

## ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלונים 037381 ו-037387 תשפ"ד

הוכן על-ידי: **בוגרי הקורסים למורים מובילים**  
במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה  
בראשות: **זיוה בר-דב**  
צוות הכתיבה: **אורית וינשטוק**  
**חולוד חלף**  
**ריס סאבא**  
**אלה פרוטקין-זילברמן**  
**רחל קלנר**  
**עדינה שינפלד**  
**נאוה תמם**

### יעוץ מדעי ופדגוגי

מכון ויצמן למדע:	משרד החינוך:
פרופ' רון בלונדר	ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה
פרופ' גלעד הרן	מדריכות כימיה:
ד"ר רחל ממלוק-נעמן	לימור באום
ד"ר דבורה מרצ'ק	יסמין ג'נאח חמוד
ד"ר דבורה קצביץ	ד"ר אורית ויצמן
	ד"ר ורדה כספי
	ד"ר ענבל לפידות
	ניהאל נאסר
	רונית פיס דוד
	ד"ר חגית שפק

פברואר 2025

## תוכן עניינים

עמ'

3.....	ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה_שאלונים 037381 ו-037387 תשפ"ד
5.....	קישורים לחומרים המומלצים בניתוח השאלות מבחינת הבגרות תשפ"ד באתרים העוסקים בהוראת הכימיה
9.....	ניתוח התוצאות של השאלות רבות הברירה - שאלות 1-8 בבחינת הבגרות תשפ"ד
11.....	1 ניתוח התוצאות של שאלה
13.....	2 ניתוח התוצאות של שאלה
16.....	3 ניתוח התוצאות של שאלה
22.....	4 ניתוח התוצאות של שאלה
25.....	5 ניתוח התוצאות של שאלה
28.....	6 ניתוח התוצאות של שאלה
33.....	7 ניתוח התוצאות של שאלה
36.....	8 ניתוח התוצאות של שאלה
38.....	ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות בבחינת הבגרות תשפ"ד
39.....	9 ניתוח התוצאות של שאלה 9 ניתוח קטע ממאמר מדעי
59.....	10 ניתוח שאלה מבנה האטום, מבנה וקישור
78.....	11 ניתוח שאלה חומצות שומן
90.....	12 ניתוח שאלה חומצות ובסיסים, חישובים
105.....	13 ניתוח שאלה חמצון-חיזור, מבנה וקישור
121.....	14 ניתוח שאלה חישובים
140.....	קישורים לחומרים מומלצים נוספים שאינם קשורים לניתוח השאלות מבחינת הבגרות, באתרים העוסקים בהוראת הכימיה

## **ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה** **שאלונים 037381 ו-037387 תשפ"ד**

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות נעשה על ידי מדריכות לכימיה ומורות מובילות, בעלות ניסיון רב בהכנה ובהגשה לבגרות.

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות הנוכחית מופיע [באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע](#)  
וב- [אתר המפמ"ר](#).

### **בחינת הבגרות בכימיה שאלונים 037381 ו-037387**

הפרק הראשון של הבחינה הוא פרק חובה המכיל:

- שמונה שאלות סגורות (שאלות 1-8).
- שאלה 9 - ניתוח קטע ממאמר מדעי.

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

ניתוח שאלות 1-8 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד: ציוני שאלות 1-8 בשני השאלונים, וממצאי המדגם הנעשה על ידי המעריכים הבכירים לפני הערכת הבחינה: שכיחות המסיחים בשאלון 037381. ניתוח השאלות הפתוחות 9-14 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד - ציוני שאלות וציוני סעיפים, על ציוני המדגם הנעשה על ידי המעריכים הבכירים - ציוני תת-סעיפים, ועל טעויות אופייניות שאותרו על-ידי מעריכי בחינת הבגרות.

השנה ניגשו לבחינה **12,262** תלמידים, על פי הממצאים של מכון סאלד:

**11,946** תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037381

**316** תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037387 - בחינה מתוקשבת.

תכנית הלימודים בכימיה דורשת לימוד מעמיק של טעויות אופייניות של תלמידים שמופיעות בתשובות התלמידים בבחינות הבגרות ומציאת דרכים להתגבר על טעויות אלה ואף למנוע אותן בעזרת חומרי הוראה מתאימים ודרכי הוראה מגוונות. ארגון של ניתוח התוצאות של בחינות הבגרות נעשה בהתאם לתוכנית הלימודים הנוכחית בהיקף של 55% (מתוך 70%), עם דגש על היערכות לטיפול בקשיי למידה.

ניתוח בחינות הבגרות משמש כלי עבודה יעיל ומהימן להתמקצעות מורים, והוא בעל המאפיינים הבאים:

- הניתוח מאפשר הבנת קשיי למידה הנובעים ממודלים מנטליים מוטעים, שימוש מושכל בחומרי הלמידה ועוד.
- הניתוח מאפשר פיתוח אסטרטגיות הוראה שונות ודרכים יעילות להבנת מושגים מדעיים.
- עבור פרחי הוראה, מורים בתחילת דרכם ומורים אשר עדיין לא הגישו תלמידים לבחינת הבגרות בכימיה, הניתוח משמש תמיכה מיוחדת, משום שהוא חושף אותם לבחינת הבגרות כתוצר למידה שמסכם את כל תכנית הלימודים (כולל ידע ומיומנויות). כמו כן, מאפשר להם ללמוד כיצד להנחות תלמידים לכתוב תשובות טובות ומלאות.

- הניתוח כולל עיבוד טעויות אופייניות של תלמידים המאותרות במהלך ההערכה של בחינת הבגרות. כל הטעויות של התלמידים נאספו ממחברות הבחינה על ידי מעריכי בחינת הבגרות על פי בקשתנו. המעריכים רשמו ציטטות מתשובות שגויות. כל חברות הצוות של כתיבת החוברת של ניתוח בחינת הבגרות הן מעריכות ומחציתן מעריכות בכירות. כל חברות הצוות רשמו ציטטות רבות ככל האפשר ממחברות הבחינה.
- החוברת כוללת את ניתוח הסיבות לטעויות והסבר למקורות אפשריים שלהן.
- הניתוח כולל המלצות למורים: הדגשים בהוראה (תרגול, ניסויים, דפי עבודה, מצגות, אנימציות) אשר עשויים לסייע למורה להתגבר על הקשיים שבהם נתקלים התלמידים.

