .

- כמה מול מולקולות אמוניה מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- כמה מול אטומי חנקן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- כמה מול אטומי מימן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- כמה אטומי חנקן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- כמה אטומי מימן מצויים במדגם? פרט את חישוביך.
- כמה מול אטומים בסה"כ יש במדגם? פרט את חישוביך.

תשובות: א. 0.5 מול מולקולות אמוניה ד.  $3.01 \cdot 10^{23}$  אטומי חנקן  
ב. 0.5 מול אטומי חנקן ה.  $9.03 \cdot 10^{23}$  אטומי מימן  
ג. 1.5 מול אטומי מימן ו. 2 מול אטומים

2. במדגם של מים,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , יש  $1.204 \cdot 10^{23}$  אטומי מימן.

- כמה אטומי חמצן יש במדגם? פרט את חישוביך.
- כמה מולקולות מים יש במדגם? פרט את חישוביך.
- כמה מולים של מים יש במדגם? פרט את חישוביך.
- מהי מסת המדגם? פרט את חישוביך.

תשובות: א.  $6.02 \cdot 10^{22}$  אטומי חמצן ד. 0.1 מול מים  
ב.  $6.02 \cdot 10^{22}$  מולקולות מים ה. 1.8 גרם



## סעיף ה' חמצון-חיזור

מגנזיום,  $Mg_{(s)}$ , מגיב עם יוני ההידרוניום,  $H_3O^+_{(aq)}$ , על פי התגובה:



מהו ההיגד הנכון בנוגע לתגובה זו?

- |    |  |     |
|----|--|-----|
| 1. | מימן, $H_{2(g)}$ , הוא תוצר של חמצון.                      | 4%  |
| 2. | יוני $Mg^{2+}_{(aq)}$ הם תוצר של חיזור.                    | 7%  |
| 3. | אלקטרונים עוברים מיוני $H_3O^+_{(aq)}$ לאטומי $Mg$ .       | 11% |
| 4. | כאשר 0.15 מול $Mg_{(s)}$ מגיבים, עוברים 0.3 מול אלקטרונים. | 78% |

### הנימוק:

התשובה הנכונה היא 4.

על פי ניסוח התגובה הנתון, מגנזיום עובר חמצון: דרגת החמצון של אטומי מגנזיום היא (0) ודרגת החמצון של יוני מגנזיום היא (+2).

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, כשמגיב 1 מול  $Mg_{(s)}$ , עוברים ממנו ליוני  $H_3O^+_{(aq)}$  2 מול אלקטרונים. אם מגיבים 0.15 מול  $Mg_{(s)}$ , עוברים: 0.30 מול אלקטרונים.

מסיח 1 אינו נכון, כי מימן הוא תוצר של חיזור: דרגת החמצון של אטומי מימן ביוני  $H_3O^+_{(aq)}$  היא (+1), ודרגת החמצון של אטומי המימן במולקולות המימן היא (0).

מסיח 2 אינו נכון, כי כפי שנקבע בנימוק לתשובה 4, יוני  $Mg^{2+}_{(aq)}$  הם תוצר של חמצון.

מסיח 3 אינו נכון, כי כפי שנקבע בנימוק לתשובה 4, אלקטרונים עוברים מ-  $Mg_{(s)}$  ליוני  $H_3O^+_{(aq)}$ .

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ליישם את ההגדרות הנוגעות לתהליכי חמצון-חיזור כדי לקבוע עבור תגובת חמצון-חיזור:
  - תהליך שעובר מגיב מסוים: חמצון או חיזור.
  - כיוון המעבר של אלקטרונים.
  - מספר המולים של אלקטרונים אותם מאבד או מקבל 1 מול מגיב.
- ז.א. לקשר בין מחזור שעובר תהליך חמצון ולכן התוצר הוא תוצר של חמצון, ובין מחמצן שעובר חיזור ולכן התוצר הוא תוצר של חיזור.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים - לחשב את מספר המולים של אלקטרונים שעוברים בניסוי בו מגיב מספר המולים הנתון של מגיב.

### סיבות אפשריות לטעויות:

11% מהתלמידים בחרו במסוּח 3. תלמידים אלה מתקשים בקביעת הכיוון של מעבר אלקטרוני בתגובת חמצון-חיזור, כי אינם מבחינים בין החלקיקים שמאבדים אלקטרונים לבין החלקיקים שקולטים אלקטרונים.

11% מהתלמידים בחרו במסוּחים 1 ו-2. תלמידים אלה מתקשים להבחין בין תהליך חמצון לבין תוצר של תהליך חמצון, בין תהליך חיזור לבין תוצר תהליך חיזור.

### המלצות:

מומלץ לתרגל את הנושא חמצון-חיזור בכלל ומעבר אלקטרוני במהלך התגובה בפרט. אפשר להסתייע בשאלות מבחינות הבגרות ובפתרונות שניתנו בחוברות של ניתוח בגרות:

תשע"ד: שאלה 7, תת-סעיף ג ii

תשע"ג: שאלה 7, סעיף ב

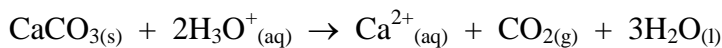
תשע"א: שאלה 6, תת-סעיף ג ii

תשס"ט: שאלה 4, תת-סעיף ב iii

### סעיף ו' חומצות ובסיסים

סלע גיר מכיל אחוז גבוה של סידן פחמתי,  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ .

נתונה התגובה:



מהי הקביעה הנכונה?

1. 4% אפשר להבחין בין תמיסת  $\text{HCl}(\text{aq})$  לבין תמיסת  $\text{HNO}_3(\text{aq})$  על פי התגובה

שלהן עם  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ .

2. 76% כאשר מטפטפים תמיסה מימית של חומצה על סלע גיר, מבחינים

בהיווצרות בועות.

3. 6% אפשר להבחין בין המוצקים  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  ו- $\text{MgCO}_3(\text{s})$  על פי התגובה שלהם

עם תמיסת  $\text{HCl}(\text{aq})$ .

4. 14% התגובה הנתונה משמשת לזיהוי הגז פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_2(\text{g})$ .

## הנימוק:

התשובה הנכונה היא 2.

סידן פחמתי הוא מלח קשה תמס המכיל יוני  $\text{CO}_3^{2-}$ , הפועלים כבסיס, ולכן מגיבים עם יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq). בתגובה זו נוצרת חומצה פחמתית,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (aq), המתפרקת למים ופחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_2$  (g), שמסיסותו במים נמוכה, ולכן נוצרות בועות.

מסיח 1 אינו נכון, כי אבן גיר מגיב עם יוני הידרוניום, ז.א. עם תמיסה מימית של כל חומצה.

(קצב התגובה בתגובות של שתי החומצות יהיה מהיר, כי שתיהן חומצות חזקות.) בתגובות של שתי החומצות עם אבן גיר נוצרות בועות של הגז - פחמן דו-חמצני.

מסיח 3 אינו נכון, כי שני המלחים מכילים יוני  $\text{CO}_3^{2-}$ , שמגיבים עם יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) עם היווצרות הגז - פחמן דו-חמצני.

מסיח 4 אינו נכון, כי הגז  $\text{CO}_2$  (g) הוא חסר צבע, ולכן אי אפשר לזהות אותו על פי התגובה הנתונה.

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

## כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ☞ להגדיר מהי חומצה ומהו בסיס.
- ☞ לזהות את החלקיקים הפועלים בתגובה כחומצה.
- ☞ לזהות את החלקיקים הפועלים בתגובה כבסיס.
- ☞ להכיר את התגובות האופייניות לחומצות, כולל תגובה עם אבן גיר.
- ☞ להבחין בגז שנוצר בתגובה המתרחשת בתמיסה מימית, כשהגז אינו מתמוסס במים.
- ☞ להציע כיצד להבחין בין חומצות שונות ובין מלחים שונים.

## סיבות אפשריות לטעויות:

- 14% מהתלמידים בחרו במסיח 4. תלמידים אלה מתקשים בהבנת המושג "זיהוי חומר" ולא מבחינים בין תוצר התגובה לבין החומר שיש להוסיף אליו על מנת לזהותו.
- 6% מהתלמידים בחרו במסיח 3. תלמידים אלה לא ידעו ששני המלחים הנתונים מכילים יוני  $\text{CO}_3^{2-}$ , שמגיבים עם יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq). במהלך תגובה זו נוצר הגז - פחמן דו-חמצני.
- 4% מהתלמידים שבחרו במסיח 1 לא מכירים היטב את תכונות החומצות. בתגובות של שתי החומצות הנתונות עם אבן גיר נוצרות בועות של הגז - פחמן דו-חמצני.

## המלצות:

מומלץ לבצע את הניסוי המתואר בשאלה: לטפטף תמיסה מימית של חומצה על אבן גיר ולעקוב אחרי התרחשות התגובה - היווצרות בועות של גז - פחמן דו-חמצני. כמו כן אפשר לבצע תגובות נוספות המתוארות במסיחים 1 ו-3 ולהיווכח שבתגובות אלה לא מבחינים בין החומרים. אפשר גם לדון עם התלמידים כיצד לזהות את הגז פחמן דו-חמצני ואף לבצע ניסוי מתאים.

## סעיף ז' חומצות ובסיסים

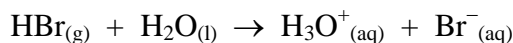
הכינו תמיסה של חומצה גפרתית,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ , ה-pH של התמיסה היה  $\text{pH} = 2$ . הוסיפו לתמיסה חומר מסוים, ובעקבות זאת ה-pH של התמיסה ירד. מהו החומר שהוסיפו לתמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$  ?

<b>HBr(g)</b>	<b>.1</b>	<b>97%</b>
NH <sub>3(g)</sub>	.2	1%
H <sub>2</sub> O(l)	.3	1%
NaOH(s)	.4	1%

## הנימוק:

התשובה הנכונה היא **1**.

ה-pH התמיסה ירד, כלומר התמיסה חומצית יותר - הריכוז יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ , בה גבוה יותר. מבין החומרים הנתונים, רק הוספת  $\text{HBr}_{(\text{g})}$  תגרום לעלייה בריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה.  $\text{HBr}_{(\text{g})}$  מגיב עם מים על פי התגובה:



מדובר בהוספת גז ולכן השינוי בנפח התמיסה זניח.

מסיח 2 אינו נכון, כי אמוניה מגיבה עם מים כבסיס, נוצרים יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  המגיבים עם יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  ליצירת מים. הריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה יורד, ו-pH התמיסה עולה.

מסיח 3 אינו נכון, כי ה-pH המים הוא ניטרלי. הוספת מים לתמיסה היא מיהול שבמהלכו ריכוז היונים בתמיסה יורד. הריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה יורד, ו-pH התמיסה עולה.

מסיח 4 אינו נכון, כי  $\text{NaOH}_{(\text{s})}$  הוא חומר יוני שמתמוסס במים תוך פירוק ליונים. יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  מגיבים עם יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  ליצירת מים. הריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה יורד, ו-pH התמיסה עולה.

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

### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקשר בין ריכוז יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , בתמיסה לבין pH התמיסה: שינוי הריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  בתמיסה גורם לשינוי של pH התמיסה.
- ◀ להכיר את סוגי החומרים הפועלים כחומצה או כבסיס בתמיסה מימית.
- ◀ לנסח את התהליכים המתרחשים כאשר מכניסים למים חומרים מולקולריים שמגיבים עם מים כחומצות או כבסיסים.
- ◀ לנסח את תהליכי ההמסה של חומרים יוניים אשר יוצרים תמיסה בסיסית.

### סיבות אפשריות לטעויות:

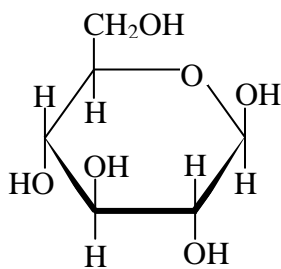
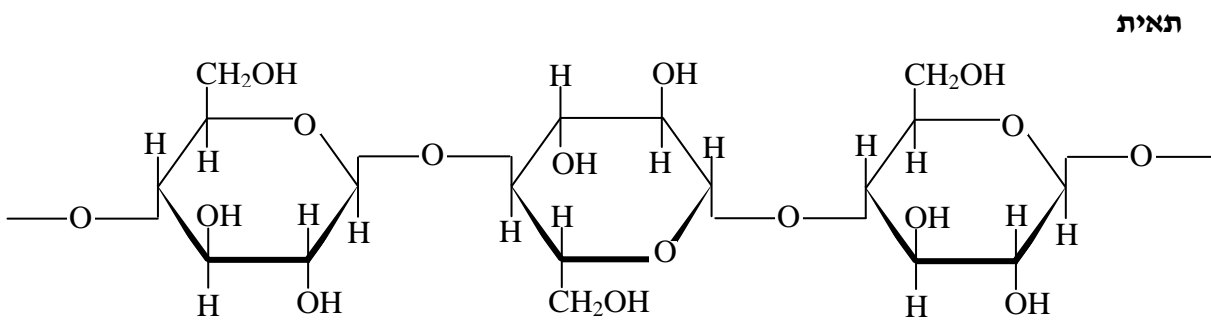
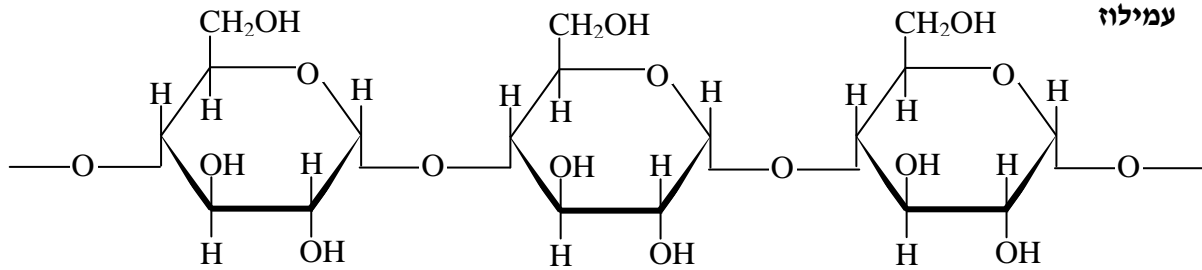
הציון גבוה מאוד. כמעט כל התלמידים הצליחו לקבוע מהו החומר שהוספתו לתמיסה מימית גורמת לירידה של pH התמיסה. התלמידים ידעו כיצד החומרים הנתונים מתנהגים במים - מהם התהליכים המתרחשים כשמוסיפים כל אחד מהחומרים האלה למים, ידעו לקשר בין ריכוז יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  בתמיסה לבין pH התמיסה. התלמידים המעטים, שבחרו במסיחים 2, 3 ו-4, מתקשים בקביעת סוג הפעילות של החומרים השונים בתמיסה מימית. יש תלמידים הסבורים שירידה ב-pH התמיסה היא הירידה בחומציות התמיסה.

### המלצות:

מומלץ לתת לתלמידים שאלות המתייחסות להוספה למים ו/או לתמיסות מימיות ניטרליות – חומרים שונים, הפועלים כחומציות או בסיסיות, ולהשפעה של ההוספה על מספר חלקיקים של החומרים המומסים, על ריכוזם ועל שינויים ב-pH התמיסה לאחר ההוספה. כמו כן אפשר לבצע ניסויים - הוספת חומרים שונים לתמיסות מימיות של חומצות ולמדוד pH של התמיסות לפני ואחרי הוספת החומר.

## סעיף ח' סוכרים

לפניך נוסחאות הייזורת של קטעים משתי מולקולות :  
קטע ממולקולה של עמילוז (מרכיב של עמילן) וקטע ממולקולה של תאית.



נתונה נוסחת הייזורת של  $\beta$  גלוקוז :

לפניך שלושה היגדים :

- I. המולקולה של עמילוז והמולקולה של תאית בנויות מיחידות של גלוקוז.
- II. במולקולה של עמילוז וגם במולקולה של תאית תבנית הקשר הגליקוזידי היא  $\alpha(1-4)$ .
- III. בין המולקולות של עמילוז נוצרים קשרי מימן וגם בין מולקולות של תאית נוצרים קשרי מימן.

מהם ההיגדים הנכונים?

II - I	.1	1%
III - II	.2	2%
<b>III - I</b>	<b>.3</b>	<b>92%</b>
III - II, I	.4	5%

## הנימוק:

התשובה הנכונה היא 3, כי ההיגדים הנכונים הם I ו-III. תאית ועמילו הם רב סוכרים שהמולקולות שלהם בנויות מיחידות גלוקוז. בין המולקולות של עמילו נוצרים קשרי מימן וגם בין המולקולות של תאית נוצרים קשרי מימן - בין קבוצות הידרוקסיל הנמצאות במולקולות של שני החומרים. היגד II אינו נכון, כי במולקולה של עמילו תבנית הקשר הגליקוזידי היא  $(1-4)\alpha$ , ובמולקולה של תאית תבנית הקשר הגליקוזידי היא  $(1-4)\beta$ .

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

## כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ☞ לקבוע מאילו יחידות חד-סוכר בנויות מולקולות של רב-סוכר.
- ☞ להבחין בין תבניות של קשרים גליקוזידיים  $\alpha$  ו- $\beta$ .
- ☞ לקבוע את תבנית הקשר הגליקוזידי ברב-סוכר, כולל מקרים שהוא מכיל טבעות מסובבות וטבעות הפוכות.
- ☞ לקבוע שבין המולקולות של רב-סוכר קיימים קשרי מימן ולהסביר את קיומם.

## סיבות אפשריות לטעויות:

הציון גבוה. התלמידים שטעו לא הבחינו בכך שבתאית הטבעת השנייה הפוכה או שאינם מכירים את ההבדל בין תבניות  $\alpha$ -ל- $\beta$ , ולכן חשבו שגם בתאית הקשר הגליקוזידי הוא  $(1-4)\alpha$ . מכיוון שדי ברור שמשפטים I ו-III נכונים, רוב התלמידים שטעו בחרו בתשובה 4. הנכונות של משפט III ידועה למי שלמד מבנה וקישור וקבוצות פונקציונאליות, גם אם אינו מכיר היטב את הפרק של סוכרים, ולכן מיעוט קטן של תלמידים בחר בתשובה 1. אלו שבחרו בתשובה 2 לא ידעו לזהות שהטבעת ההפוכה היא גלוקוז.

## המלצות:

תרגול של שרטוט קשרים גליקוזידיים בתבניות שונות ובנקודות קישור שונות, כולל טבעות הפוכות ומסובבות.

## ניתוח התוצאות של שאלות פתוחות בבחינת הבגרות תשע"ה

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

בטבלה הבאה מופיעים ממצאים סטטיסטיים שדווחו על-ידי מכון סאלד. ממצאים אלה מתבססים על **10297** נבחנים.