**איתור ואיסוף טעויות אופייניות של תלמידים כרוך במאמצים רבים מצד המעריכים,  
ועל כך תודתנו הרבה.**

**קישורים לחומרים המומלצים בניתוח השאלות מבחינת הברגות תשפ"ד  
באתרים העוסקים בהוראת הכימיה**

מס'	שאלה וסעיף	קישור	פירוט
<b>א. אתר מפמ"ר כימיה, משרד החינוך</b>			
1 א	5, 6, 7, 12	<a href="#">דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור</a>	דוגמאות לתגובות שהתלמיד צריך להכיר, שיינתנו לתלמידים לפי הצורך כנתון בשאלות הברגות - נספח 4 לסילבוס "דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור".
2 א	10ה, 11, iא13	<a href="#">המונתון לנוסחאות של חומרים</a>	מונתון לנוסחאות של חומרים - נספח 1 לסילבוס, שפורסם על ידי הפיקוח על הוראת הכימיה.
3 א	10ה	<a href="#">רמות הבנה בכימיה</a>	נספח 3 לסילבוס: דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות (מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל).
4 א	9ה	<a href="#">שימוש באינדיקטורים ותכונות חומצה בסיס</a>	ניסוי חקר כמו "שימוש באינדיקטורים ותכונות חומצה בסיס", מעבדות חקר - מאגר ניסויים ברמות שונות.
5 א	11	<a href="#">דף נוסחאות</a>	דף נוסחאות לשאלון 55% מתוך 70% הכולל נוסחאות לחישובים, קבוצות פונקציונליות לתרכובות פחמן.
6 א	9ב-ג	<a href="#">תובנות מבחינות בגרות</a>	תובנות מבחינות הברגות (בעברית ובערבית)
7 א	10ביי	<a href="#">מבנה וקישור - קשר קוולנטי - סוגי קשרים.</a>	נושא השיעור: נושא השיעור: מבנה וקישור - קשר קוולנטי - סוגי קשרים, מורה: רחל אידלמן.
8 א	6, 7, 9ב-ג, ה, ז, 12, 13ב-1, 14ב	<a href="#">Campus II</a>	<b>קמפוס II</b> - המיזם הלאומי ללמידה דיגיטלית מאפשר לקהלים רחבים התפתחות וקידום לכל אורך החיים - החל בתלמידי תיכון וסטודנטים, דרך מורים, וכל אדם סקרן שמעוניין להרחיב אופקים. <b>קורס "כימיה לעניין"</b> באתר של קמפוס II (השימוש בקורס מחייב הרשמה לקמפוס II - הרישום חינם). הפרקים המוזכרים בחוברת: חומרים מולקולריים, חמצון-חיזור, חומצות ובסיסים.
9 א	7	<a href="#">דרגות חמצון</a>	נושא השיעור: חמצון-חיזור שיעור 2: דרגות חמצון. מורה: מירה תמיר.
<b>מערכת שידור לאומית: מגוון השיעורים המוקלטים ששודרו במסגרת מערכת השידורים הלאומית וצו 8 חינוכי בשנת 2020. השיעורים בתחום הדעת כימיה, המוזכרים בחוברת:</b>			
10.א	11	<a href="#">הכנה לברגות - שומנים</a>	סרטון בערבית - נושא השיעור: הכנה לברגות - שומנים. מורה: נאדיה גנאים.
11 א	1, 10א	<a href="#">היערכות אלקטרונים באטום</a>	נושא השיעור: היערכות אלקטרונים באטום, שיעור 4: יונים ונוסחת ייצוג אלקטרוני באטומים ויונים חד-אטומיים. מורה: יגאל לינקובסקי.
12.א	11	<a href="#">חומצות שומן חלק א חומצות שומן חלק ב</a>	נושא השיעור: חומצות שומן, סרטון. מורה: ערן שמואל. חלק א' וחלק ב'
13.א	10ביי	<a href="#">מבנה וקישור - קשר קוולנטי - סוגי כוחות</a>	נושא השיעור: מבנה וקישור - קשר קוולנטי - סוגי כוחות, מורה: ניהאל נאסר
14.א	12	<a href="#">כימיה, כיתות יא-יב - פורטל עובדי הוראה   מרחב פדגוגי</a>	נושא השיעור: חומצות ובסיסים - חלק ב'. המורה: אורית מולוידזון
<b>ב. אתר המרכז הארצי למורי הכימיה</b>			
1 ב	1, 10א	<a href="#">מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום"</a>	חוברת שהוכנה על ידי מיכאל קויפמן: מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום" - שאלות ותשובות מבחינות הברגות בכימיה תשנ"ח-תשע"ז ושאלות ותשובות נוספות בנושא.
2 ב	2, 3, 4, 9ב-ג, 10ב-ד, iא13-ii	<a href="#">סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"</a>	חוברת: סיכום ניתוח שאלות הברגות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הברגות בכימיה תשנ"ח-תשע"ז: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה, וחוברת המשך - שאלות מבחינות הברגות תשע"ז-תשפ"ג.
3 ב	5, 6, 12	<a href="#">סיכום ניתוח השאלות בנושא חומצות ובסיסים</a>	חוברת: סיכום ניתוח שאלות הברגות בנושא "חומצות ובסיסים" בבחינות הברגות בכימיה תשנ"ט-תשע"ז: קשיי למידה, דרכי הוראה המותאמות לתוכנית הלימודים 30-70, וחוברת המשך: שאלות מבחינות הברגות תשע"ח-תשפ"ג.
4 ב	9א, 14ג-ח	<a href="#">תרגול ושאלות בנושא סטויכיומטריה</a>	חוברת: תרגול ושאלות בנושא "סטויכיומטריה" בבחינות הברגות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 30-70, וחוברת המשך - שאלות מבחינות הברגות תשע"ט-תשפ"ג.
5 ב	10ה, 11, iא13	<a href="#">חוברות ניתוח בגרות</a>	חוברות של ניתוח בגרות תשע"ט-תשפ"ג.

מס'	שאלה וסעיף	קישור	פירוט
ב 6	7, 13-ב1	<a href="#">תרגול ושאלות בנושא חמצון-חיזור</a>	חוברת תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור בבחינות הברגות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 30-70, וחוברת המשך: שאלות מבחינות הברגות תשע"ט-תשפ"ג.
ב 7	7	<a href="#">שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו"</a>	סדנה לפיתוח משימות מבחן - שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו"
ב 8	ii13	<a href="#">הולכת חשמל בחומר יוני</a>	קהילות מורי כימיה: משימה דיאגנוסטית: הפעילות הולכת חשמל בחומר יוני.
ב 9	9ה	<a href="#">חומצות, בסיסים ושלל צבעים</a>	ניסוי: חומצות, בסיסים ושלל צבעים - ניסוי חקר רמה I, עיבוד ע"י נורית דקלו ושרה אקונס לניסוי TEMI "תעלומת קנקן התה הסיני", פנינה יקירביץ.
ב 10	12	<a href="#">סולם pH</a>	משימות בנושא סולם pH - יישומון ודפי עבודה.
ב 11	12	<a href="#">מעבדה וירטואלית בנושא חומצות ובסיסים</a>	יישומון "מעבדה וירטואלית בנושא חומצות ובסיסים". המעבדה כוללת מיהול תמיסות חומציות ובסיסיות והשפעת המיהול על pH.
ב 12	ix13	<a href="#">דוגמאות נוספות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות</a>	מצגת שערכה גליה גויכברג: דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות.
ב 13	14 ג-ח	<a href="#">היבטים כמותיים בכימיה</a>	לומדה: "היבטים כמותיים בכימיה" שהוכנה ע"י ד"ר שלי ליבנה. הלומדה מכילה מספר רב של תרגילי חישוב, בנושאי הלימוד השונים.
ב 14	3, 14-א-ב	<a href="#">תמיסה מימית של מתאנול</a>	שלוש אנימציות בנושא תמיסות של חומרים.
ב 15	14-א-ב	<a href="#">תמיסה מימית של אשלגן יודי</a>	
ב 16	14-א-ב	<a href="#">תמיסה של יוד בהקסאן - אנימציה</a>	
ב 17	12	<a href="#">סרט אינטראקטיבי - תגובות חומצה בסיס</a>	סרט אינטראקטיבי העוסק בתגובות חומצה בסיס, שאליו מצורפות משימות מתוקשבות.
ב 18	3	<a href="#">ערבוב נוזלים מורחב</a>	ערבוב נוזלים מורחב - ניסוי ברמה I. פותח בקהילת השרון תשע"ח.
ב 19	13-ב-ד	<a href="#">סימולציה של ניסוי שבו מתכות שונות טובלות בתמיסות המכילות יונים של מתכות אחרות</a>	סימולציה של ניסוי שבו מתכות שונות טובלות בתמיסות המכילות יונים של מתכות אחרות, אשר פותחה במסגרת התוכנית "כימיה... זה בתוכנו" בהנחיית ד"ר דבורה קצביץ. הפעילות מלווה בדפי העבודה שפותחו על ידי ד"ר שלי ליבנה וד"ר מלכה יאיון.
ב 20	11	<a href="#">רישום נוסחאות מבנה של טריגליצרידים</a>	דף עבודה - רישום נוסחאות מבנה של טריגליצרידים. פיתוח נורית דקלו מתוך קשיים בנושא, טעם של כימיה" והצעות להתמודדות, קהילות לומדות תשע"ה.

### ג. קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

ערכות להוראה מותאמת אישית המבוססת על אבחון תפיסות שגויות של התלמידים. אבחון התפיסות נעשה באמצעות משימות דיאגנוסטיות בנושאים שונים. הערכות כוללות, בין השאר, ערכות למורה.			
ג 1	2	<a href="#">קוטביות או לא להיות</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: תרגול נושא הקוטביות. המשימה: מבנה מרחבי וקוטביות של מולקולות.
ג 2	14 ג-ח	<a href="#">יון "משותף"</a>	משימה דיאגנוסטית: יון "משותף" בערבוב תמיסות. מטרת המשימה: לחדד את נושא יחס היונים בנוסחה האמפירית של חומר יוני שנשמר בעת ההמסה, והאבחנה בין נפח התמיסות המקוריות לנפח הכולל של התמיסה המתקבלת לאחר הערבוב.
ג 3	3	<a href="#">המסה של חומרים מולקולריים</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: המסה של חומרים מולקולריים. מטרת המשימה: תיאור המסה של חומר מולקולרי במים, ברמות מיקרו והסמל..
ג 4	12	<a href="#">מה יש בתמיסה</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: מה יש בתמיסה. מטרת המשימה: בדיקה לעומק תפיסות שגויות אצל תלמידים בנושאים: חומצות ובסיסים ומבנה וקישור, בהקשר של תמיסות מימיות של חומצה חזקה.
ג 5	12, 6	<a href="#">סתירה - מה היא מסתירה?</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: סתירה - מה היא מסתירה? מטרת המשימה: ערבוב נפחים שונים של תמיסת חומצה עם תמיסת בסיס. לתמיסות ריכוז זהה.
ג 6	7, 19, 13-ב-ו	<a href="#">מי מחזר כאן?</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: מי מחזר כאן? מטרת המשימה: בדיקת תפיסות שגויות מגוונות אצל התלמידים בנושא חמצון-חיזור.
ג 7	9-ב, ג, 10	<a href="#">מי גבוהה יותר?</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: מי גבוהה יותר? מטרת המשימה: לחדד את הבנת הגורמים המשפיעים על חוזק של אינטראקציות ון-דר-ולס ועל טמפרטורת הרתיחה.
ג 8	12, 6	<a href="#">משימה דורשת ריכוז</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: משימה דורשת ריכוז. מטרת המשימה: בדיקת תפיסות שגויות אצל תלמידים בנושא ריכוזים של תמיסת אם