8	7	6	5	4	3	2	מס' שאלה	
כימיה של מזון	חומצות ובסיסים וסטויכיו-מטריה	תכונות חומרים, מצב גז וסטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור וסטויכיו-מטריה	סטויכיו-מטריה	מבנה וקישור, תכונות חומרים וחמצון-חיזור	ניתוח קטע ממאמר מדעי	נושא	
<b>68</b>	<b>84</b>	<b>68</b>	<b>65</b>	<b>78</b>	<b>68</b>	<b>71</b>	ציון ממוצע	
47%	70%	34%	15%	61%	70%	100%	% תלמידים שבחרו בשאלה	
30	64	28	36	51	29	35	85-100	% תלמידים שציונם
43	27	47	27	34	45	43	55-84	
27 (14)	9 (5)	26 (13)	37 (25)	15 (8)	26 (13)	22 (12)	0-54 (0-40)	

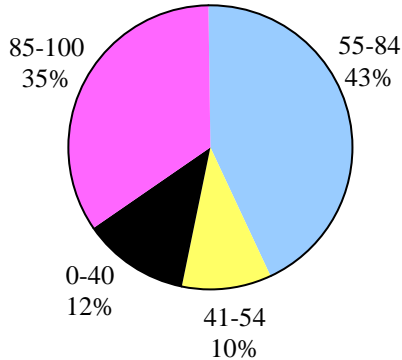
**התשובות לשאלות שמופיעות בחוברת זו מבוססות על המחונן למעריכי בחינת הבגרות ומיועדות למורים. תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר!**



## שאלה 2

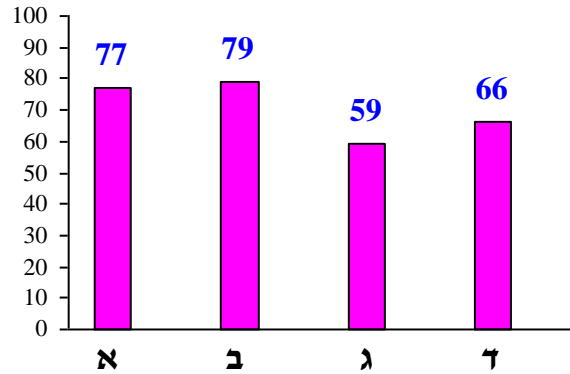
### ניתוח קטע ממאמר מדעי - חובה

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 71

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

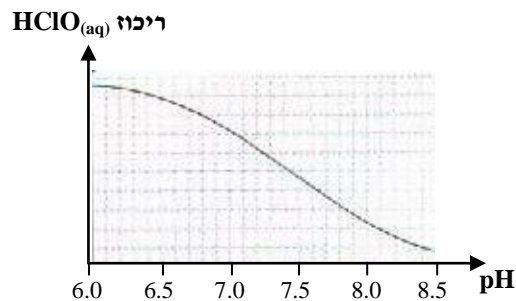
- לנתח מידע חדש המוצג בקטע ממאמר מדעי לא מוכר ולהסיק מסקנות על סמך מידע זה.
- ליישם את המידע הנלמד מהקטע ממאמר מדעי.
- לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות.
- לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולה.
- לקבוע את המחמצן ואת המחזור בתגובת חמצון-חיזור.
- למיין את התגובות לסוגים: תגובות חומצה-בסיס, תגובות חמצון-חיזור, תגובות מסוגים נוספים.
- לציין גורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים.
- לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים, כגון טמפרטורת רתיחה.
- לנתח טקסט מילולי ולקשר בין מידע מילולי ומידע הנתון בגרף.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

## לשחות בתוך כימיה

בְּרָכוֹת שְׁחִייה הֵן מְקוּם לְבִילוּי, לְהִנָּהוּ וּלְפַעֲיִלוֹת גּוֹפְנִית. בְּמִים שֶׁבְּרָכוֹת הַשְּׁחִייה עֲלוּלִים לְהִתְרַבּוֹת חַיִּידָקִים וּלְכֶן, כְּדֵי לְשַׁמּוֹר עַל בְּרִיאוֹת הַמִּתְרַחֲצִים, מִים אֵלֶּה עוֹבְרִים חִטּוּי. בְּאַחַת מִשִּׁטּוֹת הַחִטּוּי מוֹסִיפִים לְמִי הַבְּרָכָה תְּמִיסָה מִימִית מְרוֹכֶזֶת שֶׁל נֶתְרָן תֵּת-כְּלוֹרִיתִי,  $\text{NaClO}_{(aq)}$ . בְּתְּמִיסָה זוֹ יֵשׁ יוֹנֵי  $\text{Na}^+_{(aq)}$ , יוֹנֵי  $\text{ClO}^-_{(aq)}$  וְכֵן מוֹלְקוּלוֹת שֶׁל חוֹמֶצָה תֵּת-כְּלוֹרִיתִית,  $\text{HClO}_{(aq)}$ . הַחוֹמֵר הַפְּעִיל הַפּוֹגֵעַ בְּחַיִּידָקִים הוּא  $\text{HClO}_{(aq)}$ . כְּכֵל שְׂרִיכוֹז  $\text{HClO}_{(aq)}$  בְּמִי הַבְּרָכָה גְבוּהָ יוֹתֵר, הַחִטּוּי יַעֲיֵל יוֹתֵר. הַרִיכוּז שֶׁל  $\text{HClO}_{(aq)}$  תְּלוּי, בֵּין הֵיתֵר, ב-  $\text{pH}$ . הַגְּרָף שֶׁלִּפְנִיךְ מֵתָאֵר בְּאוֹפֵן סְכֵמָתִי אֵת הַשְּׁפַעַת הַ-  $\text{pH}$  עַל הַרִיכוּז שֶׁל  $\text{HClO}_{(aq)}$  בְּמִי הַבְּרָכָה.



בְּבְּרָכוֹת שְׁחִייה שׁוֹמְרִים עַל תְּחוּם  $\text{pH}$  שֶׁבֵּין 7.2 ל-7.4. בְּעֵרְכֵי  $\text{pH}$  אֲחֵרִים מִי הַבְּרָכָה גּוֹרְמִים לְגִירוּיִים בְּעוֹר וּבְעֵינָיִים.

לְעֵתִים בְּמִי הַבְּרָכָה יֵשׁ חוֹמֶצָה אֹרִיתִית,  $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3_{(aq)}$ , תְּרֻכּוֹבַת שְׁמֻקּוֹרָה בְּזִיעָה וּבְעִיקָר בְּשֶׁתֵּן שֶׁל הַמִּתְרַחֲצִים. חוֹמֶצָה אֹרִיתִית מְגִיבָה עִם  $\text{HClO}_{(aq)}$ , וּבְעַקְבוֹת זֹאת נּוֹצְרִים, בֵּין הֵיתֵר, חֲנֻקָּן תֵּלֶת-כְּלוֹרִי,  $\text{NCl}_3_{(l)}$ , שֶׁהוּא נוֹזֵל נְדִיף, וְהַגּוֹז צִיאֲנוֹגֵן כְּלוֹרִי,  $\text{CNCl}_{(g)}$ . חוֹמְרִים אֵלֶּה גּוֹרְמִים לְגִירוּיִים בְּדַרְכֵי הַנְּשִׁימָה, בְּעוֹר וּבְעֵינָיִים, וְאַחֲרָאִיִּים לְרִיחַ הָאוֹפִיִּינִי שֶׁל בְּרָכוֹת הַשְּׁחִייה, רִיחַ הַמִּיּוּחַס בְּטַעוֹת לְעוֹדֵף שֶׁל חוֹמֵר חִטּוּי בְּמִים.

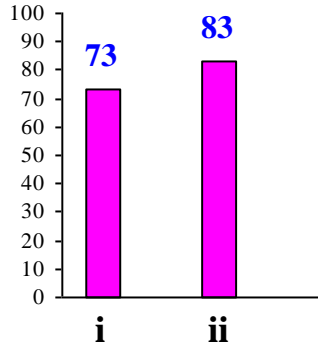
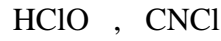
לְמַעַן בְּרִיאוֹת הַמִּתְרַחֲצִים חַיִּיבִים לְשַׁמּוֹר בְּקִפְדָּנוֹת עַל תְּחוּם הַ-  $\text{pH}$ , עַל רִיכוּז מֵתָאִים שֶׁל הַחוֹמֵר הַפְּעִיל וְעַל רִיכוּז נְמוּךְ שֶׁל תּוֹצְרֵי הַתְּגוּבוֹת שֶׁל חוֹמֶצָה אֹרִיתִית. שְׁמִירָה עַל אֵלֶּה וְהַתְּנָהוּגוֹת אַחֲרָאִית שֶׁל הַמִּתְרַחֲצִים יִבְטִיחוּ הִנָּהוּ מֵהַשְּׁהוֹת בְּבְּרָכָה.

מְעוּבַד עַל פִּי:

1. "Swimming pool urine combines with chlorine to pose health risks", Science Daily, April, 2014
2. <http://www.pahlen.com/users-guide/ph-and-chlorine>

### סעיף א' (הציון 77)

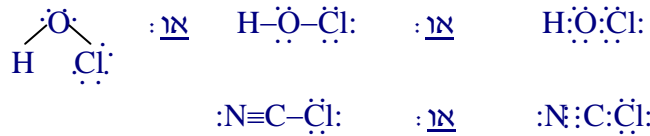
לפניך נוסחאות של מולקולות של שניים מן החומרים המוזכרים בקטע :



### תת-סעיף i (הציון 73)

רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית לכל אחת מן המולקולות.

**התשובה:**



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. הטעויות האופייניות ברישום של נוסחאות ייצוג אלקטרוניות הן אי-רישום אלקטרונים לא קושרים, קביעה שגויה ברישום של נוסחת ייצוג אלקטרונית - אילו אטומים קשורים ביניהם, רישום שגוי של קשרים קוולנטיים כגון קשר יחיד במקום קשר משולש, קשר כפול במקום קשר יחיד:

- $\text{:N-C-Cl:}$
- $\text{:C=N=Cl}$
- $\text{O-C-H}$

**המלצות:**

מומלץ ללוות את התרגול של רישום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות בבניית מודלים של מולקולות שונות.

### תת-סעיף ii (הציון 83)

קבע את דרגת החמצון של אטום כלור, Cl, בכל אחת מן המולקולות.

## התשובה:



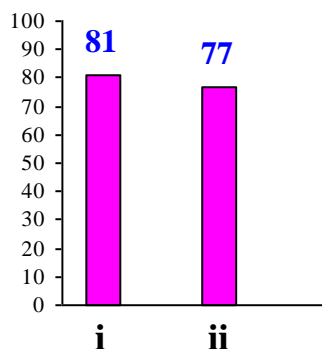
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את דרגת החמצון של אטום כלור במולקולות הנתונות. יחד עם זאת, חלק מהתלמידים טעו בקביעת דרגת החמצון של אטום כלור במולקולה CNCl:

- $\text{CNCl}$   
 $\textcircled{+1}$
- $\text{CNCl}$   
 $\textcircled{+7}$
- $\text{CNCl}$   
 $\textcircled{+2}$

## סעיף ב' (הציון 79)



## תת-סעיף i (הציון 81)

המולקולות של החומר הפעיל  $\text{HClO}_{(\text{aq})}$  נוצרות בתגובה בין יוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  לבין מולקולות  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ . קבע אם תגובה זו היא תגובת חמצון-חיזור או תגובת חומצה-בסיס. נמק.

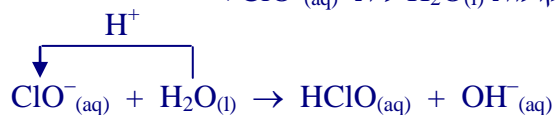
## התשובה:

$\text{HClO}_{(\text{aq})}$  נוצר בתגובת חומצה-בסיס.

יוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  מגיבים כבסיס וקושרים פרוטונים ( $\text{H}^+$ ) (שמקורם במולקולות המים).

א: יש מעבר פרוטונים ( $\text{H}^+$ ) ממולקולות  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$  ליוני  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$ .

א:



א: אין שינוי בדרגות החמצון של האטומים המשתתפים בתגובה, ולכן זאת לא תגובת חמצון-חיזור.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו שהתגובה הנתונה היא תגובת חומצה-בסיס והסבירו את קביעתם. יחד עם זאת, הופיעו טעויות שאותן ניתן למיין לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "התאולה היא חמצון-חילוך, משום שיש בה חמצון של החומר."

• "התאולה היא חמצון-חילוך ולא חומצה-בסיס, משום שאין בתאולה  $H_3O^+$  (aq)"

1-  $OH^-$  (aq) ואין מצב של  $H^+$ ."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• "התאולה היא חומצה-בסיס: המים פועלים כבסיס ויוני  $ClO^-$  כחומצה."

התלמידים שטעו בנימוק התקשו להגדיר מהי חומצה ומהו בסיס, הם לא זיהו מולקולות המים

כחומצה ויוני  $ClO^-$  (aq) כבסיס, שאחרי קליטת פרוטון הופכים לחומצה  $HClO$  (aq).

### תת-סעיף ii (הציון 77)

קבע אם בתגובה שנוצר בה ציאנוגן כלורי,  $CNCl$  (g), החומר הפעיל  $HClO$  (aq) הוא מחמצן או מחזור. נמק.

#### התשובה:

$HClO$  (aq) הוא מחמצן.

דרגות החמצון של אטומי Cl ירדה מ- (+1) במולקולות  $HClO$  ל- (-1) במולקולות  $CNCl$ .

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

### ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים קבעו נכון שהחומר הפעיל  $HClO$  (aq) הוא מחמצן והסבירו את קביעתם.

הטעויות האופייניות בתת-סעיף זה:

♦ חוסר הבחנה בין מחמצן למחזור בתגובה:

• "HClO הוא מחזור כי הוא מצפיר אלקטרוניס אל הכלור ב- CNCl."

♦ התייחסות לדרגות חמצון של אטומי כלור בכל התרכובות האפשריות ולא בתהליך הנתון:

• "החומר הפעיל HClO הוא גם מחמצן וגם מחזור, מכיוון שדרגת החמצון של Fe

נמצאת בין מקסימלית למינימלית."

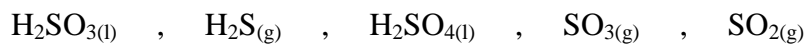
## המלצות לסעיפים א'-ב':

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות הכוללות קביעת דרגות חמצון במולקולות שונות וביונים מורכבים. אנו מביאים מספר שאלות מתאימות 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 המפמ"ר, בדף:

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

### 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

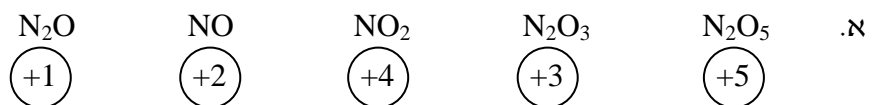
כאשר חומצה חנקתית חשופה לאור או לחום, היא משחררת תחמוצות חנקן המחלישות הגנות הגוף נגד מחלות נשימתיות כגון דלקת ראות.

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.

### תשובות:



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,

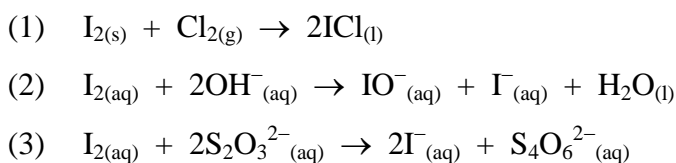
כי דרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות של כל אחת מהתחמוצות האלה היא

לא הגבוהה ביותר (+5) ולא הנמוכה ביותר (-3) האפשרית של אטומי החנקן, לכן הם

יכולים גם "לקבל" אלקטרונים - לעבור חיזור, וגם "לזרוק" על האלקטרונים - לעבור חמצון.

### שאלה 3

השאלה עוסקת בידוד, בתרכובותיו וביונים המכילים אטומי יוד. בכל אחת משלוש התגובות (1)-(3) שלפניך אחד המגיבים הוא יוד.



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

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

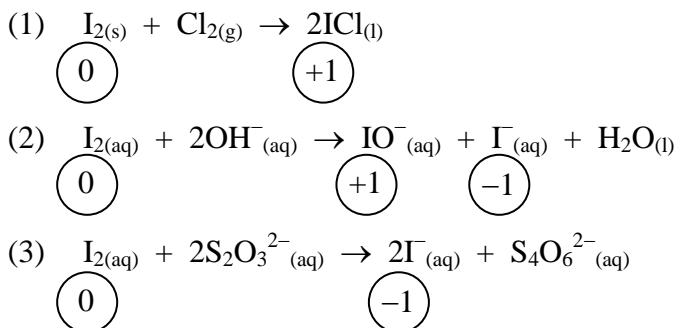
iii עבור כל אחת מהתגובות קבע אם מופיעים בה סוגי אטומים שלא משתתפים בתהליך חמצון-חיזור. נמק.

בניסוי אחר התרחשה תגובת חמצון-חיזור בין  $\text{I}_2\text{O}_{5(s)}$  ותמיסת  $\text{Na}_2\text{S}_{(aq)}$ . במהלך תגובה זו השתנו דרגות החמצון של אטומי יוד ושל אטומי גופרית.

ב. קבע אם דרגת החמצון של אטומי היוד בתוצר, שהתקבל בתגובה, גבוהה מדרגת החמצון של אטומי היוד ב-  $\text{I}_2\text{O}_{5(s)}$ , נמוכה ממנה או שווה לה. נמק.

### תשובות:

א. i



ii 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.

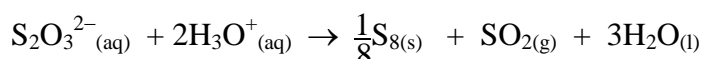
בתגובה (3) אטומי היוד פועלים כמחמצן, כי דרגת החמצון של אטומי יוד שבמולקולות  $\text{I}_2$  ירדה מ-0 ל-1 במהלך התגובה.

iii 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  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$  אינה משתנה במהלך התגובה.

#### שאלה 4

כדי לחקור את הדרך שבה מתרחשים תהליכים כימיים, משתמשים החוקרים בתגובה בין יוני תיוסולפט,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ , לבין יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ :



מהי הקביעה הנכונה?

1. התגובה הנתונה היא מסוג חומצה-בסיס בלבד.
2. בתגובה הנתונה, הגופרית,  $\text{S}_{8(\text{s})}$ , היא תוצר החמצון של יוני  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ .
3. בניסוי שבו מגיב 1 מול יוני  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$  על פי התגובה הנתונה עובר 1 מול אלקטרונים.
4. בתגובה הנתונה יוני  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$  פועלים גם כמחמצן וגם כמחזור.

#### שאלה 5

החיטוי של מי בריכה נעשה בדרך כלל על ידי הזרמת הגז כלור,  $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ , למים. כלור מגיב עם מי הבריכה על פי התגובה:



החומצה החלשה  $\text{HOCl}_{(\text{aq})}$  משמידה את החיידקים.

על פי התגובה הנתונה, מהו ההיגד הנכון?

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

#### סעיף ג' (הציון 59)

הסבר מדוע בטמפרטורת החדר חנקן תלת-כלורי,  $\text{NCl}_3_{(\text{l})}$ , הוא במצב נוזל, ואילו ציאנוגן כלורי,  $\text{CNCl}_{(\text{g})}$ , הוא במצב גז.



## התשובה :

(בין המולקולות בחומר  $\text{NCl}_3(l)$  וגם בין מולקולות בחומר  $\text{CNCl}(l)$  פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס.) המספר הכולל של אלקטרונים בכל מולקולה של  $\text{NCl}_3(l)$  (58 אלקטרונים) גדול ממספר הכולל של אלקטרונים בכל מולקולה של  $\text{CNCl}(l)$  (30 אלקטרונים) אן : ענני האלקטרונים במולקולות של  $\text{NCl}_3(l)$  גדולים מענני האלקטרונים במולקולות של  $\text{CNCl}(l)$ . אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות של  $\text{NCl}_3(l)$  חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות של  $\text{CNCl}(l)$  .  
(יש להשקיע אנרגיה רבה יותר כדי להרחיק את המולקולות זו מזו.)  
טמפרטורת הרתיחה של  $\text{NCl}_3(l)$  גבוהה מטמפרטורת החדר ואילו טמפרטורת הרתיחה של  $\text{CNCl}(l)$  נמוכה מטמפרטורת החדר.  
לכן בטמפרטורת החדר  $\text{NCl}_3(l)$  הוא במצב נוזל, ואילו  $\text{CNCl}(g)$  הוא במצב גז.

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

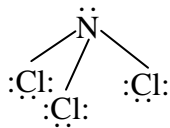
## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים:

- "f - CNCl יש קשר מולקולרי אופייני אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות."
- "החומר  $\text{NCl}_3$  נוזל בטמפרטורת החדר, כי יש לו צנן אלקטרוני גדול וקשרים קוולנטיים חזקים בין אטומים."
- "דרושה יותר אנרגיה כדי לפרק את המולקולה."  
חלק מהתלמידים מתקשים להבחין בין רמה מיקרוסקופית לרמה מאקרוסקופית :
- "ככל שצנן האלקטרוני גדול יותר החומר יהיה במצב הצבירה נוזלי יותר."