מס'	שאלה וסעיף	קישור	פירוט
			ותמיסות שנגזרות מתמיסת אם.
ג 9	13	<a href="#">הולכת חשמל במוצקים</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: מטרת המשימה: בדיקת תפיסות שגויות וקשיים אצל התלמידים בנושא הולכת חשמל במוצקים.
ג 10	13-ב-ד	<a href="#">כימיה... זה בתוכנו</a>	ספר לימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת ד"ר דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע.
ג 11	9	<a href="#">המסה של חומרים מולקולריים</a>	ערכה להוראה מותאמת אישית: המסה של חומרים מולקולריים. המשימה: תיאור המסה של חומר מולקולרי במים, ברמת הסמל וברמת המיקרו.
ג 12	13-א-ii	<a href="#">חומרים יוניים - מבנה וקישור</a>	לומדה "מבנה וקישור" - מושם דגש על הקשר בין התכונות המאקרוסקופיות והמבנה המיקרוסקופי של החומר. פיתוח: ד"ר שלי ליבנה, איתנה לשם ודורה ורדי
<b>ד. קבוצת הכימיה בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון</b>			
ד 1	13-ב-ד	<a href="#">מתכות משתנות לנגד עינינו</a>	המשימה מתמקדת בנושא חמצון-חיזור של מתכות והשורה אלקטרו-כימית. פיתוח: מירנא סרוגי, אנואר דואס, נועם זקס, ניר דהן. הנחייה, וייעוץ: ד"ר אורית הרשקוביץ. ראש הפרויקט: פרופ. יהודית דורי
ד 2	11	<a href="#">פעילות מתוקשבת בנושא חומצות שומן</a>	פעילות מתוקשבת בנושא חומצות שומן, ד"ר אורית הרשקוביץ.
ד 3	12	<a href="#">סקלת pH - מדד לחומציות חומרים</a>	המשימה: סקלת pH - מדד לחומציות חומרים. המשימה מכילה פעילות בעזרת סימולציה של הוספת מים לתמיסות חומציות ובסיסיות ומדידת ערכי pH של תמיסות, אינה בלנק, אורטל ריינהרץ, ניר דהן. יעוץ ד"ר אורית הרשקוביץ, ראש פרויקט - פרופ. יהודית דורי.
ד 4	11	<a href="#">שומנים ושומנים - עובדות מפתיעות</a>	מצגת: שומנים ושומנים - עובדות מפתיעות, ד"ר אורית הרשקוביץ וד"ר צביה קברמן.
ד 5	11	<a href="#">טעם של כימיה</a>	ספר לימוד הדיגיטאלי "טעם של כימיה", ד"ר אורית הרשקוביץ, ד"ר צביה קברמן, ראש פרויקט פרופ. יהודית דורי.
ד 6	11, 8	<a href="#">כימיה של מזון</a>	הפעילויות פותחו בטכניון על ידי קבוצת מורים: אורטל צרור, מרצ'אדרי, מורן פרלשטיין ואבישי כהן, בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ, ראש פרויקט פרופ. יהודית דורי.
ד 7	9	<a href="#">אוריינות כימית</a>	משימות אוריינות "למבוא לכימיה" בדגש על ידע אפיסטימולוגי - חומרי עזר למורה, ד"ר אורית הרשקוביץ, ראש פרויקט פרופ. יהודית דורי
<b>ה. מכון דוידסון, הזרוע החינוכית של מכון ויצמן למדע</b>			
ה 1	11, 8	<a href="#">מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס?</a>	כתבה מאת ד"ר אבי סאיג: מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס? בכתבה מוצגות דוגמאות לאריות המולקולות של חומצות שומן שונות. לכתבה מצורף סרטון המתייחס להיבטים שונים של הנושא, כולל הידרוגנציה.
ה 2	12	<a href="#">תגובות חומצה בסיס</a>	יישומון "תגובות חומצה בסיס" שהוא סרט אינטראקטיבי, ד"ר אבי סאיג.
ה 3	12, 5	<a href="#">סרטונים המציגים את התגובות בחומצות ובסיסים</a>	סרטונים המציגים את התגובות ב"חומצות ובסיסים", בהתאם לדף התגובות שפורסם ע"י הפיקוח על הוראת הכימיה.
ה 4	1	<a href="#">שעשועון כימי על מבנה האטום</a>	ניתן לסכם את החומר בעזרת שעשועון כימי על מבנה האטום.
ה 5	14-א-ב	<a href="#">איך מלח מתמוסס במים?</a>	כתבה מאת ד"ר ארז גרטי "איך מלח מתמוסס במים?", הכוללת הדמיה של תהליך ההמסה של מלח במים.
<b>מצגות כימיה ברשת: כימיה ברשת היא תכנית להוראת וירטואלית של כימיה בהיקף של 5 יח"ל, במימון משרד החינוך ובשותפות עם הפיקוח להוראת הכימיה. המצגות מהתוכנית המוזכרות בחוברת:</b>			
ה 6	11, 8	<a href="#">שומנים ושומנים, חומצות שומן</a>	מצגת: שומנים ושומנים, חומצות שומן, כימיה ברשת
ה 7	14-ג-ח	<a href="#">חשובים בתגובות המסה ושיקוע</a>	מצגת: חשובים בתגובות המסה ושיקוע
ה 8	14-ג-ח	<a href="#">תמיסות וריכוזים</a>	מצגת תמיסות וריכוזים.
ה 9	1	<a href="#">הסוד של האטום</a>	מצגת: הסוד של האטום.
ה 10	1	<a href="#">אלקטרוניס באטום</a>	מצגת: אלקטרוניס באטום.
<b>א. אתרים שונים</b>			
ו 1	1	<a href="#">מבנה האטום</a>	תרגול "מבנה אטום", שירן צפרי, Related Worksheet