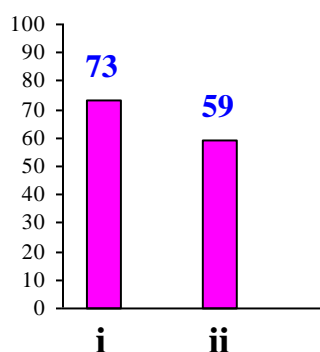
## המלצות:

מומלץ לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון לסעיף זה:

החומר	ציאנוגן כלורי	חנקן תלת-כלורי
סוג החומר	שניהם חומרים מולקולריים	
נוסחה מולקולרית של מולקולת החומר	CNCl	$\text{NCl}_3$
נוסחת מבנה של מולקולת החומר	$:\text{N} \equiv \text{C} - \ddot{\text{Cl}}:$	
גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים	ענני האלקטרונים במולקולות $\text{NCl}_3$ (58 אלקטרונים במולקולה) גדולים מענני האלקטרונים במולקולות CNCl (30 אלקטרונים במולקולה).	
סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	אינטראקציות ון-דר-ואלס	אינטראקציות ון-דר-ואלס
חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של $\text{NCl}_3$ חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות CNCl, כי ענני האלקטרונים במולקולות של $\text{NCl}_3$ גדולים מענני האלקטרונים במולקולות של CNCl.	
טמפרטורות רתיחה של החומרים	טמפרטורת הרתיחה של $\text{NCl}_{3(l)}$ גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של $\text{CNCl}_{(l)}$ , כי טמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק כוחות בין מולקולריים.	
מצבי צבירה של החומרים בתנאי החדר	נתון: $\text{NCl}_{3(l)}$ הוא נוזל בתנאי החדר, ואילו $\text{CNCl}_{(g)}$ , הוא גז. הסיבה לכך היא הבדל בטמפרטורות הרתיחה של החומרים: טמפרטורת הרתיחה של $\text{NCl}_{3(l)}$ גבוהה מטמפרטורת החדר, וטמפרטורת הרתיחה של $\text{CNCl}_{(l)}$ , נמוכה מטמפרטורת החדר.	

## סעיף ד' (הציון 66)

על פי המידע שבקטע:



## תת-סעיף i (הציון 73)

קבע באיזה pH - 6.5 או 7.3 - החיטוי יעיל יותר. נמק.

### התשובה :

ב-  $pH = 6.5$  .

יעילות החיטוי תלויה בריכוז של החומר הפעיל  $HClO_{(aq)}$  במי הברכה.

על פי הגרף, ב-  $pH = 6.5$  הריכוז של  $HClO_{(aq)}$  גדול יותר מאשר ב-  $pH = 7.3$  .

לכן החיטוי יעיל יותר ב-  $pH = 6.5$  .

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. לרוב התלמידים יש מיומנות של קריאת גרף רציף, אך חלק מהתלמידים ענו לשאלה בלי להיעזר בנתונים שבגרף :

• "ב-  $pH = 7.3$  . הסיבה לכך היא  $e - pH$  זה קרוק אנטרלי."

היו תלמידים שלא הבינו את השאלה והתייחסו לגירוים אפשריים במקום ליעילות החיטוי :

• "ב-  $pH = 7.3$  . בצרכים אחרים מי הברכה אורמים אנטרליים."

### תת-סעיף ii (הציון 59)

ציון שני גורמים שיכולים להוריד את ריכוז החומר הפעיל  $HClO_{(aq)}$  , במי הברכות.

### התשובה :

שניים מבין הגורמים :

- כמות החיידקים במים בברכות השחייה.

- עלייה ב-  $pH$  של המים בברכות השחייה.

- עלייה בריכוז החומצה האורית.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התעלמו מהנחייה בתחילת השאלה - לענות על פי המידע שבקטע. הופיעו תשובות שלא קשורות למידע הנתון בקטע :

• "הוספת מי."

• "הוספת אמוניה."

• "כאשר הזמן חולף ריכוז החומר הפעיל יורד."

• "תגובת סתירה של בסיס..."

## המלצות:

חלק מהתלמידים מתקשים לנתח טקסט מדעי, לקשר בין מידע מילולי למידע בצורת גרף וליישם את הידע. מומלץ לעבוד עם התלמידים על הבנת הנקרא, על מיומנות של קריאת גרף. מומלץ לתרגל שאלות עוסקות בקטעים ממאמרים מדעיים. מומלץ לעבוד עם התלמידים על משימות להקניית אוריינות הנמצאות באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=770>

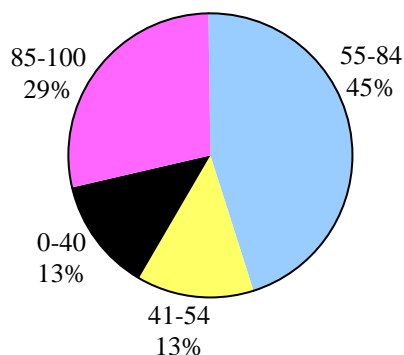
משימות אלה עשויות לעזור לתלמידים בעבודה עם קטעים ממאמרים מדעיים.

### שאלה 3

## מבנה וקישור, תכונות חומרים וחמצון-חיזור

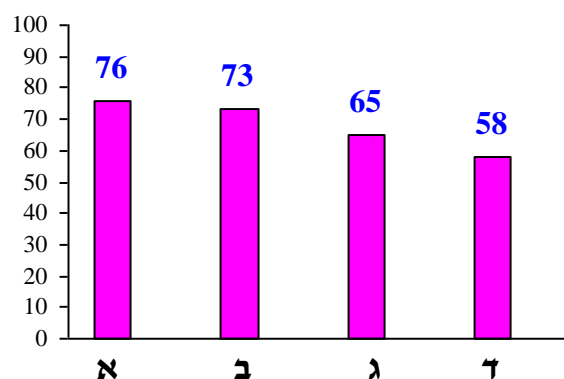
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 70% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 68

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

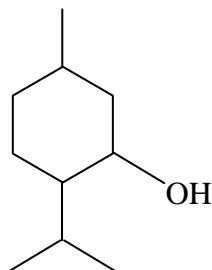
- לצייר באופן סכמתי קשרי מימן הנוצרים בין מולקולות המומס לבין מולקולות הממס.
- להסביר את תהליכי ההמסה של חומרים מולקולריים תוך התייחסות לגורמים המשפיעים על מידת ההמסה.
- לנסח את תהליך ההמסה של חומר מולקולרי בממס לא קוטבי.
- לרשום נוסחה של קבוצה פונקציונלית הנמצאת במולקולה של תרכובת פחמן נתונה.
- לקבוע דרגות חמצון של אטומי פחמן במולקולות של תרכובות פחמן על פי נוסחאות מבנה שלהן.
- לקבוע עבור כל אחד מהמגיבים אם הוא מחמצן (עובר חיזור) או מחזר (עובר חמצון).
- להסביר את ההבדל בטמפרטורות היתוך של מנתול ומנתון תוך התייחסות לגורמים המשפיעים על טמפרטורת היתוך.

#### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

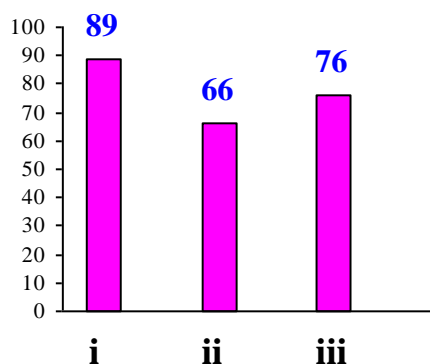
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום	i	א
אנליזה	ii	
יישום	iii	
הבנה		ב
יישום	i	ג
יישום	ii	
אנליזה		ד

## פתיח לשאלה

מֶנְתוֹל ( $C_{10}H_{20}O_{(s)}$ ) (menthol), הוא חומר המופק מעלים של צמח המנתה. מֶנְתוֹל משמש, בין היתר, חומר טעם בתעשיית המזון ובתעשיית התרופות. לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת מֶנְתוֹל:



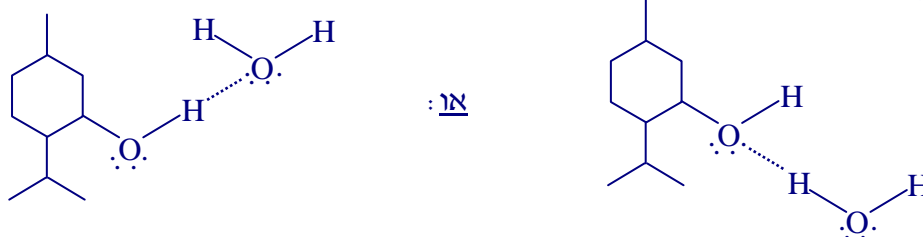
## סעיף א' (הציון 76)



## תת-סעיף i (הציון 89)

בין מולקולות של מֶנְתוֹל לבין מולקולות מים יכולים להיווצר קשרי מימן. צייר באופן סכמתי אחד מקשרי המימן שיכולים להיווצר בין מולקולה של מֶנְתוֹל לבין מולקולה של מים.

## התשובה:



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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הציגו נכון את קשר המימן שיכול להיווצר בין מולקולה של מנתול לבין מולקולה של מים. הופיעו טעויות מעטות כגון אי-רישום של זוגות אלקטרוניים לא קושרים על אטומי חמצן, אי-הקפדה על זווית  $180^\circ$  בין שלושת האטומים המעורבים ביצירת הקשר, ייצוג קשר מימן בקווי רגיל (כמו קשר קוולנטי).

## המלצות:

מומלץ לתרגל עם התלמידים ציורים סכמתיים מסוג זה ולבקש להסביר כל פרט בציור. שאלה לדוגמה:

דו-מתיל אתר,  $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})$ , מתמוסס היטב במים.

- צייר ייצוג מלא לנוסחת מבנה של מולקולת דו-מתיל אתר.
  - מה הם הקשרים הקיימים בין אטומים בתוך מולקולה של דו-מתיל אתר?
  - קבע עבור כל אחד מסוגי הכוחות: קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס, אם כוחות אלה קיימים בין המולקולות של דו-מתיל אתר במצב נוזל. נמק את קביעתך.
  - מסיסות טובה של דו-מתיל אתר במים תלויה ביצירת קשרי מימן בין המולקולות של דו-מתיל אתר לבין מולקולות המים.
- צייר באופן סכמתי קשר מימן שיכול להיווצר בין מולקולה של דו-מתיל אתר לבין מולקולה של מים.
- הסבר את ההבדלים בין הקשרים שציינת בסעיף ב', בין אינטראקציות ון-דר-ואלס ובין קשרי מימן. היעזר בציור שציירת בסעיף ד'.

## תת-סעיף ii (הציון 66)

המסיסות של מנתול במים נמוכה, אך הוא מתמוסס היטב בהקסאן,  $\text{C}_6\text{H}_{14(\text{l})}$ . הסבר את שתי העובדות האלה.

## התשובה:

מולקולה של מנתול מורכבת משייר פחמימני (אן: חלק הידרופובי) גדול וקבוצה הידרוקסילית (אן): חלק הידרופילי קטן). בין מולקולות מנתול לבין מולקולות מים יכולים להיווצר מעט קשרי מימן (אן): השייר הפחמימני מפריע להשתלבות המולקולות של מנתול בין מולקולות המים). בעקבות זאת המסיסות של מנתול במים היא נמוכה. בין השייר הפחמימני שבמולקולות מנתול לבין מולקולות של הקסאן נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס, ולכן מסיסותו של מנתול בהקסאן היא גבוהה.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. רוב התלמידים התייחסו לכוחות הבין מולקולריים, אך הופיעו הסברים חלקיים שלא הכילו את כל ההיבטים של תהליכי ההמסה. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ♦ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים בין אטומים במולקולות לבין כוחות בין מולקולריים:
- "מסיסות של מנתול במים נמוכה, מכיוון שהוא בצורת טבעת סגורה ומולקולות המים מתקשות לפתוח הרבה קשרים."
- "המסיסות של מנתול במים נמוכה, כי אינטראקציות ון-דר-ואלס בטבעת חלקית מקשרי מימן במולקולה."
- ♦ סיסמאות במקום הסבר:
- "המסה טובה מתרחשת רק כאשר יש קשרים דומים במים ובממס."
- ♦ התייחסות בהסבר למולקולות בודדות:
- "מולקולה המורכבת מהרבה אטומי פחמן ומימן לא מתמוססת במים."

אחד הקשיים בקביעת ממס מתאים לתרכובות פחמן - גם בתת-סעיף זה וגם באופן כללי, הוא הימנעות מהשוואה בין גודל החלק ההידרופילי במולקולת המומס, "האחראי" להיווצרות קשרי מימן עם מולקולות הממס, לבין גודל החלק ההידרופובי, "האחראי" להיווצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות המומס למולקולות הממס.

## המלצות:

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את שלבי הקביעה של מסיסות מנתול בממסים הנתונים:  
טבלה 1: קביעת המסיסות של מנתול במים

המומס: מנתול	הממס: מים	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
מעט קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ואלס חלשים	הקשרים בין חלקיקי החומר
אפשרות ליצירת קשרי מימן מעטה, כי במולקולות של מנתול יש מעט מוקדים ליצירת קשרי מימן.		סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה
המסיסות של מנתול במים נמוכה.		המסקנה

טבלה 2: קביעת המסיסות של מנתול בהקסאן

המומס: מנתול	הממס: הקסאן, C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> (l)	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
מעט קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	אינטראקציות ון-דר-ואלס	הקשרים בין חלקיקי החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס		סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה
המסיסות של מנתול בהקסאן טובה.		המסקנה

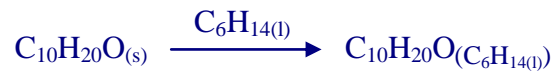


מומלץ לתת לתלמידים דוגמאות של מסיסות חומרים מולקולריים בממסים שונים ולבקש להסביר מדוע וכיצד מתרחש תהליך ההמסה או מדוע הוא לא מתרחש, תוך התייחסות לכוחות הפועלים בין מולקולות החומר ולכוחות הפועלים בין מולקולות המומס והממס לאחר ההמסה.

### תת-סעיף iii (הציון 76)

נסח את תהליך ההמסה של מנתול בהקסאן.

#### התשובה:



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

#### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ניסחו נכון את תהליך ההמסה, אך חלק מהתלמידים רשמו ניסוחים שגויים, שלא התאימו להסבר המילולי של תהליך ההמסה:

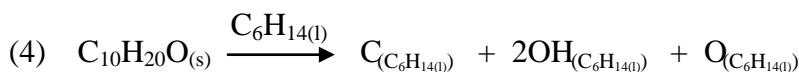
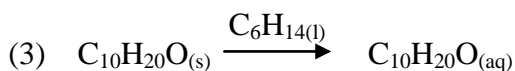
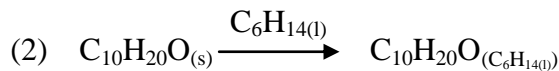
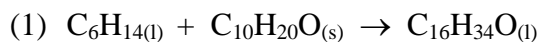
- ◆ רישום של נוסחת הממס במגיבים ונוסחת התוצר שגויה:
- $C_6H_{14}(l) + C_{10}H_{20}O_{(s)} \rightarrow C_{16}H_{34}O_{(l)}$
- ◆ רישום של נוסחת ההקסאן על החץ, אך סימון תוצר כמומס במים:
- $C_{10}H_{20}O_{(s)} \xrightarrow{C_6H_{14}(l)} C_{10}H_{20}O_{(aq)}$
- ◆ רישום של ניסוח הפירוק הלא הגיוני של מנתול:
- $C_{10}H_{20}O_{(s)} \xrightarrow{C_6H_{14}(l)} C_{(C_6H_{14}(l))} + 2OH_{(C_6H_{14}(l))} + O_{(C_6H_{14}(l))}$

#### המלצות:

מומלץ לבקש מהתלמידים לקשר בין ההסבר המילולי של תהליך ההמסה לבין רישום הניסוח של תהליך זה.

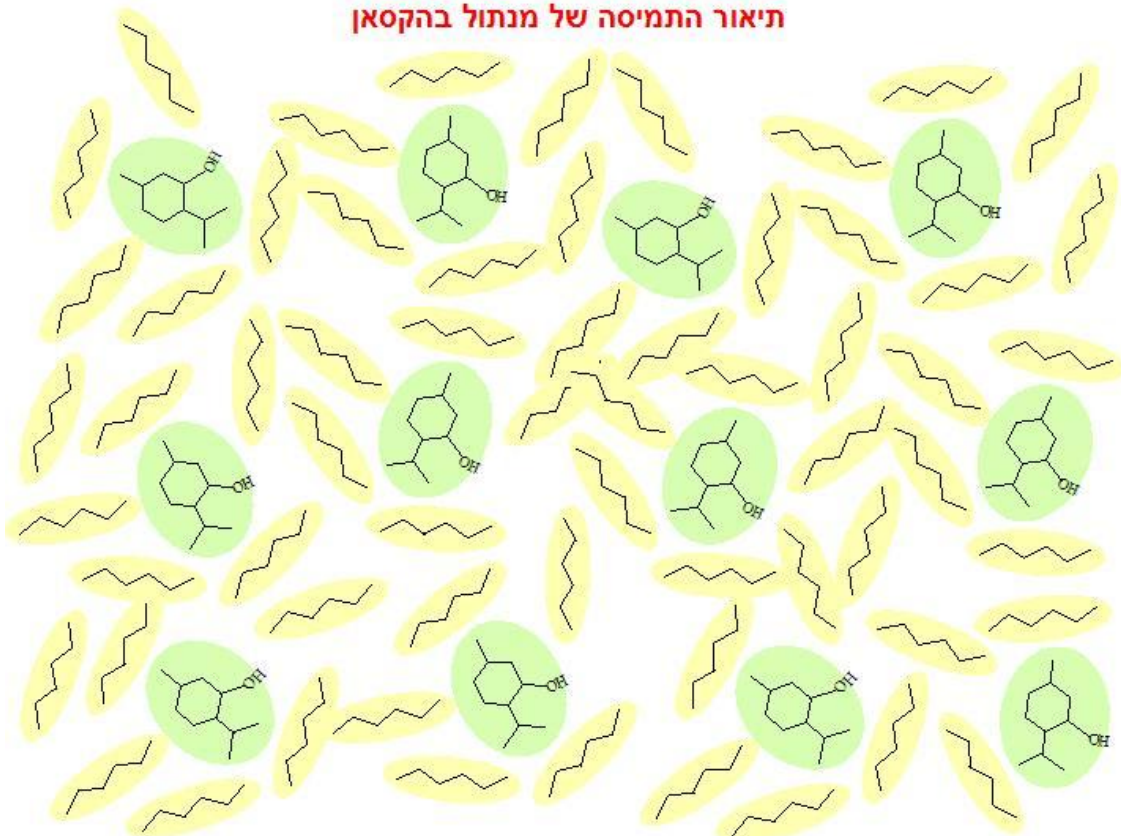
אפשר לתת לתלמידים תרגיל:

לפניך ניסוחים של תהליך ההמסה של מנתול בהקסאן. מהו הניסוח הנכון?



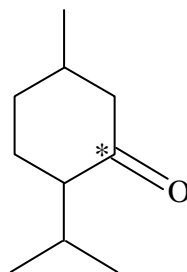
מומלץ לבקש מהתלמידים לתאר באופן סכמתי את התמיסה של מנתול בהקסאן. ציור לדוגמה:

### תיאור התמיסה של מנתול בהקסאן



### פתיח לסעיפים ב'-ג'

מְנֵתוֹן ( $C_{10}H_{18}O_{(s)}$ ) (menthone), הוא חומר נוסף שמקורו צמח המנטה.  
מְנֵתוֹן משמש בעיקר חומר ריח בתעשיית הבשמים והקוסמטיקה.  
לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של מולקולת מְנֵתוֹן :



### סעיף ב' (הציון 73)

רשום את הנוסחה של הקבוצה הפונקציונלית במולקולה של מְנֵתוֹל ואת הנוסחה של הקבוצה הפונקציונלית במולקולה של מְנֵתוֹן.

## התשובה:

- הקבוצה הפונקציונלית במולקולה של מֶנְתוֹל - (קבוצה הידרוקסילית)  $-OH$ .
- הקבוצה הפונקציונלית במולקולה של מֶנְתוֹן - (קבוצת קטון)  $>C=O$ .

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

## ניתוח טעויות אופייניות

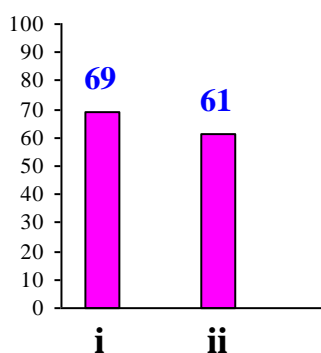
- הציון בינוני. רוב התלמידים רשמו נכון את הנוסחאות. הטעויות האופייניות הן:
- רישום שם של קבוצה פונקציונלית במקום נוסחה.
  - רישום נוסחאות של קבוצות פונקציונליות ללא קווי המשך.
  - רישום נוסחה של קבוצה פונקציונלית של אתר במקום נוסחה של קטון.
  - הוספת אטום פחמן לנוסחה של קבוצה פונקציונלית של כוהל:  $C-OH$ .

## המלצות:

מומלץ לתרגל רישום נוסחאות פונקציונליות שונות הנמצאות במולקולות של תרכובות פחמן. אפשר לדון עם התלמידים על התכונות שכל קבוצה פונקציונלית מקנה לתרכובת. מומלץ להסב את תשומת הלב של התלמידים שהם התבקשו לרשום הנוסחה של הקבוצות הפונקציונליות במולקולות ולא רק את שמות של הקבוצות.

## סעיף ג' (הציון 65)

דרגת החמצון של אטום הפחמן הקשור לקבוצה הפונקציונלית במולקולה של מֶנְתוֹל היא אפס.



## תת-סעיף i (הציון 69)

קבע את דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- \* במולקולה של מֶנְתוֹן. נמק.

## התשובה:

דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- \* במולקולה של מֶנְתוֹן 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 האלקטרוני 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 .

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

### **ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך יחסית . רוב התלמידים קבעו נכון את דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- \* במולקולה של מנתון , אך תלמידים רבים התקשו בהסבר . חלק מהתלמידים לא הסבירו כלל . הטעות העיקרית היא הסבר המתייחס למטען החלקי של אטום החמצן בלבד :

• "דרגת החמצון של Fe אטום פחמן זה +2 היא הצופה שהוא קשור לחמצן דרגת החמצון של Fe -2 וסכום דרגות החמצון הוא אפס."

### **המלצות:**

מומלץ להבהיר לתלמידים את סדר הפעולות בקביעת דרגות חמצון של אטומי פחמן במולקולות של תרכובות פחמן :

1. לצייר נוסחת מבנה של מולקולה .
2. להתייחס לכל אטום בנפרד ולבדוק את ערך האלקטרושליליות שלו .
3. עבור כל אטום פחמן :
  - א. לבדוק בכמה קשרים הוא קשור לאטומים שלידו .
  - ב. לבדוק עבור כל קשר אם הוא קוטבי או לא קוטבי .
4. לקבוע דרגת חמצון של כל אטום C בעזרת קביעת דרגות חמצון של האטומים הקשורים אליו .
5. לבדוק אם הסכום של דרגות החמצון של האטומים שווה לאפס .

### **תת-סעיף ii (הציון 61)**

מנתון מופק במעבדה ממנתול , בתגובת חמצון-חיזור . לשם כך דרוש חומר נוסף . קבע אם החומר הנוסף מגיב כחמצן או כמחזור . נמק .

## התשובה :

החומר הנוסף מגיב כחמצן.

המנתול עבר תהליך של חמצון.

דרגת החמצון של אטום הפחמן הקשור לקבוצה הפונקציונלית במולקולה של מנתול עולה מ-  $0$  ל-  $+2$  במולקולה של מנתון (א): יש ירידה במספר הכולל של אטומי מימן במולקולה; א: יש עלייה במספר הקשרים שבין אטום הפחמן לאטום החמצן במולקולה). החומר הנוסף עבר חיזור ולכן הוא חמצן.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים טעו בקביעת התפקיד של החומר הנוסף - קבעו שהוא מחזור. הסיבה היא חוסר הבחנה בין המושגים: מחמצן - מחזור, תהליך חמצון - תהליך חיזור, תוצר של חמצון - תוצר של חיזור, עלייה בדרגת חמצון - ירידה בדרגת חמצון.

## המלצות:

- מומלץ להבהיר לתלמידים את סדר הפעולות בפתרון שאלות מסוג זה:
  - לקבוע דרגות חמצון של אטומים במגיב ובתוצר.
  - לקבוע עבור כל אטום אם יש ירידה או עלייה בדרגות חמצון באטומי המגיב במהלך התגובה.
  - לקבוע אם המגיב הנתון הוא מחזור (עובר חמצון) או מחמצן (עובר חיזור).
  - להגיע למסקנה מהו החומר הדרוש - מחמצן או מחזור.
- ראו גם המלצות לסעיפים אי-בי בשאלה 2.

## סעיף ד' (הציון 58)

טמפרטורת ההיתוך של מנתון נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של מנתול. הסבר מדוע.

## התשובה :

בין המולקולות של מנתון יש אינטראקציות ון-דר-ואלס בלבד. בין המולקולות של מנתול יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס. (אין כמעט הבדל במספר הכולל של האלקטרונים (א): בגודל ענני האלקטרונים) במולקולות של שתי התרכובות - 88 אלקטרונים במולקולה של מנתול ו- 86 אלקטרונים במולקולה של מנתון). אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות מקשרי מימן כאשר מדובר במולקולות עם ענן אלקטרונים דומה, לכן במקרה הנתון כוחות המשיכה שבין המולקולות של מנתון חלשים מכוחות המשיכה שבין המולקולות של מנתול. (דרושה פחות אנרגיה כדי להחליש את כוחות המשיכה בין מולקולות מנתון) (לכן טמפרטורת ההיתוך של מנתון נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של מנתול).

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

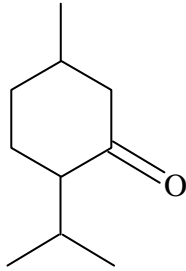
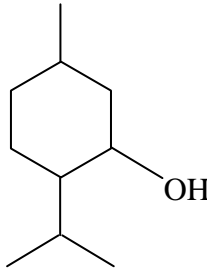
## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר את ההבדל בטמפרטורות היתוך של מנתול ומנתון תוך התייחסות לגורמים המשפיעים על טמפרטורת היתוך. הטעויות האופייניות הן:

- ♦ התייחסות אל הבדל בין גודל ענני האלקטרונים כאל הבדל משמעותי:
- "ענני האלקטרונים במולקולות של מנתול גדולים יותר."
- ♦ קביעה שגויה שגם בין המולקולות של מנתון יש קשרי מימן:
- "בין המולקולות של החומרים יש קשרי מימן, אך במנתול יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן."
- ♦ בלבול בין מבנה המולקולות של החומרים הנתונים לבין מבנה המולקולות של חומצות שומן:
- "במולקולות של מנתון יש קשרים כפולים, וזה הופך את המולקולות של לפחות אמיות וארס לאריות פחות צפופה."

## המלצות:

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלה המציגה את שלבי ההסבר מדוע טמפרטורת ההיתוך של מנתון נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של מנתול:

מנתון	מנתול	תרכובת
$C_{10}H_{18}O$	$C_{10}H_{20}O$	נוסחה מולקולרית
		ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה
* הגודל של ענני האלקטרונים במולקולות של שתי התרכובות דומה.		גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות
אינטראקציות ון-דר-ואלס	אינטראקציות ון-דר-ואלס ומעט קשרי מימן	סוגי הכוחות הבין מולקולריים
כוחות המשיכה שבין המולקולות של מנתון חלשים מכוחות המשיכה שבין המולקולות של מנתול, כי אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות מקשרי מימן.		החוזק היחסי של כוחות בין מולקולריים
דרושה פחות אנרגיה כדי להחליש את כוחות המשיכה בין מולקולות מנתון. לכן טמפרטורת ההיתוך של מנתון נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של מנתול.		טמפרטורת היתוך

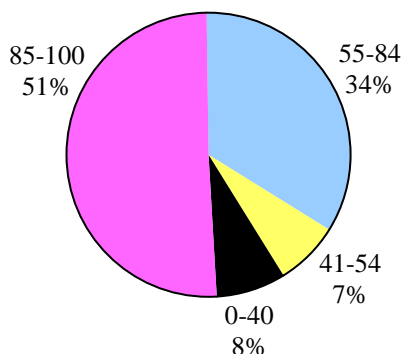
\* מומלץ להבהיר לתלמידים באלו מקרים הגודל של ענני האלקטרונים במולקולות של שתי התרכובות דומה.

## שאלה 4

### סטויכיומטריה

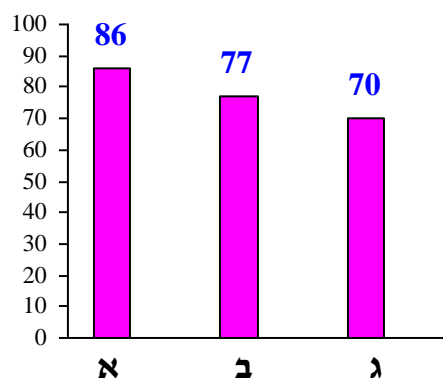
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 61% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 78

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⌄ לנסח את תהליך ההמסה במים של חומר יוני.
- ⌄ לבצע חישובים סטויכיומטריים.
- ⌄ להבחין בין ריכוז החומר היוני בתמיסה לבין מספר כולל של מולי היונים בנפח נתון של תמיסה.
- ⌄ להבחין בין מספר המולים של יונים מסוימים בנפח נתון של תמיסה לבין המספר הכולל של מולי היונים בנפח נתון של תמיסה.
- ⌄ לנסח את תהליך ההמסה במים של חומר מולקולרי.
- ⌄ להסיק מסקנות על סמך המידע המוצג בשאלה.
- ⌄ לבצע חישובים עבור תמיסה מימית המכילה שני מומסים.

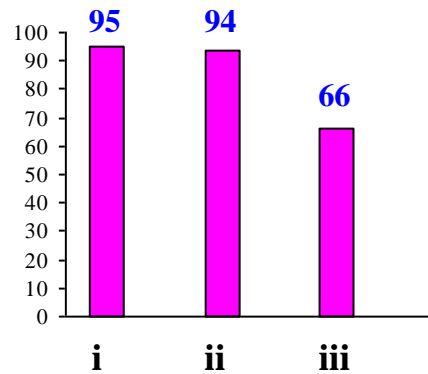
#### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

## פתיח לשאלה

אדם במצב של התייבשות מטופל באמצעות תמיסה פיזיולוגית המוחדרת לווריד. תמיסה פיזיולוגית היא תמיסה מימית של נתרן כלורי,  $\text{NaCl}_{(aq)}$ , המכילה 9 גרם מומס ב-1 ליטר.

## סעיף א' (הציון 86)



## תת-סעיף i (הציון 95)

נסח את תהליך ההמסה במים של  $\text{NaCl}_{(s)}$ .

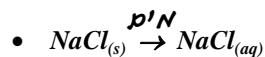
## התשובה:



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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. הלמידים ניסחו נכון את תהליך ההמסה במים של חומר יוני - מלח נתרן כלורי. תלמידים מעטים התייחסו לנתרן כלורי כאל חומר מולקולרי ורשמו:



## תת-סעיף ii (הציון 94)

מהו הריכוז המולרי של נתרן כלורי בתמיסה הפיזיולוגית? פרט את חישוביך.

## התשובה:

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

$$58.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$\frac{9 \text{ gr}}{58.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.154 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{NaCl}$  בליטר אחד של תמיסה:

הריכוז המולרי של  $\text{NaCl}$  בתמיסה הפיזיולוגית הוא 0.154M.



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים לא התקשו לבצע חישובים סטויכיומטריים פשוטים. כמעט ולא אותרו טעויות.

### תת-סעיף iii (הציון 66)

מהו מספר המולים הכולל של חלקיקי החומר המומס ב- 1 ליטר של תמיסה פיזיולוגית? נמק.

#### התשובה:

(בליטר אחד של תמיסה פיזיולוגית מומסים 0.154 מול  $\text{NaCl}_{(s)}$ ).

על פי ניסוח התהליך, מ- 1 מול  $\text{NaCl}_{(s)}$  נוצרים 1 מול יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$  ו- 1 מול יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$ .

בליטר אחד של תמיסה פיזיולוגית יש 0.154 מול יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$  ו- 0.154 מול יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$ .

מספר המולים הכולל של חלקיקי החומר המומס ב- 1 ליטר תמיסה:

$$0.154 \text{ mol} + 0.154 \text{ mol} = 0.308 \text{ mol}$$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע את מספר המולים הכולל של חלקיקי החומר המומס ב- 1 ליטר תמיסה. הטעויות האופייניות שאותרו:

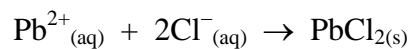
- ♦ חוסר הבחנה בין ריכוז החומר היוני בתמיסה לבין מספר כולל של מולי היונים בנפח נתון של התמיסה:
- ♦ "נקבע שהריכוז של נתרן כלורי הוא 0.154 M, וזהו המספר הכולל של חלקיקי החומר בליטר תמיסה."
- ♦ חוסר הבחנה בין מספר המולים של יונים מסוימים בנפח נתון של תמיסה לבין המספר הכולל של מולי היונים בנפח נתון של תמיסה.
- ♦ "צפי החישוב בתת-סעיף א' ii, מספר המולים של יוני  $\text{Na}^+$  הוא 0.154 מול ולכן המספר הכולל של יוני החומר בליטר תמיסה הוא 0.154 מול."
- ♦ חישוב של מספר כולל של היונים במקום מספר כולל של מולי היונים - הכפלת התוצאה במספר אבוגדרו.
- ♦ התייחסות ליונים בודדים במקום למולים של יונים:
- ♦ "נתרן כלורי מתפרק בתמיסה לניי יוני."

## המלצות:

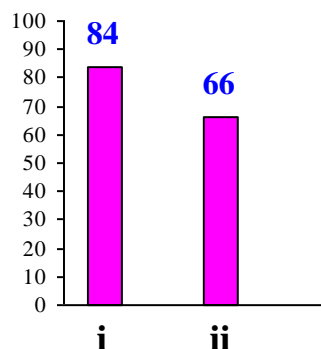
מומלץ לבקש מהתלמידים לפתור שאלות הכוללות חישוב של ריכוז מולרי של חומר יוני בתמיסה מימית, ריכוז מולרי של כל אחד מסוגי היונים בתמיסה, מספר כולל של מולי היונים בנפח נתון של התמיסה, מספר המולים של כל אחד מסוגי היונים בנפח נתון של התמיסה. כמו כן מומלץ לשאול על מספר היונים מכל אחד מהסוגי היונים בנפח נתון של התמיסה ומספר כולל של היונים בנפח נתון של התמיסה.

## סעיף ב' (הציון 77)

נתונה תמיסת  $\text{NaCl}_{(aq)}$  שריכוזה אינו ידוע. כדי לקבוע את הריכוז המולרי של התמיסה לקחו ממנה דגימה בנפח של 20 מ"ל והוסיפו לה תמיסת עופרת חנקתית,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(aq)}$ , בריכוז 0.05M. התרחשה התגובה:



נדרשו 12 מ"ל מתמיסת  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(aq)}$  כדי שתגיב עם כל יוני  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$  שבדגימה.



## תת-סעיף i (הציון 84)

חשב את מספר המולים של יוני  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$  בדגימה. פרט את חישוביך.

### התשובה:

מספר המולים של יוני  $\text{Pb}^{2+}_{(aq)}$  שהגיבו:  $0.05 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.012 \text{ liter} = 0.0006 \text{ mol}$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול יוני  $\text{Pb}^{2+}_{(aq)}$  מגיב עם 2 מול יוני  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$ .

מספר המולים של יוני  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$  בדגימה:  $0.0006 \text{ mol} \times 2 = 0.0012 \text{ mol}$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים לא התקשו לחשב את מספר המולים של יוני כלור בדגימה על פי הריכוז והנפח של תמיסת עופרת חנקתית שהגיבה עם תמיסת נתרן כלורי. הטעויות המעטות שאותרו הן טעויות חישוב ואי-ציון יחידות.

### תת-סעיף ii (הציון 66)

קבע אם ריכוז התמיסה שנבדקה מתאים לטיפול במצב של התייבשות. פרט את חישוביך, ונמק את קביעתך.

#### התשובה:

ריכוז התמיסה שנבדקה אינו מתאים לטיפול במצב של התייבשות.

מ- 1 מול  $\text{NaCl}_{(s)}$  נוצר 1 מול יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$ .

לכן הריכוז של תמיסת  $\text{NaCl}_{(aq)}$  שווה לריכוז יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$  בתמיסה:

$$\frac{0.0012 \text{ mol}}{0.02 \text{ liter}} = 0.06\text{M}$$

התמיסה שנבדקה אינה מתאימה לטיפול במצב של התייבשות כיוון שריכוזה נמוך מ- 0.154M.

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

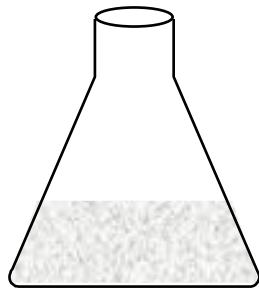
### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע שריכוז התמיסה שנבדקה אינו מתאים לטיפול במצב של התייבשות. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

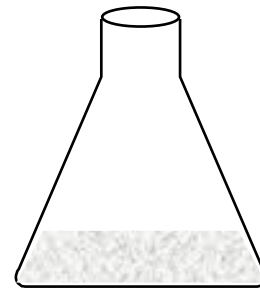
- ◆ חישוב שגוי של ריכוז יוני הכלור בתמיסה:
- $0.012 \text{ mol} \times 0.02 \text{ liter} = 0.00024 \text{ M}$
- ◆ טעויות ביחידות - רישום "20 מ"ל" במקום "20 מ"ל".
- ◆ קביעה (נכונה או לא נכונה) ללא חישוב ונימוק.

## המלצות:

מומלץ לנתח עם התלמידים את הניסוי המתואר - על פי נתוני השאלה ותוצאות החישוב:



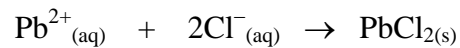
20 מ"ל תמיסת  $\text{NaCl}_{(aq)}$   
בריכוז 0.06 M שהכילו:  
0.0012 מול יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$   
0.0012 מול יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$



12 מ"ל תמיסת  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(aq)}$   
בריכוז 0.05 M שהכילו:  
0.0006 מול יוני  $\text{Pb}^{2+}_{(aq)}$   
0.0012 מול יוני  $\text{NO}_3^-_{(aq)}$



בערבוב התמיסות התרחשה התגובה:



0.0006 מול יוני  $\text{Pb}^{2+}_{(aq)}$  הגיבו בשלמות עם 0.0012 מול יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$

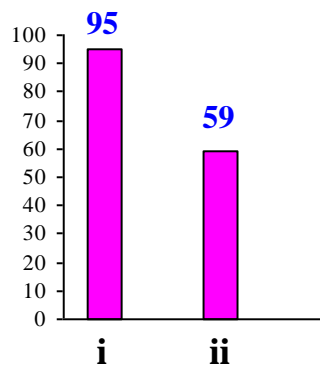
והתקבל משקע: 0.0006 מול  $\text{PbCl}_{2(s)}$ .

בתמיסה נשארו יונים משקיפים:

0.0012 מול יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$  ו- 0.0012 מול יוני  $\text{NO}_3^-_{(aq)}$ .

## סעיף ג' (הציון 70)

לעתים תמיסות המוחדרות לווריד מכילות גלוקוז, נוסף לנתרן כלורי.



## תת-סעיף i (הציון 95)

נסח את תהליך ההמסה במים של גלוקוז,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$ .

## התשובה:



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים ניסחו נכון את תהליך ההמסה במים של חומר מולקולרי - גלוקוז. כמעט ולא אותרו טעויות.

### תת-סעיף ii (הציון 59)

הכינו 1 ליטר של תמיסה על ידי המסת  $\text{NaCl}_{(s)}$  ו-  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)}$  במים. הריכוז המולרי של יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$  בתמיסה זו הוא 0.03M. מספר המולים הכולל של חלקיקי שני החומרים המומסים הוא 0.282 מול. כמה גרם גלוקוז,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)}$ , המיסו במים כדי לקבל 1 ליטר של תמיסה זו? פרט את חישוביך.