פירוט	קישור	שאלה וסעיף	מס'
משחק החזרה על דרגות חמצון, מחזור מחמצן, תהליך חיזור ותהליך חמצון, שפיתחה דפנה ים.	<a href="#">משחק החזרה על דרגות חמצון, מחזור מחמצן, תהליך חיזור ותהליך חמצון</a>	13ה-ו	2 ו
דף עבודה לפרק השומנים, עובד עיני ירדן קדמי מתוך דפי פעילות של רותי שטנגר	<a href="#">דף עבודה לפרק השומנים</a>	11	3 ו
סיכום של הנושא מאת הדס אהרוני: טמפרטורת התכה של חומצות שומן	<a href="#">טמפרטורת התכה של חומצות שומן</a>	11	4 ו
סימולציות של PhET Colorado	<a href="#">pH scale</a>	12	5 ו
	<a href="#">בנה אטום</a>	1	6 ו
סרטונים מאתר YouTube			
סרטון: Reaction of Potassium and Water	<a href="#">Reaction of Potassium and Water</a>	10ב	7 ו
סרטון: Vanadium Oxidation States. דרגות חמצון של ונדיום ושאלות לסרטון שהכינה נורית דקלו.	<a href="#">דרגות חמצון של ונדיום</a>	13ה-ו	8 ו
סרטון: שינוי מצבי צבירה.	<a href="#">שינוי מצבי צבירה</a>	10ב	9 ו
סרטון: תגובות מתכות אלקליות עם מים.	<a href="#">תגובות מתכות אלקליות עם מים</a>	10ב	10 ו
סרטון: קשרי מימן, ערן שמואל.	<a href="#">קשרי מימן</a>	3, 4	11 ו
סרטון: קשרים כימיים: קשרים קוולנטיים.	<a href="#">קשרים כימיים: קשרים קוולנטיים</a>	10ב	12 ו
סרטון: המסת מלח והולכת זרם בתמיסה מימית של מלח, כימיה בקלות.	<a href="#">המסת מלח והולכת זרם בתמיסה מימית של מלח</a>	13א	13 ו
סרטון: Reaction of Sodium and Water	<a href="#">Reaction of Sodium and Water</a>	10ב	14 ו
סרטון: How Water Dissolves Salt	<a href="#">How Water Dissolves Salt</a>	14א-ב, ד	15 ו
סרטון: Reaction of Lithium and Water	<a href="#">Reaction of Lithium and Water</a>	10ב	16 ו
להציג לתלמידים מעבדת היכרות עם חומצות ובסיסים: מעבדת היכרות עם חומצות ובסיסים Google Slides.	<a href="#">מעבדת היכרות עם חומצות ובסיסים Google Slides.</a>	12	17 ו
כימיה בחמש דקות, קשרים בין מולקולריים, מטח.	<a href="#">molecular interaction_</a>	9ז	18 ו
פעילות לסיום הנושא כוחות בין מולקולריים. הכנה: שלומית וינטר, מרחב כיתתי דיגיטלי.	<a href="#">פעילות לסיום הנושא כוחות בין מולקולריים</a>	9ז	19 ו

## **ניתוח התוצאות של שאלות רבות ברירה - שאלות 8-1 בבחינת הבגרות תשפ"ד**

כפי שנאמר, החלק הרב-ברירתי של הבחינה הוא שאלות 8-1. ניתוח שאלות 8-1 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד: ציוני שאלות 8-1 בשני השאלונים, וממצאי המדגם הנעשה על ידי המעריכים הבכירים לפני הערכת הבחינה: שכיחות המסיחים בשאלון 037381.

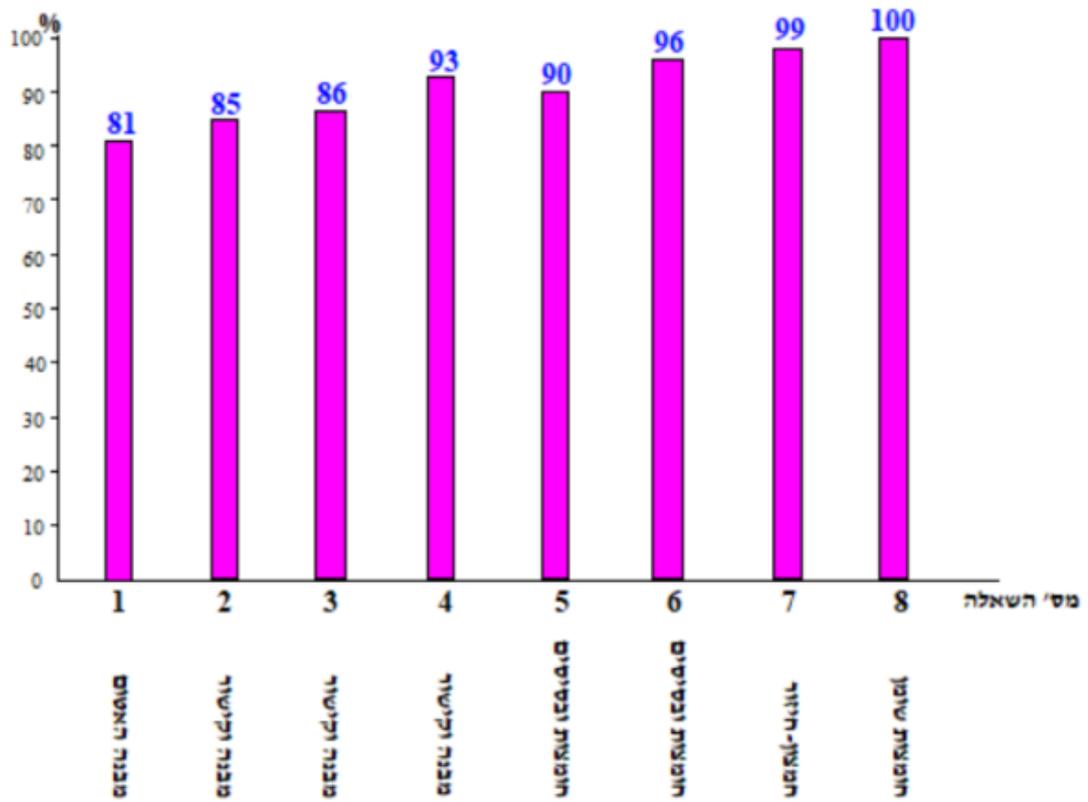
### **הנחיות למענה על שאלות רבות ברירה - קיץ תשפ"ד:**

ענו על כל השאלות 1 - 8. אם תענו נכון על שש שאלות לפחות, תקבלו את מלוא 20 הנקודות.