### התשובה:

מספר המולים של יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$  ב- 1 ליטר תמיסה שווה למספר המולים של יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$  ב- 1 ליטר תמיסה:  $0.03 \text{ mol}$   
מספר המולים של גלוקוז ב- 1 ליטר תמיסה:  $0.282 - (0.03 + 0.03) = 0.222 \text{ mol}$   
המסה המולרית של גלוקוז:  $180 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$   
המסה של גלוקוז שיש להמיס לקבלת 1 ליטר של תמיסה:  
 $0.222 \text{ mol} \times 180 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 39.96 \text{ gr} (\approx 40 \text{ gr})$

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

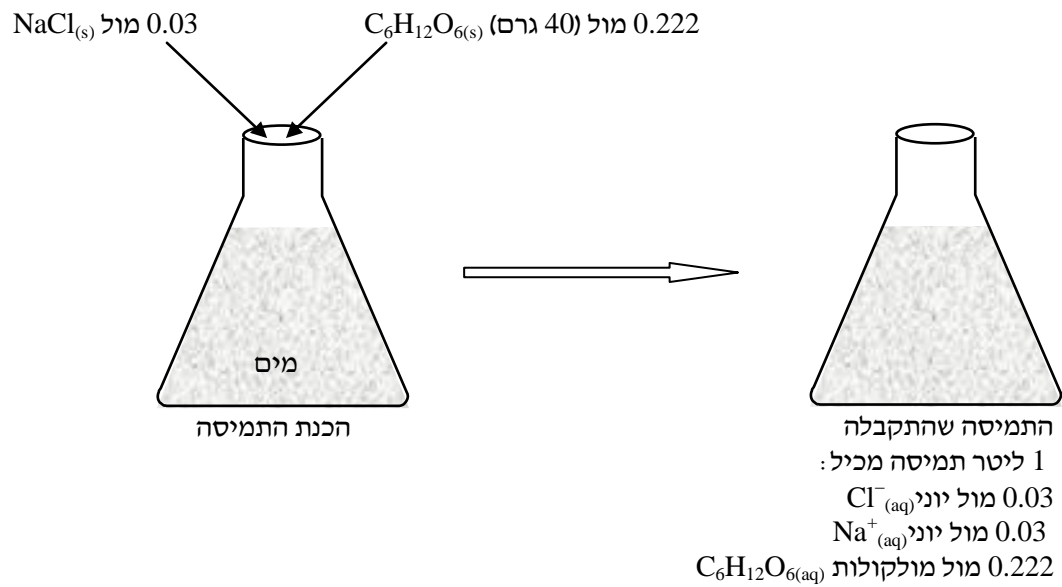
### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לבצע חישובים עבור תמיסה מימית המכילה שני מומסים. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ♦ התעלמות מהנתון שהריכוז המולרי של יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$  בתמיסה זו הוא 0.03M. התייחסות למספר המולים הכולל של חלקיקי שני החומרים המומסים - 0.282 מול, כאל מספר המולים של מולקולות גלוקוז:
  - $0.282 \text{ mol} \times 180 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 50.76 \text{ gr}$
- ♦ התעלמות ממספר המולים של יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$ :
  - $(0.282 \text{ mol} - 0.03 \text{ mol}) \times 180 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 45.36 \text{ gr}$
- ♦ טעויות חישוב.

## המלצות:

מומלץ לנתח עם התלמידים את הניסוי המתואר - על פי נתוני השאלה ותוצאות החישוב:



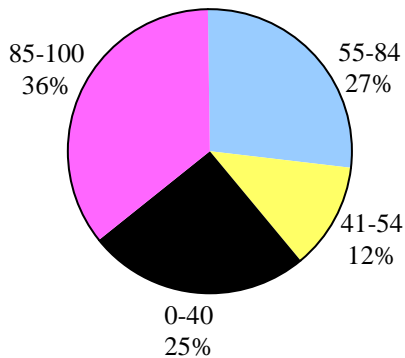
מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים המתוארים בשאלה זו - הסעיפים שלה מנוסחים בדומה להנחיות לביצוע ניסויים.

## שאלה 5

### חמצון-חיזור וסטויכיומטריה

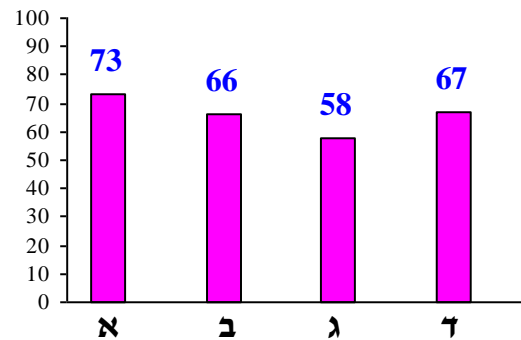
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 15% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 65

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⌄ לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולות של יסודות ותרכובות וביונים מורכבים.
- ⌄ ליישם את ההגדרות הנוגעות לתהליכי חמצון-חיזור כדי לקבוע עבור תגובת חמצון-חיזור:
  - תהליך שעובר מגיב מסוים: חמצון או חיזור.
  - כיוון המעבר של האלקטרונים.
  - מספר המולי אלקטרונים אותם מאבד או מקבל 1 מול מגיב.
- ⌄ לבצע חישובים סטויכיומטריים, כולל חישוב של מספר המולים של אלקטרונים שעוברים בניסוי בו מגיב מספר המולים הנתון של מגיב.
- ⌄ ליישם את הידע על תפקידו של אנטיאוקסידנט - לפעול כמחזר.
- ⌄ לקבוע דרגת החמצון המרבית ודרגת החמצון המזערית של אטומי יסוד על פי מיקומו בטבלה המחזורית.
- ⌄ לקבוע, על פי דרגת החמצון המרבית ודרגת החמצון המזערית של אטומי יסוד, הנמצאים במולקולות של תרכובות או ביונים מורכבים, אם הם יכולים לשמש כמחמצן, כמחזר או גם כמחמצן וגם כמחזר.
- ⌄ לקבוע אם תרכובת יכולה לשמש כמחמצן, כמחזר או גם כמחמצן וגם כמחזר.
- ⌄ לקבוע עבור יונים מסוימים אם הם יכולים לשמש כמחמצן, כמחזר או גם כמחמצן וגם כמחזר.

## רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

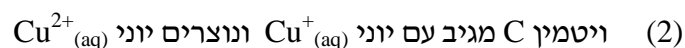
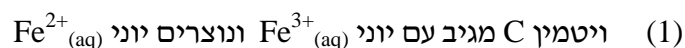
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום		א
אנליזה		ב
יישום	i	ג
הבנה	ii	
יישום	iii	
יישום	i	ד
יישום	ii	

### פתיח לשאלה

ויטמין C הוא נוגד חמצון (אנטיאוקסידנט) המצוי בפרות ובירקות, ונמצא גם בטבליות המשמשות תוסף תזונה.

### סעיף א' (הציון 73)

לפניך שני תהליכים (1) ו-(2). קבע איזה מבין התהליכים (1) ו-(2) יכול להתרחש. נמק.



### התשובה:

תהליך (1).

ויטמין C הוא אנטיאוקסידנט ולכן הוא פועל כמחזור (עובר חמצון).

בתהליך (1) יוני  $Fe^{3+}_{(aq)}$  עוברים חיזור. דרגת החמצון של יוני  $Fe^{3+}_{(aq)}$  יורדת (אנ): יוני  $Fe^{3+}_{(aq)}$  מקבלים אלקטרונים). לשם כך דרוש חומר מחזור.

אנ:

תהליך (2) אינו יכול להתרחש.

בתהליך (2) יוני  $Cu^{+}_{(aq)}$  עוברים חמצון. דרגת החמצון של יוני  $Cu^{+}_{(aq)}$  עולה (אנ): יוני  $Cu^{+}_{(aq)}$  מאבדים אלקטרונים). לשם כך דרוש חומר מחמצן.

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



## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שיכול להתרחש תהליך (1), אך חלקם לא הצליחו לנמק את קביעתם בצורה הגיונית. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה הנובעת מכך שחלק מהתלמידים סבורים שוויטמין C הוא מחמצן:
  - "יתרחש תהליך (2). ויטמין C הוא נוסף חמצון ולכן הוא מחמצן."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
  - "יכול להתרחש תהליך (1). ויטמין C מטיב עם יוני  $Fe^{3+}_{(aq)}$ , כי יוני אלה יזימו יותר."

## המלצות:

מומלץ לחדד לתלמידים את ההגדרה של אנטיאוקסידנטים תוך מתן דוגמאות. מומלץ, כהעשרה, לבקש מהתלמידים לקרוא את המאמר "נוגדי חמצון ואריכות חיים" מאת ד"ר דפנה מנדלר, שפורסם ב"על-כימיה" - עיתון למורי הכימיה, גיליון 8, הנמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

[http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Newspaper.asp?id=165&al\\_id=13](http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Newspaper.asp?id=165&al_id=13)

## פתיח לסעיפים ב'-ג'

תמיסת לוגול היא תמיסה המכילה יוד,  $I_{2(aq)}$ . היוד מקנה לתמיסה זו גוון חום. יוד,  $I_{2(aq)}$ , מגיב עם ויטמין C. טפטפו תמיסת לוגול על בד כותנה לבן, ועל הבד נוצר כתם חום. לאחר מכן ערכו ניסוי בשני שלבים.

## סעיף ב' (הציון 66)

בשלב הראשון הרטיבו במים טבלייה המכילה ויטמין C, ובעזרת הטבלייה שפשפו את הכתם. הכתם החום נעלם. קבע אם בתגובה שהתרחשה בין ויטמין C לבין  $I_{2(aq)}$  נוצרו על הבד יוני  $\Gamma_{(aq)}$  או יוני  $IO^-_{(aq)}$ . נמק.

## התשובה:

יוני  $\Gamma_{(aq)}$ .

בתגובה עם ויטמין C היוד צריך לעבור חיזור (כי ויטמין C מגיב כמחזור). דרגת החמצון של אטומי יוד ב-  $I_{2(aq)}$  היא (0). דרגת החמצון של אטומי יוד צריכה לרדת (צריכה להיות נמוכה מ-0). דרגת החמצון של יוני  $\Gamma_{(aq)}$  היא (-1). דרגת החמצון של אטומי יוד ביוני  $IO^-_{(aq)}$  היא (+1). לכן יוני  $\Gamma_{(aq)}$  הם התוצר של התגובה.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע מהו תוצר התגובה בין ויטמין C לבין  $I_{2(aq)}$ . הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- טעות נגררת מסעיף א' - חלק מהתלמידים סבורים שוויטמין C הוא מחמצן:
  - "וויטמין C מחמצן את יוד ונצריט יוני  $IO^-_{(aq)}$ ".
- חוסר הבנה של המושגים - מחמצן ומחזור בתגובות חמצון-חיזור:
  - "וויטמין C רק נותן אלקטרוניס, לכן לא יכול להיווצר יון חיובי".
  - "נצריט יוני  $IO^-_{(aq)}$  כי ויטמין C הוא מחזר".
- חזרה על נתוני השאלה במקום תשובה:
  - "בצורת ויטמין C שפשו את הכתם והוא נצלם, זאת אומרת שהייתה תאובת חמצון-חיזור".

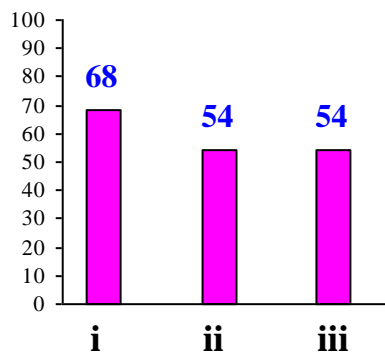
### המלצות:

מומלץ להראות לתלמידים את הסרטון שבו התגובה המתוארת בסעיף זה משמשת לקביעת הריכוז של ויטמין C במשקאות קלים על ידי טיטרציה עם תמיסת יוד:

<https://www.youtube.com/watch?v=VWoRUk47VvU>

### סעיף ג' (הציון 58)

בשלב השני טפטפו תמיסת אקונומיקה על האזור בוד שהכתם החום נעלם ממנו, והכתם החום הופיע שוב. תמיסת אקונומיקה מכילה יוני  $ClO^-_{(aq)}$ .



## תת-סעיף i (הציון 68)

בין אילו יונים התרחשה התגובה בשלב השני של הניסוי?

### התשובה:

התרחשה תגובה בין יוני  $\Gamma_{(aq)}$  לבין יוני  $\text{ClO}^-_{(aq)}$ .

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. הטעויות האופייניות הן:

- ◆ קביעה שהתגובה מתרחשת בין יוני  $\text{ClO}^-_{(aq)}$  לבין יוד, למרות שבשאלה נתון שהתגובה התרחשה בין יונים:
- "בין  $\text{I}_{2(aq)}$  לבין יוני  $\text{ClO}^-_{(aq)}$ ".
- ◆ טעות הנגררת מסעיף ב':
- "בין יוני  $\text{IO}^-_{(aq)}$  לבין יוני  $\text{ClO}^-_{(aq)}$ ".

## תת-סעיף ii (הציון 54)

מדוע הופיע שוב הכתם החום על הבד?

### התשובה:

בתגובה זו נוצר יוד,  $\text{I}_{2(aq)}$ , שצבעו חום (ולכן הכתם החום הופיע מחדש על הבד).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לנתח את נתוני השאלה ולהגיע למסקנה הנכונה. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ◆ חוסר הבחנה בין יסוד  $\text{I}_{2(aq)}$  לבין יוני  $\Gamma_{(aq)}$ :
- "הייתה תגובת חמצון-חיזור והיוד הטיב עם תמיסת האקונומיקה, לכן הופיע שוב הכתם החום על הבד."
- "יוני  $\text{I}_{2(aq)}$  הטיבו עם האקונומיקה, לכן הכתם הופיע."
- ◆ קושי בזיהוי של חומרים מחמצנים וחומרים מחזרים בתגובות חמצון-חיזור:
- "הכתם חזר מכיוון שהאקונומיקה כנראה מחזרת יותר טובה מוויטמין C."

### תת-סעיף iii (הציון 54)

קבע מהו המחמצן ומהו המחזור בתגובה שהתרחשה בשלב השני של הניסוי. נמק.

#### התשובה:

המחמצן - יוני  $\text{ClO}^-_{(aq)}$ .

המחזור - יוני  $\text{I}^-_{(aq)}$ .

בתגובה זו יוני  $\text{I}^-_{(aq)}$  הפכו ל-  $\text{I}_{2(aq)}$  (אז): דרגת החמצון של יוני היוד עלתה מ-  $(-1)$  ל-  $(0)$ ; אז: יוני  $\text{I}^-_{(aq)}$  איבדו אלקטרונים).

יוני  $\text{I}^-_{(aq)}$  עברו חמצון. הם פעלו כמחזור ולכן יוני  $\text{ClO}^-_{(aq)}$  פעלו כמחמצן.

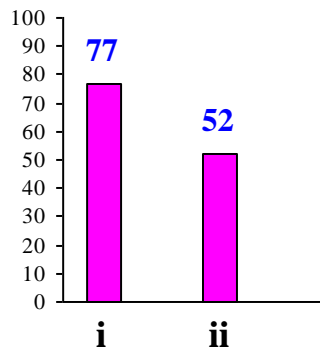
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלוס היא יישום.

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. הטעות האופיינית העיקרית היא קביעה שגויה של מחמצן ומחזור וניסיון להסבירה:

- " יוני  $\text{ClO}^-_{(aq)}$  מחזר ויוני  $\text{I}^-_{(aq)}$  מחמצן, כי יוני  $\text{I}^-_{(aq)}$  צופרים חילוקי."
- "נוצרו מולקולות  $\text{I}_{2(aq)}$ , זה אומר שיוני  $\text{I}^-_{(aq)}$  מחמצן."

### סעיף ד' (הציון 67)



### תת-סעיף i (הציון 77)

אפשר להשתמש בתמיסת לוגול כדי לקבוע את המסה של ויטמין C בטבלייה אחת. ויטמין C מגיב

עם  $\text{I}_{2(aq)}$  שבתמיסת לוגול ביחס מולים 1:1.

נדרשו 58 מ"ל תמיסת לוגול, שבה ריכוז  $\text{I}_{2(aq)}$  הוא 0.05M, כדי שהוויטמין C שבטבלייה אחת יגיב בשלמות עם היוד.

המסה המולרית של ויטמין C היא  $\frac{\text{גרם}}{\text{מול}}$  176.

חשב את המסה של ויטמין C בטבלייה אחת. פרט את חישוביך.

### התשובה:

מספר המולים של  $I_{2(aq)}$  שהגיבו:  $0.05 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.058 \text{ liter} = 0.0029 \text{ mol}$

יחס המולים בתגובה שבין יוד לויטמין C הוא 1:1

מספר המולים של ויטמין C בטבלייה אחת: 0.0029 mol

המסה של ויטמין C בטבלייה אחת:  $0.0029 \text{ mol} \times 176 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 0.5104 \text{ gr}$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הצליחו לחשב את המסה של ויטמין C בטבלייה אחת. הטעויות האופייניות שאותרו הן בעיקר חוסר התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה וטעויות חישוב.

### תת-סעיף ii (הציון 52)

קבע אם תמיסה של חומצת מימן יודי,  $HI_{(aq)}$ , מתאימה גם היא לקביעת המסה של ויטמין C בטבלייה אחת. נמק.

### התשובה:

תמיסת  $HI_{(aq)}$  אינה מתאימה לקביעת המסה של ויטמין C בטבלייה אחת.

(ויטמין C הוא חומר מחזור) לתגובה עם ויטמין C דרוש חומר מחמצן.

דרגת החמצון של אטומי יוד ב-  $HI$  היא  $(-1)$ .

דרגת החמצון של אטומי יוד ב-  $HI$  היא המזערית (אינה יכולה לרדת) ולכן אטומי היוד אינם יכולים לחמצן (אן: הם יכולים רק לחזור).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו בהבנת תהליכים של חמצון-חיזור. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "תמיסת  $HI_{(aq)}$  מתאימה, כי מסת בחומר לה יש יוד."

• "תמיסת  $HI_{(aq)}$  מתאימה, כי מסת היא מליפה עם ויטמין C ביחס 1:1."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי :

- "תמיסת  $\text{HI}_{(aq)}$  לא מתאימה, משום שהחומצה תהרוס את הוויטמין ולא תהיה אפשרות לקבוע את המסה של הטבלית אחת."
- "תמיסת  $\text{HI}_{(aq)}$  לא מתאימה, כי זאת חומצה חזקה ואוסרת פרוטון בתגובת חומצה-בסיס."

### המלצות:

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים הדומים לניסויים המתוארים בסעיפים ב'-ג' ולדון בתוצאותיהם. הניסויים נמצאים בספר לימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת ד"ר דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע, בעמודים 44-46.

ראו המלצות לסעיפים א'-ב' בשאלה 2 בחוברת זו.

מומלץ להיעזר בחומר עזר למורה שפותח במסגרת קהילות מורי הכימיה תשע"ה "קשיים בנושא חמצון-חיזור והצעות להתמודדות". החומר נמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

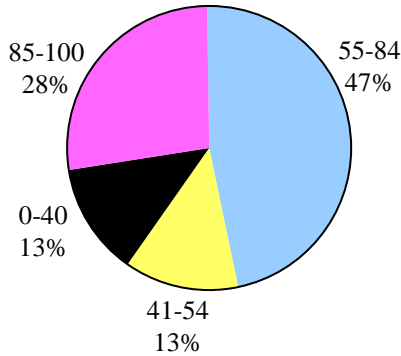
<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1332>

## שאלה 6

### תכונות חומרים, מצב גז וסטויכיומטריה

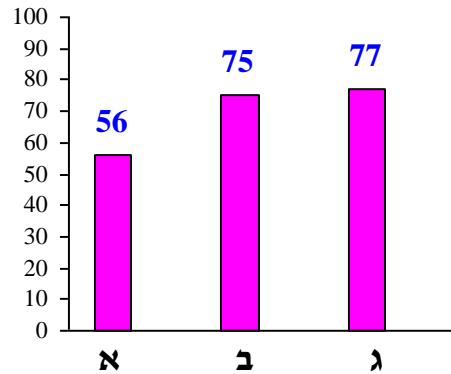
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 34% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 68

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⏪ לתאר את החומרים מסוגים שונים ובמצבי צבירה שונים ברמה מיקרוסקופית - עם התייחסות לכל ההיבטים.
- ⏪ לקשר בין טמפרטורות ההיתוך והרתיחה של חומר לבין מצב הצבירה שלו בטמפרטורה מסוימת.
- ⏪ להבחין בין סוגי חומרים שונים: מולקולרי, יוני, מתכתי, אטומרי, ולקבוע מה הם החלקיקים המרכיבים כל אחד מסוגי החומרים.
- ⏪ להבחין בין קשרים קוולנטיים בין אטומים במולקולה לבין כוחות בין מולקולריים: קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס.
- ⏪ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים בחומר מסוים לטמפרטורות ההיתוך והרתיחה של החומר.
- ⏪ להסביר את המושג איזומרים.
- ⏪ להסביר את ההבדלים בין טמפרטורות הרתיחה של איזומרים על פי מבנה מרחבי של מולקולות האיזומרים.
- ⏪ לקשר בין מאפייני המצב הגזי: לחץ, נפח, טמפרטורה - על פי השפעתם ההדדית:
  - השפעה של שינוי טמפרטורה על הנפח והלחץ של גז
  - השפעה של שינוי מספר מולי הגז על הנפח והלחץ של גז
  - השפעה של שינוי הנפח על הלחץ של גז, ולהפך.
- ⏪ לנסח ולאזן תגובה על פי תיאור מילולי של מגיבים ותוצרים.

לשישם השערת אבוגדרו.


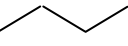
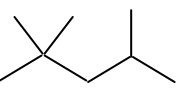
לבצע חישובים סטויכיומטריים, כולל חישובים עבור התגובות, שבהן מעורבים גזים.

### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

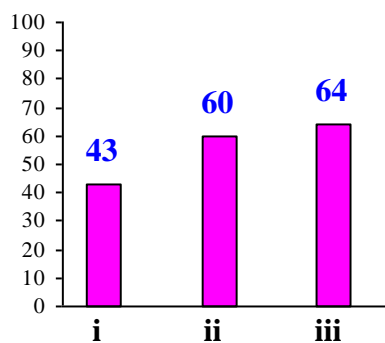
סעיף	תת-סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א	i	אנליזה
	ii	יישום
	iii	יישום
ב	i	יישום
	ii	יישום
ג	i	הבנה
	ii	יישום

### פתיח לשאלה

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שלוש תרכובות המשמשות חומרי בערה.

החומר	ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה	טמפרטורת היתוך (°C)	טמפרטורת רתיחה (°C)	השימוש
פרופאן		-190	-42	גז בישול
בוטאן		-138	-0.5	גז בישול
איזואוקטאן		-107	99	דלק למכוניות

### סעיף א' (הציון 56)





## תת-סעיף i (הציון 43)

תאר ברמה מיקרוסקופית את החומר איזואוקטאן בטמפרטורה  $25^{\circ}\text{C}$ .

### התשובה:

בטמפרטורה  $25^{\circ}\text{C}$  איזואוקטאן הוא נוזל.

החומר איזואוקטאן מורכב ממולקולות  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

בין המולקולות של איזואוקטאן יש אינטראקציות ון-דר-ואלס.

המולקולות אינן מאורגנות במבנה מסודר (אינן מסודרות) ויחסית למצב מוצק הן צפופות במידה

מעטה (בין מולקולות יש רווחים קטנים יחסית).

אופני תנועה עיקריים של המולקולות: תנועה וסיבוב.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הבינו מה כולל תיאור ברמה המיקרוסקופית.

הטעויות האופייניות הן:

1. הבעיה הבולטת היא תשובות חלקיות:

- אי-ציון של אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של איזואוקטאן.
- אי-ציון של אופני תנועה של מולקולות החומר במצב נוזל או התייחסות לתנועת מולקולות באופן כללי:

• "אופן תנועה אופייני לנזל".

• "המולקולות נעות במהירות בינונית".

• "המצב נוזלי, ולכן המולקולות יכולות לנוע".

- אי-ציון של חוסר ארגון וסדר של מולקולות וצפיפותן המעטה בהשוואה למוצק.

2. קביעה שגויה או אי-ציון של סוג החלקיקים באיזואוקטאן נוזלי, שביניהם יש אינטראקציות ון-דר-ואלס:

• "יש קשרי ון-דר-ואלס בין אטומים".

• "אינטראקציות ון-דר-ואלס בין חלקיקים".

3. קביעה שגויה של סוג הכוחות הבין מולקולריים או התייחסות לכוחות אלה באופן כללי:

• "בין המולקולות יש קשרים קוולנטיים".

• "יש בין המולקולות כוחות משיכה בינוניים".

## המלצות:

מומלץ להקדיש זמן להסבר של רמות הבנה ולתיאורים ברמה מיקרוסקופית, ברמה מאקרוסקופית וברמת סמל של חומרים במצבי צבירה שונים, כדי שהתלמידים יפנימו את ההבדלים בין הרמות השונות ויזכרו למה יש להתייחס בכל אחת מהרמות. מומלץ להרחיב את ההסבר על אופני תנועה של חלקיקי החומרים במצבי צבירה שונים.

מומלץ לעבור עם התלמידים על הנספח לסילבוס: דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות (מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל), ולבקש מהתלמידים לתאר חומרים נוספים בכל אחת משלושת הרמות.

## תת-סעיף ii (הציון 60)

איזובוטאן הוא איזומר של בוטאן.  
לפניך ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה של איזובוטאן:



טמפרטורת הרתיחה של איזובוטאן נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של בוטאן. הסבר מדוע.

## התשובה:

בין המולקולות של כל אחד משני האיזומרים פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס. המספר הכולל של אלקטרונים במולקולות של שני האיזומרים שווה. במולקולות של איזובוטאן השרשרת הפחמימנית מסועפת ואילו במולקולות של בוטאן היא ישרה (אן: לא מסועפת).

שטח המגע בין מולקולות איזובוטאן קטן יותר משטח המגע שבין מולקולות בוטאן. אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות איזובוטאן חלשות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות בוטאן.

(יש להשקיע פחות אנרגיה כדי לנתק את אינטראקציות ון-דר-ואלס שבין המולקולות של איזובוטאן (אן: כדי להרחיק את המולקולות זו מזו)).

לכן טמפרטורת הרתיחה של איזובוטאן נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של בוטאן.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר את ההבדל בטמפרטורות הרתיחה של האיזומרים. הם לא הצליחו לקשר בין המבנה המרחבי של מולקולות החומר לטמפרטורת הרתיחה שלו - לא התייחסו למולקולות מסועפות ולא מסועפות, לשטח מגע שונה בין המולקולות של שני האיזומרים. היו תלמידים שלא הבחינו בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך

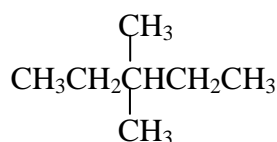
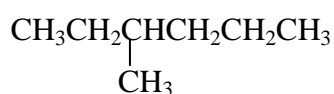
מולקולריים, והשוו בין אורך קשרים קוולנטיים במולקולות האיזומרים או בין מספר קשרים בין אטומי פחמן ובין אטומי מימן :

- "לאיזופוטאן קשרים אמולקולה קצרים יותר, לכן היא תופסת פחות נפח."
- "יש יותר קשרים בין פחמנים מאשר בין פחמן לפחמן."

### המלצות:

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות על ההבדל בין קשרים קוולנטיים בין אטומים בתוך מולקולות לבין אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות, ועל ההבדל בין טמפרטורות הרתיחה של איזומרים. שאלה לדוגמה:

לפניך נוסחאות של שלושה חומרים. דרג חומרים אלה על פי טמפרטורות הרתיחה לפי סדר עולה. הסבר את הסדר שהצעת.



### תת-סעיף iii (הציון 64)

להכנת אוכל בתנאי שדה משתמשים בגז בישול המאוחסן במכלים ניידים (גזיות). באזורים שבהם הטמפרטורות נמוכות מ- $0^{\circ}\text{C}$  משתמשים במכלים של פרופאן ולא במכלים של בוטאן. הסבר עובדה זו.

### התשובה:

להכנת אוכל בעזרת גזיה חומר הבערה צריך להיות במצב גז. כאשר הטמפרטורה יורדת מתחת ל- $-0.5^{\circ}\text{C}$ , הבוטאן הופך לנוזל ואינו יכול לשמש גז לבישול, ואילו הפרופאן עדיין במצב גז (עד לטמפרטורה של  $-42^{\circ}\text{C}$ ).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

רוב הטעויות שהופיעו בתת-סעיף זה נובעות מכך שחלק ניכר מהתלמידים התקשו לקשר בין טמפרטורת הרתיחה של הגזים הנתונים לבין השימוש בהם כגז בישול, ולהתייחס לטמפרטורות נמוכות:

- "בוטאן ירתח בסביבות אפס מעלות והלזיות יתפזזו".

- "הפוטאן רותח אהר יותר, כי טמפרטורת הרתיחה של  $\text{C}_6\text{H}_6$  גבוהה יותר. פרופאן רותח פחות יותר, ולכן הוא יותר בטוחותי."
- "טמפרטורה נמוכה מאפס פרופאן יהיה חם יותר ויציל יותר בחימום האוכל."

### המלצות:

מומלץ לחזור עם התלמידים על קביעת מצב צבירה של חומרים שטמפרטורות היתוך ורתיחה שלהם מתחת לאפס, ולבקש לתאר את שינוי מצב הצבירה ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית. שאלה לתרגול: בטבלה שלפניך מוצגות טמפרטורות היתוך ורתיחה של שני חומרים מולקולריים:

החומר	טמפרטורת היתוך ( $^{\circ}\text{C}$ )	טמפרטורת רתיחה ( $^{\circ}\text{C}$ )
X	-195	-6
Y	-23	77

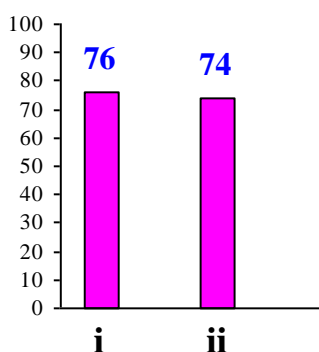
- קבע עבור כל אחד מהחומרים מהו מצב הצבירה שלו בטמפרטורת החדר.
- קבע את הטמפרטורה הגבוהה ביותר שבה שני החומרים יהיו במצב נוזל. נמק.
- תאר ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית את החומר Y במצב מוצק, במצב נוזל ובמצב גז.

בסעיף א' הופיעו קשיים בהבנת מצבי צבירה של חומרים. אפשר לחזור על הנושא בעזרת היישומון "מצבי צבירה", שפותח במסגרת פרויקט PhET של אוניברסיטת קולורדו. ליישומון זה פותחו דפי עבודה ומדריך למורה על ידי נורית דקלו. הקישור ליישומון נמצא באתר המרכז ארצי למורי כימיה, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=845>

### סעיף ב' (הציון 75)

כלי סגור המוחזק בטמפרטורת החדר מכיל 5 מולים של גז פרופאן בלחץ של 1 אטמוספירה. הקטינו את נפח הכלי, תוך כדי שמירה על טמפרטורה קבועה. קבע אם בעקבות ההקטנה של נפח הכלי:



## תת-סעיף i (הציון 76)

מספר המולים של הגז בתוך הכלי גדול מ-5 מול, קטן מ-5 מול או שווה ל-5 מול. נמק.

### התשובה:

מספר המולים של הגז שווה ל-5 מול.

הכלי סגור ולכן שינוי בנפח הכלי אינו גורם לשינוי במספר מולקולות גז (לא נוספו מולקולות גז לתוך הכלי ומולקולות גז לא עזבו את הכלי).

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

### ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים הבחינו בכך שלא הוסף גז נוסף לכלי והסיקו מסקנה נכונה - לא היה שינוי במספר המולים של גז. יחד עם זאת, הופיעו טעויות הנובעות מחוסר הבנה של השפעה החדית של מאפייני הגזים ומחוסר התייחסות לכך שמדובר בכלי סגור:

- "מספר המולים של גז קטן, כי הקטין את הנפח, והריכוז נשאר, נמצא מספר המולים קטן."
- "אם טמפרטורה קבוצה והנפח קטן, מספר המולים של גז קטן."
- "כאשר טמפרטורה ולחץ קבוצים, הקטנת הנפח תקטין את מספר המולים."

### המלצות:

מומלץ להפנות את תשומת הלב של התלמידים לכך שיש שני סוגים עיקריים של שאלות המתייחסות לגזים הנמצאים בכלים סגורים:

1. גז נמצא בכלי סגור שנפחו קבוע. נפח הגז במקרה זה שווה לנפח הכלי ולא יכול להשתנות. אם בכלי כזה מתרחשת תגובה שבמהלכה משתנה מספר המולים של גז, הלחץ בכלי משתנה.
2. גז נמצא בכלי סגור שנפחו יכול להשתנות - כגון מזרק. אם בכלי כזה מתרחשת תגובה שבמהלכה משתנה מספר המולים של גז, נפח הכלי משתנה.

שאלות לתרגול - מומלץ לבקש מהתלמידים לנמק את קביעתם:

#### שאלה 1

בכלי סגור בצורת מזרק נמצאים 150 מיליליטר חמצן  $O_2(g)$ .

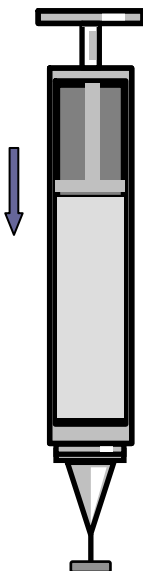
יצרו ניצוץ חשמלי בכלי על ידי מתג חיצוני.

נפח הכלי קטן ל-100 מיליליטר.

התלמידים הציעו סיבות שונות להקטנת הנפח.

בהסתמך על תוצאות הניסוי -

הסיבה להקטנה של נפח הכלי היא:

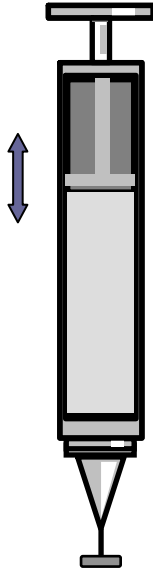


- א. התפרקות מולקולות החמצן לאטומים בודדים.  
 ב. הפיכת החמצן לנוזל.

ג. היווצרות הגז אוזון  $O_3(g)$ .

- ד. התלכדות מולקולות החמצן לזוגות.

שאלה 2



במזרק (כלי המשנה את נפחו) A נמצאים 14 גרם של גז חנקן,  $N_2(g)$ .

במזרק B נמצאים 14 גרם של הגז אתילן,  $C_2H_4(g)$ .

הטמפרטורה בשני הכלים זהה, אך הלחץ השורר בכלי A

קטן מהלחץ השורר בכלי B.

מהי הקביעה הנכונה?

א. מספר המולים של גז בכלי A גדול ממספר המולים של גז בכלי B.

ב. מספר המולים של גז בכלי A קטן ממספר המולים של גז בכלי B.

ג. נפח הגז בכלי A גדול מנפח הגז בכלי B.

ד. נפח הגז בכלי A קטן מנפח הגז בכלי B.

### תת-סעיף ii (הציון 74)

לחץ הגז בתוך הכלי גדול מ-1 אטמוספירה, קטן מ-1 אטמוספירה או שווה ל-1 אטמוספירה. נמק.

#### התשובה:

לחץ הגז בתוך הכלי גדול מ-1 אטמוספירה.

כתוצאה מהקטנת הנפח של הכלי השטח של דפנות הכלי קטן.

מספר מולקולות הגז אינו משתנה ולכן מספר ההתנגשויות של מולקולות הגז עם דפנות הכלי גדל

ולחץ הגז בכלי גדל (אנ: בטמפרטורה קבועה יש יחס הפוך בין נפח הגז ללחץ הגז).

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

#### ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים יישמו את הידע על השפעת השינוי של נפח הכלי על לחץ הגז בתוך הכלי. הטעויות

האופייניות שאותרו נובעות מחוסר הבנה של השפעה הדדית של מאפייני הגזים:

• "הלחץ קבוע כי האנרגיה הקינטית של החלקיקים לא השתנתה."

• "הלחץ לא השתנה כח הטמפרטורה לא השתנתה."

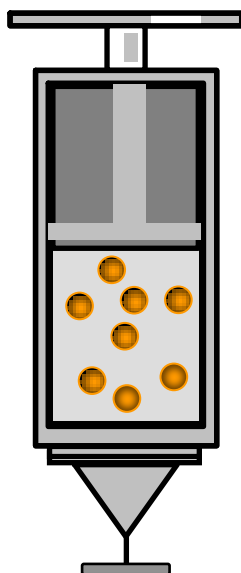
#### המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד שינוי באחד ממאפייני הגז משפיע על יתר המאפיינים, ולפתור

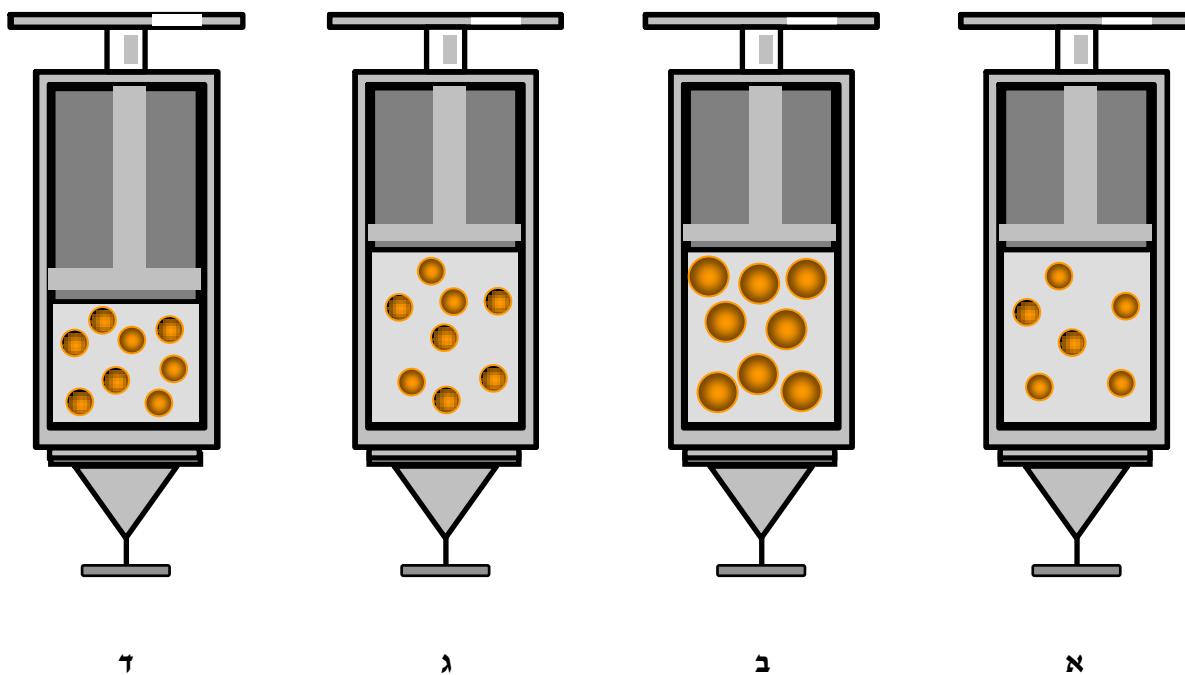
שאלות מתאימות. שאלות לדוגמה:

## שאלה 1

לכלי בצורת מזרק הכניסו גז הליום,  $\text{He}_{(g)}$ , בטמפרטורת החדר ובלחץ 1 אטמוספירה וסגרו את הכלי. לפניך איור סכמתי של הכלי המכיל הליום.



הכניסו את הכלי למקפיא של המקרר והשאירו אותו שם במשך שעה בלחץ 1 אטמוספירה. איזה מבין האיורים הסכמתיים שלפניך יכול לתאר נכון את הכלי המכיל הליום לאחר הקירור? נמק את קביעתך והסבר מדוע פסלת את האיורים האחרים.



התשובה הנכונה היא ד.

## שאלה 2

כשמקררים יוד במצב גז, הנמצא בכלי סגור, מופיעים גבישים על דפנות הכלי.

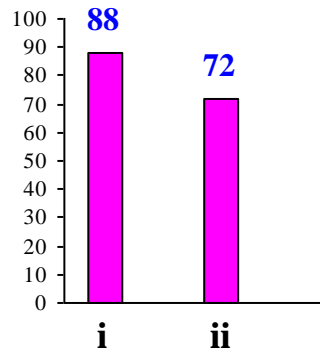
- א. רשום את ניסוח התהליך שהתרחש בכלי.
- ב. התלמידים התבקשו לצייר את תכולת הכלי המכיל יוד לפני הקירור ואחריו. לפניך ציורים של ארבעה תלמידים. בחר בזוג ציורים המתארים נכון את תכולתו של הכלי לפני ואחרי הקירור. נמק את בחירתך והסבר מדוע פסלת את זוגות הציורים האחרים.

אחרי הקירור	לפני הקירור	
		תלמיד I
		תלמיד II
		<b>תלמיד III</b>
		תלמיד IV



### סעיף ג' (הציון 77)

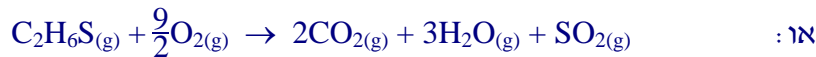
גז בישול הוא מסוכן, אך קשה להבחין בנוכחותו כי הוא חסר ריח. כדי להתריע במקרי דליפה של גז בישול מוסיפים לו אתאנתיוול,  $C_2H_6S(l)$ . הגז אתאנתיוול,  $C_2H_6S(g)$ , מגיב עם חמצן,  $O_2(g)$ , ונוצרים פחמן דו-חמצני,  $CO_2(g)$ , אדי מים,  $H_2O(g)$ , וגפרית דו-חמצנית,  $SO_2(g)$ .