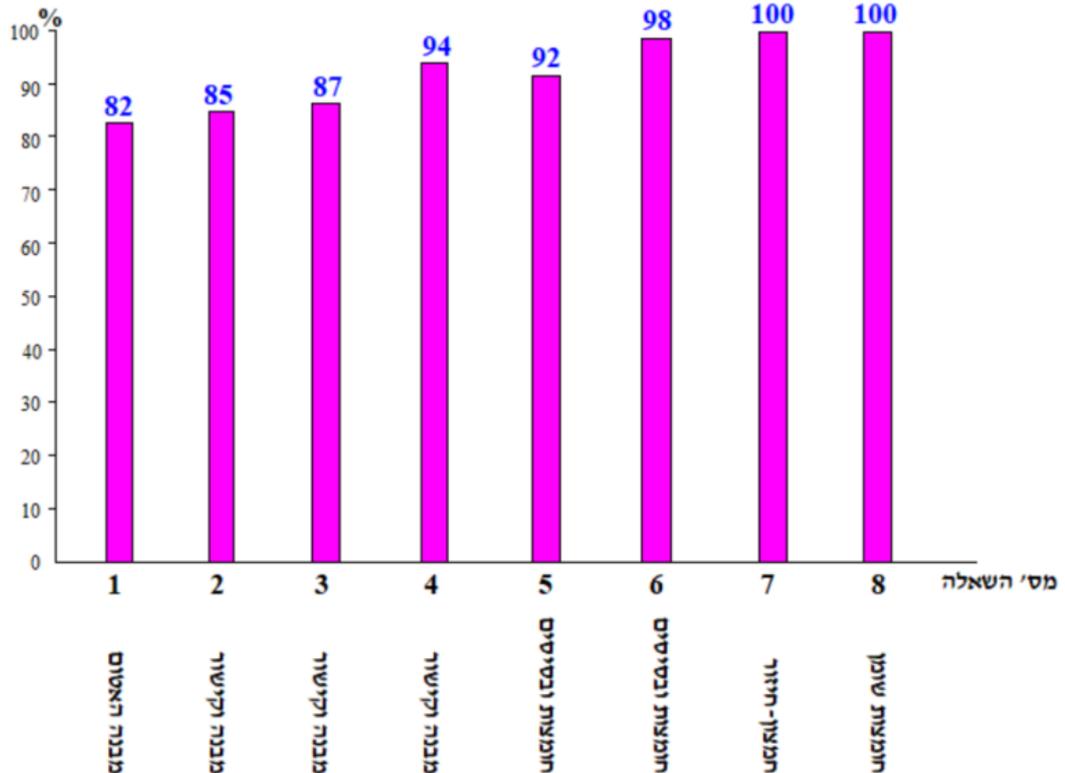
### **ציונים ממוצעים ורמות החשיבה של שאלות 8-1:**

נושא	מבנה האטום	מבנה וקישור	מבנה וקישור	מבנה וקישור	חומצות ובסיסים	חומצות ובסיסים	חמצון-חיזור	חומצות שומן
שאלה	1	2	3	4	5	6	7	8
ציון	81	85	86	93	90	96	99	100
	82	85	87	94	92	98	100	100
רמת חשיבה	הבנה	יישום	אנליזה	יישום	יישום	יישום	יישום	יישום

**ציונים ממוצעים של שאלות 8-1 בשאלון 037381:**



**ציונים ממוצעים של שאלות 8-1 בשאלון 037387:**



## ניתוח התוצאות של שאלה 1

### 1 מבנה האטום

בסעיפים א-ד בטבלה שלפניכם מוצגים נתונים על ארבעה אטומים שונים. באיזה סעיף המידע הנתון תואם במלואו?

נוסחת ייצוג אלקטרוניים	היערכות אלקטרוניים	מיקום האטום היסוד בטבלה המחזורית		שאלון 037387	שאלון 037381
		שורה	טור		
	2,7	2	7	א.	6%
	2,2,2	3	2	ב.	-
	2,8,3	2	3	ג.	13%
	2,4	2	4	ד.	81%

### הנימוק

**התשובה הנכונה היא ד'.** בסעיף ד' המידע הנתון תואם במלואו: היערכות האלקטרוניים באטום היסוד הנמצא בטור 4, בשורה 2 (פחמן) היא 2,4. נתונה נוסחת ייצוג אלקטרוניים נכונה של אטום פחמן - יש לו 4 אלקטרוני ערכיות. **מסיח א'** אינו נכון. נוסחת ייצוג האלקטרוניים הנתונה לא תואמת לשאר הנתונים (הנכונים) של אטום פלואור. מספר אלקטרוני ערכיות של פלואור הוא 7 (ולא 8). **מסיח ב'** אינו נכון כי היערכות האלקטרוניים לא תואמת לשאר הנתונים (הנכונים) של אטום מגנזיום. היערכות האלקטרוניים של אטום מגנזיום היא 2,8,2 (ולא 2,2,2). **מסיח ג'** אינו נכון כי המיקום של אטום אלומיניום בשורה 2 בטבלה המחזורית אינו תואם לשאר הנתונים (הנכונים) של אטום אלומיניום. אטום אלומיניום נמצא בשורה 3.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ☞ לקבוע מיקומו של אטום היסוד בטבלה המחזורית.
- ☞ לקשר בין מספר רמות אנרגייה מאוכלסות באטום היסוד לבין מיקומו בטבלה המחזורית.
- ☞ לרשום היערכות אלקטרוניים באטום היסוד.
- ☞ לקבוע מספר אלקטרוני ערכיות באטום היסוד ולרשום נוסחת ייצוג אלקטרוניים לאטום זה.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציון די גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים ידעו לקשר בין הנתונים עבור אטומי היסודות, ולקבוע את נכונות הנתונים. 13% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. הם התקשו לקבוע את המיקום של אטום היסוד בטבלה המחזורית, לא קישרו בין מספר רמות אנרגייה מאוכלסות באטום היסוד למספר השורה שבה הוא נמצא בטבלה המחזורית. 6% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה לא הבחינו בנוסחת ייצוג אלקטרוני של אטום פלואור ולא קישרו בין היערכות אלקטרוני באטום פלואור לנוסחת ייצוג אלקטרוני.