### תת-סעיף i (הציון 88)

נסח ואזן את התגובה של  $C_2H_6S(g)$  עם  $O_2(g)$ .

#### התשובה:



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. כמעט כל התלמידים הצליחו לתרגם מידע המוצג באופן מילולי לניסוח תגובה המתוארת בשאלה. הופיעו טעויות מעטות באיזון הניסוח, בעיקר במקדם לפני  $O_2(g)$ .

### תת-סעיף ii (הציון 72)

בתגובה של דגימת  $C_2H_6S(g)$  עם כמות מספקת של  $O_2(g)$ , נוצרו 320 מ"ל  $CO_2(g)$ . מהו הנפח הכולל של תוצרי התגובה? פרט את חישוביך. הנח כי כל הגזים נמצאים בתנאים שווים של טמפרטורה ולחץ.

## התשובה:

על פי השערת אבוגדרו, באותם תנאים של לחץ וטמפרטורה, יחס הנפחים של התוצרים הגזיים שווה ליחס המולים בניסוח התגובה.)

על פי ניסוח התגובה יחס המולים בין  $\text{CO}_2(\text{g})$  ל-  $\text{SO}_2(\text{g})$  הוא 1:2.

$$\frac{320 \text{ ml}}{2} = 160 \text{ ml} \quad \text{נפח } \text{SO}_2(\text{g}) \text{ שנוצר הוא:}$$

על פי ניסוח התגובה יחס המולים בין  $\text{CO}_2(\text{g})$  ל-  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  הוא 3:2.

$$320 \text{ ml} \times \frac{3}{2} = 480 \text{ ml} \quad \text{נפח } \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \text{ הוא:}$$

או:

על פי ניסוח התגובה יחס המולים בין  $\text{SO}_2(\text{g})$  ל-  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  הוא 3:1.

$$160 \text{ ml} \times 3 = 480 \text{ ml} \quad \text{נפח } \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \text{ הוא:}$$

$$320 \text{ ml} + 480 \text{ ml} + 160 \text{ ml} = 960 \text{ ml} \quad \text{הנפח הכולל של תוצרי התגובה:}$$

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- טעויות במציאת הנפח הכולל של תוצרי התגובה:
- מציאת הנפח הכולל של המגיבים והתוצרים.
- חיבור נפחים של שניים מבין התוצרים.
- טעויות חישוב.

## המלצות:

מצב הגז הוא נושא שלא ברור דיו לחלק ניכר מהתלמידים - הן מבחינה תיאורטית והן מבחינה חישובית. ניתן להראות אנימציות מאתר "הילקוט הדיגיטאלי לחט"ע" 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 להשתמש באנימציות ולומדות "חוקי הגזים" באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=242>

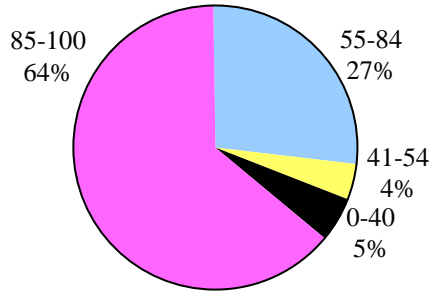
חלק מחומרים אלה כוללים העשרה ואפשר להראות לתלמידים רק את הקטעים הרלוונטיים.

## שאלה 7

### חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

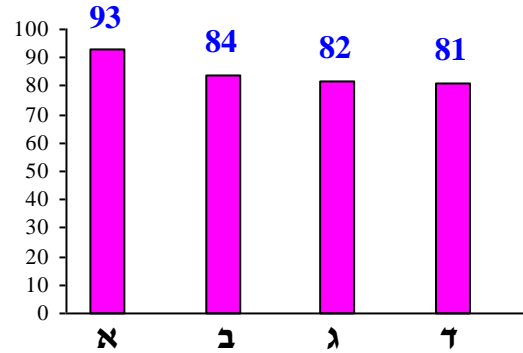
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 70% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 84

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ⋄ לזהות חומצות ובסיסים.
- ⋄ לנסח תגובות בין חומצות ובסיסים, תגובות סתירה.
- ⋄ לנסח תגובות של חומצות עם מים.
- ⋄ לנסח תהליכים המתרחשים כשמכניסים בסיסים שונים למים.
- ⋄ לקשר בין pH התמיסה לבין ריכוז יוני הידרוניום בתמיסה.
- ⋄ לנסח תהליכי המסה במים של חומרים יוניים.
- ⋄ לבצע חישובים סטויכיומטריים.
- ⋄ להסביר את השתנות ה-pH של התמיסה במהלך התגובה בין חומצה לבסיס.
- ⋄ לנתח מידע חדש המובא בשאלה ולהסיק מסקנות על סמך מידע זה.

#### רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

## פתיח לשאלה

חלק מן החומרים שבשימוש ביתי הם חומצות ובסיסים. במעבדה הכינו תמיסות מימיות של חמישה חומרים לשימוש ביתי. בטבלה שלפניך מידע על החומרים ועל התמיסות שהוכנו מהם.

החומר	חומצה לשימוש ביתי	חומץ תפוחים	מלח בישול	סודה לשתייה	חלב מגנזיה
השימוש	הסרת אבנית	תיבול מאכלים	תיבול מאכלים	אפייה	טיפול בצרבת
pH של התמיסה	2.2	4.0	7.0	8.4	9.8
גוון התמיסה בנוכחות אינדיקטור "מי כרוב אדום"	אדום	ורוד	כחול	כחול-ירוק	ירוק-צהוב

## סעיף א' (הציון 93)

באיזו מן התמיסות החומציות שבטבלה ריכוז יוני הידרוניום,  $H_3O^+_{(aq)}$ , הוא הגבוה יותר? נמק.

### התשובה:

התמיסה של חומצה לשימוש ביתי. התמיסות החומציות הן חומצה לשימוש ביתי וחומץ תפוחים. ככל שה-pH נמוך יותר, ריכוז יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  בתמיסה גבוה יותר. ה-pH של תמיסת החומצה לשימוש ביתי נמוך מה-pH של תמיסת חומץ תפוחים.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו לזהות את שתי התמיסות החומציות ולקבוע באיזו תמיסה ריכוז יוני הידרוניום,  $H_3O^+_{(aq)}$ , גבוה יותר.

תלמידים מעטים טעו בהסבר הקשר בין ערך ה-pH לבין ריכוז יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  בתמיסה:

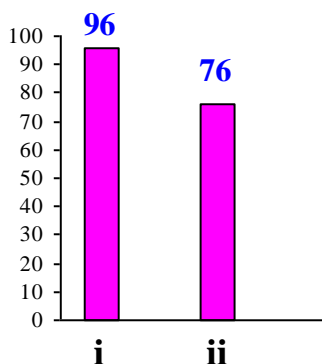
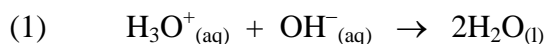
- "תמיסה של pH גבוהה היא התמיסה של חלב מגנזיה, מה יש יותר יוני  $H_3O^+_{(aq)}$ ."

## המלצות:

מומלץ להציג לתלמידים, בתור העמקה, את הקשר בין ריכוז יוני הידרוניום ל-pH התמיסה, המופיע בספר לימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת ד"ר דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע, בעמודים 97-99.

## סעיף ב' (הציון 84)

ערבבו שתיים מן התמיסות המימיות של החומרים שבטבלה, התרחשה תגובה (1):



## תת-סעיף i (הציון 96)

ציין שתי תמיסות המגיבות זו עם זו על פי תגובה (1).

### התשובה:

אחת מהאפשרויות:

- חומצה לשימוש ביתי וסודה לשתייה
- חומצה לשימוש ביתי וחלב מגנזיה
- חומץ תפוחים וסודה לשתייה
- חומץ תפוחים וחלב מגנזיה

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים בחרו נכון בתמיסות שמגיבות על פי תגובה (1). תלמידים מעטים בחרו בתמיסות הנכונות, אך במקום השמות שבטבלה רשמו את נוסחאות החומרים:

- "בין  $\text{NH}_3(aq)$  לבין  $\text{HCl}(aq)$ ."
- "בין  $\text{NaOH}(aq)$  לבין  $\text{HCl}(aq)$ ."

## המלצות:

מומלץ לתרגל עם התלמידים רישום ניסוחים יוניים מלאים של תגובות סתירה שונות ולהדגיש שלכל התגובות יש אותו ניסוח נטו.

## תת-סעיף ii (הציון 76)

לאחר ערבוב שתי התמיסות שצינת בתת-סעיף ב i הוסיפו לתמיסה שהתקבלה כמה טיפות של אינדיקטור, וערבבו. התקבל גוון ורוד. הסבר מדוע התקבל גוון ורוד.

### התשובה:

מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) בתמיסה החומצית היה גדול ממספר המולים של יוני  $\text{OH}^-$  (aq) בתמיסה הבסיסית. לאחר הערבוב יש בתמיסה עודף של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) שלא הגיבו (אנ): ה-pH של התמיסה קטן מ-7, ולכן גוון התמיסה בנוכחות האינדיקטור הוא ורוד.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

רוב התלמידים קישרו את הצבע הורוד של התמיסה עם האינדיקטור לעודף של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) שלא הגיבו. יחד עם זאת, אותרו מספר סוגים של טעויות אופייניות:

- ♦ חוסר התייחסות להשוואה בין הריכוזים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) ויוני  $\text{OH}^-$  (aq), ז.א. לעודף של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq):
  - "ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) גבוה."
- ♦ התייחסות לאינדיקטור כאל חומר "האחראי" על שינוי מידת החומציות של התמיסה:
  - "התקבל און ורוד לאחר הוספת טיפות האינדיקטור, מכיוון שאינדיקטור הכיל תמיסה חומצית שרמה לתמיסה הניטרלית בצבע כחול לשנות את און בהדרגה לצבע של אינדיקטור חומצי."
- ♦ "הוספת אינדיקטור מורידה את הריכוז של יוני  $\text{OH}^-$  (aq). לכן pH יורד והתקבל און ורוד."
- ♦ קשר שגוי בין חוזק החומצה לבין ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) לאחר תגובת סתירה:
  - "האון הפך לורוד מכיוון שהחומצה חזקה מאוד - יותר חזקה מהבסיס שאיתו התרחשה תגובת סתירה."
  - "החומצה הייתה חזקה והבסיס היה חלש."
- ♦ התייחסות למיהול על ידי המים שנוצרו בתגובת סתירה:
  - "בין חומצה לשימוש ביתי לבסיס חלש מאנליה התרחשה תגובת סתירה שבמהלכה התקבלו מים. לאינדיקטור מ' כרוב יש צבע אדום כהה. כאשר הוסיפו את האינדיקטור המים מהלו את הצבע האדום הכהה והתמיסה קיבלה און ורוד."

## המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים שבכל תמיסה מימית נוכחים שני סוגי היונים: יוני  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) ויוני  $\text{OH}^-$  (aq). ראו המלצה בסעיף א'.

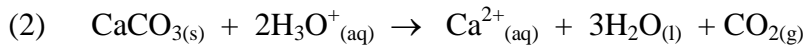
מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים כמותיים שבהם יש לקבוע אם בתמיסה נשאר עודף של אחד מהמגיבים, למשל סעיף ב' בשאלה 7 בבחינת הבגרות תשע"ד.

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים ממוחשבים שבהם מוסיפים מים מזוקקים לתמיסה של חומצה ובנפרד לתמיסה של בסיס. pH התמיסה משתנה עם המיהול, אך נשאר בתחום החומצי במקרה של מיהול חומצה ובתחום הבסיסי במקרה של מיהול בסיס. יש להקפיד לבצע ניסויים אלה עם תמיסות של חומצות חזקות ושל בסיסים חזקים, כי על פי הסילבוס לא נלמד שיווי-משקל בתמיסות של חומצות ובסיסים חלשים.

## סעיף ג' (הציון 82)

סידן פחמתי,  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ , הוא המרכיב העיקרי של אבנית המצטברת בחדרי אמבטיה. להסרת האבנית אפשר להשתמש בחומצה לשימוש ביתי, שהיא תמיסה מימית של חומצת מימן כלורי,  $\text{HCl}(\text{aq})$ .

תמיסת  $\text{HCl}(\text{aq})$  מגיבה עם  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  על פי תגובה (2):



חשב את המסה של  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  שאפשר להסיר באמצעות 240 מ"ל תמיסת  $\text{HCl}(\text{aq})$  בריכוז 0.3M. פרט את חישוביך.

## התשובה:

$$0.24 \text{ liter} \times 0.3 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.0072 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של חומצת } \text{HCl}(\text{aq}) :$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  מגיב עם 2 מול יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ .

$$\frac{0.0072 \text{ mol}}{2} = 0.0036 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } \text{CaCO}_3(\text{s}) \text{ שהגיבו} :$$

$$100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \quad \text{המסה המולרית של } \text{CaCO}_3(\text{s}) :$$

$$0.0036 \text{ mol} \times 100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 3.6 \text{ gr} \quad \text{המסה של } \text{CaCO}_3(\text{s}) :$$

$\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$					
100					מסה מולרית (גרם למול)
1	2				יחס המולים בניסוח תגובה
0.036	← 0.0072				מספר המולים נתון/נדרש בניסוי ספציפי
↓ 3.6					מסה נתונה/נדרשת בניסוי ספציפי (גרם)
	0.3				ריכוז מולרי של מומס בתמיסה (M)
	0.24				נפח התמיסה נתון/נדרש בניסוי ספציפי (ליטר)

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

### ניתוח טעויות אופייניות

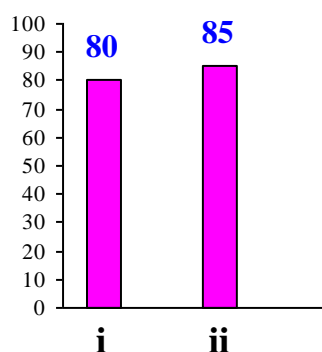
הציון גבוה. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים. רוב התלמידים שטעו התעלמו מיחס המולים בניסוח תגובה וכתבו שמספר המולים של  $\text{CaCO}_{3(s)}$  שהגיבו הוא 0.0072 מול.

### המלצות:

מומלץ לתת לתלמידים יותר שאלות עם חישובים סטויכיומטריים על פי התגובות שיחס המולים בין החומרים המעורבים בתגובה שונה מ- 1:1.

### סעיף ד' (הציון 81)

במעבדה הכינו תמיסות מימיות של שלושה חומרים: חומצה חנקתית,  $\text{HNO}_{3(l)}$ , אשלגן חנקתי,  $\text{KNO}_{3(l)}$ , ואמוניה,  $\text{NH}_{3(g)}$ . כל תמיסה הוכנה בכלי נפרד.

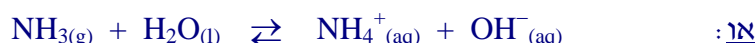




## תת-סעיף i (הציון 80)

נסח את התהליך שהתרחש כאשר הכינו כל אחת משלוש התמיסות.

### התשובה:



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ניסחו נכון את התגובות של חומצה ושל בסיס, שהוא חומר מולקולרי, עם מים ותהליך ההמסה במים של חומר יוני. הטעות האופיינית היא רישום ניסוחים "מולקולריים":

- $\overset{\text{HNO}_3}{\text{HNO}_{3(l)}} \rightarrow \overset{\text{HNO}_3}{\text{HNO}_{3(aq)}}$
- $\overset{\text{KNO}_3}{\text{KNO}_{3(s)}} \rightarrow \overset{\text{KNO}_3}{\text{KNO}_{3(aq)}}$
- $\overset{\text{NH}_3}{\text{NH}_{3(g)}} \rightarrow \overset{\text{NH}_3}{\text{NH}_{3(aq)}}$

### המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדלים בין תהליכי ההמסה במים של חומרים מולקולריים, שהם לא חומצות או בסיסים, לבין התגובות של חומצות ובסיסים עם מים. שאלה לדוגמה:

לפניך נוסחאות של מספר חומרים:

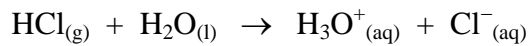
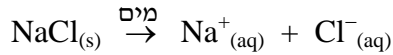


א. מייין את החומרים לפי הסביבה, שנוצרת לאחר ההמסה של כל אחד מהחומרים במים, לקבוצות הבאות: חומצה, בסיס, לא חומצה ולא בסיס, יכול להתנהג גם כחומצה וגם כבסיס. היעזר בדפי התגובות של חומצות ובסיסים (גם בדף התגובות שתלמיד צריך להכיר ולנסח וגם בדף התגובות שתלמיד צריך רק להכיר).

ב. נסח את תהליכים המתרחשים כאשר מכניסים למים את החומרים שזיהית בסעיף א' כחומצות וכבסיסים. ציין בכל ניסוח מהו הבסיס ומהי החומצה במגיבים. נמק.

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים פשוטים שבהם מכניסים למים חומרים שונים (למשל חומרים המופיעים בשאלה לדוגמה) ובודקים אם מתרחשת המסה בלבד או תגובה עם המים, למשל באמצעות מד-הולכה חשמלית. לאחר מכן מומלץ לבקש מהתלמידים לתאר ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית את החומרים לפני הכנסתם למים ואת התמיסות המתקבלות, ולנסח את התהליכים המתרחשים.

מומלץ להשוות בין תהליך המסה במים של חומר יוני, שבו משתחררים יונים, לבין המסה במים של חומר מולקולרי המגיב עם מים תוך היווצרות יונים. למשל:



קישורים לאנימציות הממחישות את המסת חומר יוני במים :

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

[http://academic.cengage.com/biology/discipline\\_content/animations/dissolving\\_salt.html](http://academic.cengage.com/biology/discipline_content/animations/dissolving_salt.html)

## תת-סעיף ii (הציון 85)

לכל אחת משלוש התמיסות הוסיפו כמה טיפות של האינדיקטור.

קבע באיזו מן התמיסות התקבל גוון כחול-ירוק. נמק.

### התשובה :

תמיסת  $\text{NH}_3_{(aq)}$ .

גוון התמיסה כחול-ירוק, כלומר התמיסה היא בסיסית (בתמיסה בסיסית יש יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ ).

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים זיהו את תמיסת ה-  $\text{NH}_3_{(aq)}$ , שהיא התמיסה הבסיסית היחידה בין שלוש התמיסות הנתונות בסעיף זה. הטעויות המעטות שאותרו מצביעות על חוסר הבחנה בין בסיס לתמיסה בסיסית :

• "אנכי הלא חומר בסיסי".

### המלצות :

מומלץ לחדד לתלמידים את המושגים "בסיסי" ו"תמיסה בסיסית", "חומצה" ו"תמיסה חומצית" : בסיס - חומר שהחלקיקים שלו מסוגלים למסור פרוטונים.

תמיסה בסיסית - תמיסה מימית שבה ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  קטן מריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ .  
חומצה - חומר שהחלקיקים שלו מסוגלים לקלוט פרוטונים.

תמיסה חומצית - תמיסה מימית שבה ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  גדול מריכוז יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$ .