## המלצות

- לתרגל עם התלמידים את כתיבת היערכות האלקטרוני של כל אטומי היסודות עד מספר 20 בטבלה המחזורית. לבקש מהתלמידים לרשום לכל אחד מאטומי היסודות האלה: מספר שורה, מספר טור, מספר רמות אנרגייה מאוכלסות, מספר אלקטרוני ערכיות ונוסחת ייצוג אלקטרוני.
  - ניתן למצוא שאלות בנושא מבנה האטום עם תשובות מפורטות בחוברת: [מאגר שאלות בנושא מבנה האטום](#).
  - ניתן לסכם את החומר בנושא מבנה האטום בעזרת [שעשועון כימי על מבנה האטום](#).
  - לתת לתלמידים שיעורי בית: לראות את הסרטון [היערכות אלקטרוני באטום](#), לבצע את התרגילים ולהקשיב להסבר.
  - לבצע עם התלמידים סימולציה [בנה אטום](#).
  - לתרגל [מבנה האטום](#) Related Worksheet.
  - ניתן להיעזר במצגות [הסוד של האטום](#) ו- [אלקטרוני באטום](#) של כימיה ברשת.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.11, ב.1, ה.4, ה.9, ה.10, ו.1, ו.6 בטבלה בעמ' 5-8.

## שאלות לתרגול

השלימו את הטבלה שלפניכם.

שורה	טור	נוסחת ייצוג אלקטרוני	היערכות אלקטרוני	אטום היסוד
				Li
				Ar
				C
				Mg
				Cl
				B
				O
				P

## התשובה

שורה	טור	נוסחת ייצוג אלקטרוניים	היערכות אלקטרוניים	אטום היסוד
2	1	Li·	2,1	Li
3	8	·Ar·	2,8,8	Ar
2	4	·C·	2,4	C
3	2	·Mg·	2,8,2	Mg
3	7	·Cl·	2,8,7	Cl
2	3	·B·	2,3	B
2	6	·O·	2,6	O
3	5	·P·	2,8,5	P

## ניתוח התוצאות של שאלה 2

### 2 מבנה וקישור

לפניכם נוסחאות מולקולריות של ארבע מולקולות:  $CS_2$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_2Cl_2$ ,  $CO_2$ . המבנה של כל אחת מן המולקולות הוא קווי.

מהו ההיגד הנכון?

שאלון 037381  
שאלון 037387

- א. בכל אחת מן המולקולות הנתונות יש קשר קוולנטי יחיד. 1%
- ב. רק בשתיים מן המולקולות הנתונות יש קשרים קוולנטיים כפולים. 85%**
- ג. הקשר בין אטום פחמן ובין אטום גופרית במולקולה  $CS_2$  קוטבי יותר מן הקשר בין אטום פחמן ובין אטום חמצן במולקולה  $CO_2$ . 3%
- ד. הקשרים בין אטומי הפחמן במולקולה  $C_2H_2$  הם קשרים קוולנטיים טהורים, אך המולקולה היא קוטבית. 11%

### הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'. ייצוג מלא לנוסחאות המבנה של ארבע מולקולות:



על פי ייצוג מלא לנוסחאות המבנה של מולקולות ניתן לראות שרק בשתיים מן המולקולות הנתונות יש קשרים קוולנטיים כפולים.

מסיח א' אינו נכון. רק במולקולות  $C_2H_2$  ו- $C_2Cl_2$  יש קשרים קוולנטיים יחידים.

**מסיח ג'** אינו נכון. הקשר בין אטום הפחמן ובין אטום החמצן במולקולה  $\text{CO}_2$  קוטבי יותר מהקשר בין אטום פחמן ובין אטום גופרית במולקולה  $\text{CS}_2$ . הסיבה לכך היא אלקטרושליליות גדולה יותר של אטום חמצן (3.5) מאשר אלקטרושליליות של אטום גופרית (2.5). הפרש אלקטרושליליות בין אטום פחמן ובין אטום חמצן הוא 1, והפרש אלקטרושליליות בין אטום פחמן ובין אטום גופרית הוא 0.

**מסיח ד'** אינו נכון. מולקולה  $\text{C}_2\text{H}_2$  אינה קוטבית כי זוהי מולקולה קווית סימטרית, פיזור מטען אחיד.

ניתן לסכם את מאפייני הקשרים הקוולנטיים במולקולות התרכובות הנתונות בטבלה:

$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{C}_2\text{Cl}_2$	$\text{CS}_2$	נוסחה מולקולרית
קווי	קווי	קווי	קווי	המבנה הגיאומטרי של המולקולה
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\text{Cl}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cl}$	$\text{S}=\text{C}=\text{S}$	ייצוג מלא לנוסחת המבנה של המולקולה
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	$:\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}:$	$:\ddot{\text{Cl}}-\text{C}\equiv\text{C}-\ddot{\text{Cl}}:$	$:\ddot{\text{S}}=\text{C}=\ddot{\text{S}}:$	נוסחת ייצוג אלקטרוני של המולקולה
$\text{C}\equiv\text{C}$ קשר קוולנטי משולש $\text{C}-\text{H}$ קשר קוולנטי יחיד	$\text{C}=\text{O}$ קשר קוולנטי כפול	$\text{C}\equiv\text{C}$ קשר קוולנטי משולש $\text{C}-\text{Cl}$ קשר קוולנטי יחיד	$\text{C}=\text{S}$ קשר קוולנטי כפול	סוגי הקשרים הקיימים בתוך המולקולה
$\text{C}\equiv\text{C}$ הקשר אינו קוטבי. אין הפרש באלקטרושליליות בין שני אטומים זהים המרכיבים את הקשר. $\text{C}-\text{H}$ הקשר קוטבי. יש הפרש באלקטרושליליות בין אטום C ואטום H המרכיבים את הקשר.	הקשר קוטבי. יש הפרש באלקטרושליליות בין שני אטומים המרכיבים את הקשר.	$\text{C}\equiv\text{C}$ הקשר אינו קוטבי. אין הפרש באלקטרושליליות בין שני אטומים זהים המרכיבים את הקשר. $\text{C}-\text{Cl}$ הקשר קוטבי. יש הפרש באלקטרושליליות בין אטום C ואטום Cl המרכיבים את הקשר.	הקשרים אינם קוטביים. אין הפרש באלקטרושליליות בין אטום C ואטום S המרכיבים את הקשרים.	קוטביות הקשרים
מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחיד.	מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחיד.	מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחיד.	מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחיד.	פיזור מטען במולקולה
מולקולה לא קוטבית	מולקולה לא קוטבית	מולקולה לא קוטבית	מולקולה לא קוטבית	קוטביות המולקולה