בעת הוראת הפרק "חומצות ובסיסים" מומלץ לבצע עם התלמידים יישומון שהוא למעשה סרט אינטראקטיבי שבו אפשר לקבוע את המשך הסרט ואת סופו - לפי הבחירות שעושים במהלך הסרט. היישומון עוסק בתגובות חומצה-בסיס ופותח על פי תוכנית הלימודים בנושא חומצה בסיס בישראל, על ידי די"ר דבורה קצביץ ודי"ר מלכה יאיון, לפי תגובות החומצה והבסיס שצריך לדעת לבגרות. הוא מאפשר להבין איך נראות התגובות הכימיות בפועל, מעבר לניסוחי התגובה. היישומון נמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף :

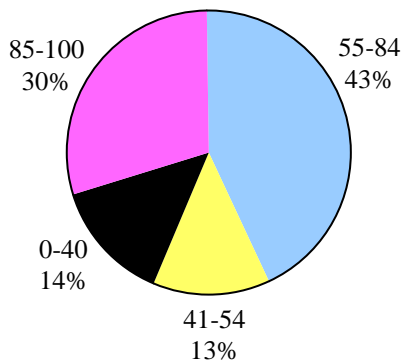
<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1062>

## שאלה 8

### כימיה של מזון

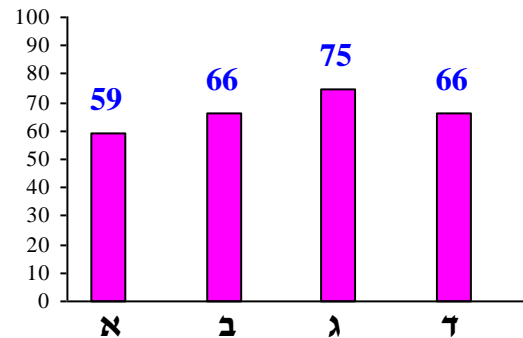
#### פיזור ציונים

בחרו בשאלה 47% מהתלמידים



#### ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 68

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



#### כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לבצע חישובים פשוטים המבוססים על הבנת היחסים ומשמעות המושג "אחוז".
- להבחין בין אפימרים של גלוקוז כשנתונה נוסחת הייזורה של גלוקוז.
- לקבוע על פי נוסחת הייזורה אם זאת נוסחה של אנומר  $\alpha$  או של אנומר  $\beta$ .
- לזהות יחידות של חד-סוכרים בדו-סוכר, כולל טבעות "מסובבות" ו"הפוכות".
- להסביר מהי מוטרוטציה ולקבוע אם היא מתרחשת בתמיסה המימית של הסוכר הנתון.
- לקרוא ולרשום נוסחאות ייצוג שונות של חומצות שומן: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר של נוסחות מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה.
- לציין ולהסביר את הגורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הפועלים בין מולקולות של חומצות שומן.
- להסביר השפעת קשרים כפולים בתוך מולקולות של חומצות שומן על חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות ועל טמפרטורות היתוך של חומצות שומן.
- להסביר את ההבדל בין טמפרטורות ההיתוך של איזומר ציס ואיזומר טרנס של חומצת שומן: התארגנות שונה של מולקולות, השפעת התארגנות המולקולות על חוזק הכוחות הבין מולקולריים והשפעת החוזק של כוחות אלה על טמפרטורות ההיתוך.
- לזהות, על פי ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של טריגליצריד, מאילו חומצות שומן נוצר טריגליצריד זה.
- לנסח את תגובת ההידרוליזה של טריגליצריד.

## רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

### פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בחלב-אם, שהוא המזון הטבעי הבסיסי של תינוק בחודשי חייו הראשונים. מלבד מים, חלב-אם מכיל גם פחמימות, שומנים, חלבונים וויטמינים.

### סעיף א' (הציון 59)

הערך הקלורי של 100 מ"ל חלב-אם הוא 70 קילו-קלוריות. נפח של 100 מ"ל חלב-אם מכיל 7.4 גרם פחמימות המספקות 42.3% מהערך הקלורי של החלב. חשב את הערך הקלורי של 1 גרם פחמימות. פרט את חישוביך.

### התשובה:

$$70 \text{ kcal} \times \frac{42.3}{100} = 29.61 \text{ kcal} \quad \text{כמות האנרגיה ש- 7.4 גרם פחמימות מספקים:}$$

$$\frac{29.61 \text{ kcal}}{7.4 \text{ gr}} = 4 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}} \quad \text{הערך הקלורי של 1 גרם פחמימות:}$$

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא חוסר הבנה של משמעות המושג "אחוז", וקושי בביצוע חישובים פשוטים המבוססים על שימוש ביחסים:

$$\begin{aligned} & \bullet \quad 7.4 \text{ gr} \quad \text{---} \quad 42.3\% \\ & \quad 1 \text{ gr} \quad \quad \text{---} \quad X \\ & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad X = 1.42 \times \frac{3}{7.4} = 5.72\% \\ \\ & \quad 42.3\% \quad \quad \text{---} \quad 70 \text{ kcal} \\ & \quad 5.72\% \quad \quad \text{---} \quad X \\ & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad X = 70 \times \frac{5.72}{42.3} = 9.5 \text{ kcal} \end{aligned}$$

## המלצות:

הטעויות בסעיף זה נובעות מחוסר מיומנות בפעילויות חשבוניות פשוטות. מומלץ לתרגל שאלות מסוג זה.

שאלה לדוגמה:

כל אחד ממרכיבי תזונה עיקריים - פחמימות, שומנים וחלבונים מספקים לגוף כמות קילוקלוריות שונה:

1 גרם פחמימה מספק 4 kcal

1 גרם חלבון מספק 4 kcal

1 גרם שומן מספק 9 kcal



לפניך הרכב תזונתי של מילקי עם שוקולד לבן:

א. מהי כמות האנרגיה שמספקים לגוף 100 גרם מילקי? פרט את חישוביך.

פתרון:

$$4 \text{ kcal} \times 19.6 + 4 \text{ kcal} \times 2.4 + 9 \text{ kcal} \times 16 = 232 \text{ kcal}$$

ב. על פי התוצאה של קיבלתה בסעיף א', קבע את אחוז כמות האנרגיה שמספקים לגוף השומנים מתוך כמות האנרגיה שמספקים לגוף 100 גרם מילקי. נמק.

פתרון:

$$9 \text{ kcal} \times 16 = 144 \text{ kcal} \quad \text{כמות האנרגיה שמספקים השומנים:}$$

אחוז כמות האנרגיה שמספקים לגוף השומנים מתוך כמות האנרגיה שמספקים לגוף

$$\frac{144 \text{ kcal} \times 100\%}{232 \text{ kcal}} = 62\% \quad \text{100 גרם מילקי:}$$

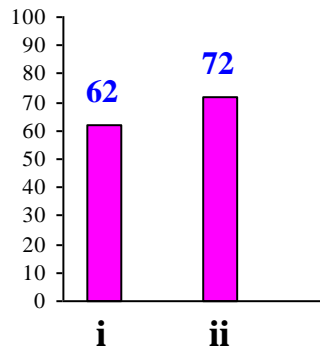
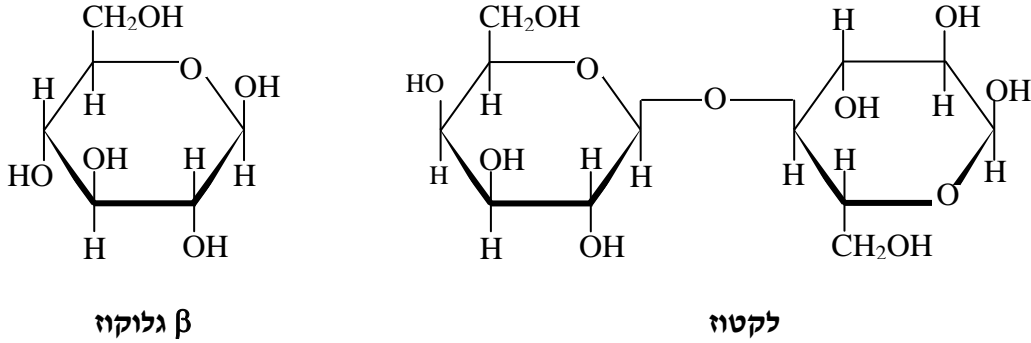
אפשר לבנות תרגילים דומים עם מוצרי מזון שונים, למשל:



ערך תזונתי ל-100 גר' מוצר	
10.9	חלבונים (גרם)
41.2	פחמימות (גרם)
7	כלל סיבים תזונתיים (גרם)
3.3	שומנים (גרם)
0.9	מתוכם שומן רווי (גרם)
0.5-מ-	מתוכם שומן טראנס (גרם)
2.5-מ-	מתוכם כולסטרול (מ"ג)
368	נתח (מ"ג)

## סעיף ב' (הציון 66)

הדו-סוכר היחיד בחלב-אם הוא לקטוז. מולקולה של לקטוז בנויה מיחידת גלוקוז ומיחידת גלקטוז. לפניך נוסחאות הייגורת של לקטוז ושל  $\beta$  גלוקוז:



## תת-סעיף i (הציון 62)

קבע אם טבעת הגלקטוז במולקולת הלקטוז היא  $\alpha$  גלקטוז או  $\beta$  גלקטוז. נמק.

### התשובה:

$\beta$  גלקטוז.

בטבעת הגלקטוז קבוצת OH- שיצרה את הקשר הגליקוזידי נמצאת באותו כיוון כמו המתילול (או: מעל מישור הטבעת) ולכן זאת טבעת של  $\beta$  גלקטוז.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. הטעות האופיינית העיקרית היא התייחסות אל טבעת גלוקוז במקום אל טבעת גלקטוז:

- "α גלוקוז, כי אטום מימן סונה למעלה."

טעות זו נובעת מחוסר הבחנה בין אפימרים - גלוקוז וגלקטוז, למרות שבשאלה נתונה טבעת גלוקוז ולכן אפשר לזהות בקלות מהי טבעת גלקטוז בלקטוז, שהיא שונה מטבעת גלוקוז.

## תת-סעיף ii (הציון 72)

תמיסה מימית של לקטוז מכילה תמיד גם  $\alpha$  לקטוז וגם  $\beta$  לקטוז. הסבר מדוע.

### התשובה:

על אטום פחמן מספר 1 (C-1) ביחידת הגלוקוז יש קבוצת -OH. בתמיסה מימית מתרחש תהליך המוטרוטציה. בתהליך זה יש מעבר מ- $\alpha$  לקטוז ל- $\beta$  לקטוז ולהפך.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ציינו שמתרחש תהליך המוטרוטציה, אך התקשו בהסבר טעויות אופייניות:

- "תמיסה מימית של לקטוז מכילה תמיד גם  $\alpha$  לקטוז וגם  $\beta$  לקטוז, מפני שהתמיסה מורכבת מ- $\alpha$  ו- $\beta$  סוכרים - אחד  $\alpha$  ואחד  $\beta$ ."
- "בתהליך המוטרוטציה מתפרק קשר גליקוסידי ונוצרות טבעות של חד סוכרים - גלוקוז ואלקטוז, ואז יש מעבר מצורת  $\alpha$  לצורת  $\beta$ ."

### המלצות:

הנושא סוכרים, על פי התוכנית החדשה, נכלל ב- 30%. במרכז הארצי למורי הכימיה, פותחו פעילויות להוראת הנושא.

#### פחמימות

פעילויות בהערכה חלופית בנושא פחמימות:

- חלק I: כתיבת עבודה זוגית על פי הסרטון "ארוחה משפחתית" - צפייה בסרטון וחקר רשת מפתחות המשימה: רחל אידלמן, שרה אקונס, זיוה בר-דב.
- חלק II: הוראת נושא פחמימות בשילוב עבודה עם מודלים מפתחות המשימה: זיוה בר-דב, שרה אקונס, רחל אידלמן.

#### תשבץ מתוק

הערכה מסכמת חלופית לנושא סוכרים.

מפתחות המשימה: ד"ר מלכה יאיון וד"ר דבורה קצביץ.

#### עריכת סקר ושאלון

מפתחת: ד"ר אורית הרשקוביץ, הטכניון, המחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה.

הפעילויות נמצאות בחלק "הערכה חלופית", בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1395>

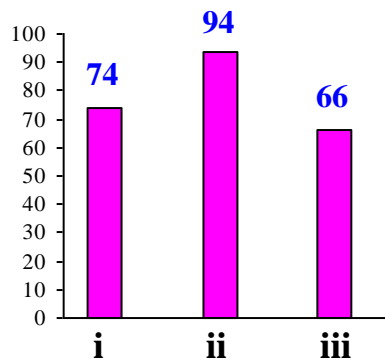
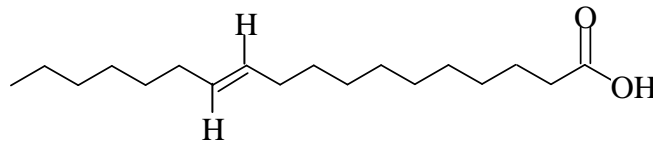
### פתיח לסעיפים ג'-ד'

בטבלה שלפניך מוצגות חומצות השומן העיקריות המרכיבות טריגליצרידים בחלב-אם.

חומצת השומן	סמל	רישום מקוצר של חומצת השומן
חומצה פלמיטית	P	C16:0
חומצה אולאית	O	C18:1 $\omega$ 9, cis
חומצה לינולאית	L	C18:2 $\omega$ 6, cis, cis

### סעיף ג' (הציון 75)

חומצה ואקסנית (vaccenic acid) היא חומצת שומן המצויה בחלב-אם בכמות קטנה. לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת חומצה ואקסנית :



### תת-סעיף i (הציון 74)

כתוב רישום מקוצר של חומצת שומן זו.

**התשובה:**

C18:1 $\omega$ 7, trans

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



### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים רשמו נכון את הרישום המקוצר. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא אי-ציון של סוג האיזומר הגיאומטרי או קביעה שגויה של סוג זה:

- $C_{18:1\omega 7}$
- $C_{18:1\omega 7, cis}$
- $C_{16}H_{34}O_2$

טעות נוספת היא רישום נוסחה מולקולרית:

### תת-סעיף ii (הציון 94)

קבע איזו מחומצות השומן שבטבלה היא איזומר של חומצה ואקסנית. נמק.

#### התשובה:

חומצה אולאית.

במולקולות של כל אחת משתי חומצות השומן יש אותו מספר של אטומי פחמן וקשר כפול אחד (אן: אותו מספר של קשרים כפולים).

אן: לשתי חומצות השומן יש אותה נוסחה מולקולרית ( $C_{18}H_{34}O_2$ ).

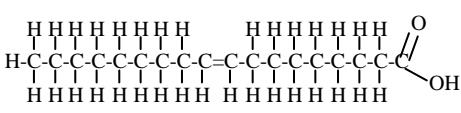
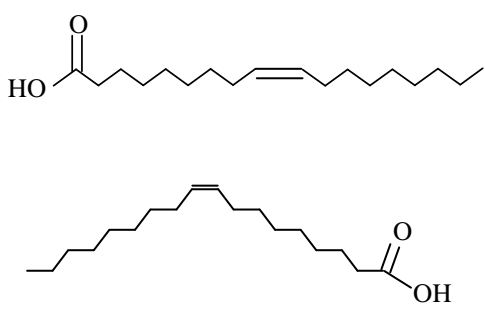
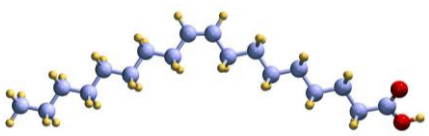
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים קבעו נכון שחומצה אולאית היא איזומר של חומצה ואקסנית. כמעט ולא הופיעו טעויות.

#### המלצות:

מאחר וקיימות צורות ייצוג שונות של חומצות שומן, מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלה, המציגה והמסכמת צורות ייצוג שונות ותפקידן.

דוגמה	לא ניתן לראות בנוסחה	ניתן לראות בנוסחה	צורת ייצוג
$C_{18}H_{34}O_2$	סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טראנס, איזומרים מבנה מרחבי של מולקולה	סוגי אטומים ומספרם במולקולה	נוסחה מולקולרית
$C_{18:1\omega 9}$ , cis	מבנה מרחבי של מולקולה	סוגי אטומים ומספרם במולקולה, סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טראנס, איזומרים	רישום מקוצר
	מבנה מרחבי של מולקולה	סוגי אטומים ומספרם במולקולה, סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טראנס, איזומרים	ייצוג מלא לנוסחת מבנה
	מבנה מרחבי של מולקולה, לא רשומים אטומי C ואטומי H שקשורים אליהם	סוגי אטומים ומספרם במולקולה, סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טראנס, איזומרים	ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה
	-	סוגי אטומים ומספרם במולקולה, סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טראנס, איזומרים, מבנה מרחבי של מולקולה,	מודלים מרחביים

ניתן להשתמש בטבלה זו כאשר חלק מהמידע לא כתוב ולבקש מהתלמידים להשלים את החסר.

### תת-סעיף iii (הציון 66)

טמפרטורת ההיתוך של חומצה ואקסנית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של האיזומר שצינת בתת-סעיף ג ii. הסבר מדוע.

## התשובה :

בכל מולקולה של חומצה אולאית יש קשר כפול במבנה ציס .  
קשר כפול יוצר קשיחות במבנה המולקולה, במבנה ציס גורם לכיפוף במולקולה.  
כתוצאה מכך, במצב מוצק, המולקולות של חומצה אולאית אינן יכולות להתארגן באריזה צפופה  
(או : מתארגנות האריזה פחות צפופה).  
בכל מולקולה של חומצה ואקסנית יש קשר כפול במבנה טרנס .  
קשר כפול במבנה טרנס אינו גורם לכיפוף במולקולה, לכן מולקולות של חומצה ואקסנית מסוגלות  
להתארגן באריזה צפופה ומסודרת.  
אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של חומצה ואקסנית חזקות מאינטראקציות  
ון-דר-ואלס שבין המולקולות של חומצה אולאית.  
(נדרשת אנרגיה גדולה יותר להחליש את כוחות המשיכה שבין המולקולות של חומצה ואקסנית .)  
לכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה ואקסנית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים חלקיים, שלא מתייחסים לכל  
הגורמים המשפיעים על טמפרטורות היתוך של חומצות שומן.

## המלצות:

מומלץ לתת לתלמידים שאלות דומות ולעזור להם לכתוב הסברים מלאים. ראו המלצות לסעיף א'  
בשאלה 8 בניתוח בגרות תשע"ד.

## סעיף ד' (הציון 66)

יש תינוקות הניזונים מתחליף לחלב-אם.  
הטריגליצריד שהוא מקור לחומצה פלמיטית שונה בחלב-אם מזה שבתחליף :  
בחלב-אם הטריגליצריד הוא OPO, ואילו בתחליף החלב הטריגליצריד הוא POP .  
מבצעים הידרוליזה של שני הטריגליצרידים OPO ו-POP .  
קבע אם תוצרי ההידרוליזה של שני הטריגליצרידים זהים או שונים. נמק.

## התשובה :

תוצרי ההידרוליזה של שני הטריגליצרידים זהים.  
שני הטריגליצרידים מורכבים מאותם סוגים של חומצות שומן (חומצה פלמיטית וחומצה אולאית).  
לקבל גם : תוצרי ההידרוליזה של שני הטריגליצרידים שונים, כי סוג חומצות השומן זהה, אך היחס  
בין מספר המולים של חומצות השומן שונה.

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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לזהות, על פי ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של טריגליצריד, מאילו חומצות שומן הוא נוצר. הטעות האופיינית העיקרית היא בלבול בין תהליך ההידרוליזה לבין תהליך ההידרוגנציה:

- "התוצרים שונים. הידרוליזה זה תהליך של סיפוח מימן לקשרים הכפולים על מנת להפוך אותם לקשרים יחידים, ובתהליך זה מתקבלים תוצרים שונים."
- "תוצרים שונים, משום שכמות המימן שונה: f-OPO צריך יותר מימן מאשר f-POP."

## המלצות:

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין תהליך ההידרוליזה לבין תהליך ההידרוגנציה. אפשר לבקש מהתלמידים לפתור שאלות שבהן נקשרת ההשוואה בין תהליכים אלה להיבט מעשי. שאלה לדוגמה:

משמן זית אפשר להפיק מוצרים שונים, כמו ממרחים או סבונים. נתונים רישומים מקוצרים של שתי חומצות שומן שהן המרכיבים העיקריים של טריגליצרידים בשמן זית:



חומצת שומן	אולאית	לינולאית
נוסחה מולקולרית	$C_{18}H_{34}O_2$	$C_{18}H_{32}O_2$
רישום מקוצר	$C_{18:1\omega 9, cis}$	$C_{18:2\omega 6, cis, cis}$

- רשום ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של טריגליצריד המורכב משני שיירים של חומצה לינולאית ומשייר אחד של חומצה אולאית.
- נסח את תגובת ההידרוגנציה של הטריגליצריד הנתון.
- נסח את תגובת ההידרוליזה של הטריגליצריד הנתון.

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מבחינות הברורות הקודמות העוסקות בחומצות שומן ובטריגליצרידים:

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| בגרות תשע"ב - שאלה 8                 | בגרות תשע"ג - שאלה 8                 |
| בגרות תשס"ט - שאלה 1 סעיף ח', שאלה 8 | בגרות תשע"א - שאלה 8                 |
| בגרות תשס"ז - שאלה 8                 | בגרות תשס"ח - שאלה 1 סעיף ח', שאלה 8 |
|                                      | בגרות תשס"ו - שאלה 9 חלק א'          |