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לרשום ייצוג מלא לנוסחת מבנה ו/או נוסחת ייצוג אלקטרוני של כל אחת מן המולקולות הנתונות של החומרים המולקולריים.
- ליישם את מושג האלקטרושליליות לקביעת קוטביות קשר קוולנטי בין אטומים במולקולה.
- לקבוע סדר של קשרים קוולנטיים: יחיד, כפול, משולש.
- להבחין בין קוטביות קשר קוולנטי לבין קוטביות מולקולה.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו ליישם את מושג האלקטרושליליות לקביעת קוטביות קשר קוולנטי בין אטומים במולקולה ולהבחין בין קוטביות קשר קוולנטי לבין קוטביות מולקולה.

11% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. תלמידים אלה לא הפנימו כיצד קובעים את קוטביות מולקולה ולא הגיעו למסקנה שמולקולה  $C_2H_2$  אינה קוטבית, כי זוהי מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחיד.

3% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. הם התקשו להבחין בין קוטביות קשר קוולנטי לבין קוטביות מולקולה.

1% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה לא הצליחו לקבוע סדר קשרים קוולנטיים: יחיד, כפול, משולש. יתכן שלא רשמו ייצוג מלא לנוסחאות המבנה של המולקולות הנתונות.

## המלצות

- לתרגל עם התלמידים רישום ייצוג מלא לנוסחאות מבנה ונוסחאות ייצוג אלקטרוניים של מולקולות של חומרים מולקולריים, ולקבוע עבור כל מולקולה את קוטביות הקשרים הקוולנטיים וקוטביות המולקולה.
  - לבנות עם התלמידים מודלים של מולקולות בעזרת מודל כדור מקל. לאחר בניית המודל של כל מולקולה, יש לקבוע את סדר הקשרים בין האטומים במולקולה, את קוטביות הקשרים ואת קוטביות המולקולה.
  - לפתור עם התלמידים שאלות מתאימות: בגרות תשפ"ג שאלה 2, בגרות תשפ"א שאלה 3, בגרות תש"ף שאלה 3, בגרות תשע"ו שאלה 3, בגרות תשע"ב שאלה 1 ב' ושאלות נוספות מהחוברת: [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#) ומחוברת ההמשך.
  - לבצע עם התלמידים משימה דיאגנוסטית בעזרת ערכה מותאמת אישית ולטפל בתפיסות השגויות של התלמידים: [קוטביות או לא להיות](#).
- ראו את הפרטים בקישור לחומר מס' ב.2, ג.1 בטבלה בעמ' 5-8.**

## שאלה לתרגול

השלימו את הטבלה שלפניכם:

$CBr_4$	$CHBr_3$	$CH_2Br_2$	$C_2ClBr$	$C_2Br_2$	$COBr_2$	נוסחה מולקולרית
טטראדר	טטראדר	טטראדר	קווי	קווי	משולש מישורי	המבנה המרחבי של המולקולה
						נוסחת ייצוג אלקטרוניים של המולקולה
						סוגי הקשרים הקוולנטיים הקיימים בתוך המולקולה
						קוטביות הקשרים הקוולנטיים
						פיזור מטען במולקולה
						קוטביות המולקולה

## התשובה

$CBr_4$	$CHBr_3$	$CH_2Br_2$	$C_2ClBr$	$C_2Br_2$	$COBr_2$	נוסחה מולקולרית
טטראדר	טטראדר	טטראדר	קווי	קווי	משולש מישורי	המבנה המרחבי של המולקולה
						נוסחת ייצוג אלקטרוניים של המולקולה
C-Br קשר יחיד	C-Br C-H קשרים יחידים	C-Br C-H קשרים יחידים	C≡C קשר משולש C-Cl C-Br קשרים יחידים	C≡C קשר משולש C-Br קשר יחיד	C=O קשר כפול C-Br קשר יחיד	סוגי הקשרים הקוולנטיים הקיימים בתוך המולקולה
C-Br קשר קוטבי. יש הפרש באלקטרו-שליליות של האטומים.	C-H C-Br שני הקשרים קוטביים. בשניהם יש הפרש באלקטרו-שליליות של האטומים.	C-H C-Br שני הקשרים קוטביים. בשניהם יש הפרש באלקטרו-שליליות של האטומים.	C≡C הקשר אינו קוטבי. אין הפרש באלקטרו-שליליות בין האטומים C-Cl C-Br שני הקשרים קוטביים. בשניהם יש הפרש באלקטרו-שליליות של האטומים.	C≡C הקשר אינו קוטבי. אין הפרש באלקטרו-שליליות בין האטומים. C-Br הקשר קוטבי. יש הפרש באלקטרו-שליליות בין אטום C ואטום Br	C=O C-Br שני הקשרים קוטביים. בכל קשר יש הפרש באלקטרו-שליליות של האטומים	קוטביות הקשרים הקוולנטיים
פיזור מטען אחיד. מולקולה סימטרית	פיזור מטען, אינו אחיד, מולקולה לא סימטרית	פיזור מטען, אינו אחיד, מולקולה לא סימטרית	פיזור מטען, אינו אחיד, מולקולה לא סימטרית	פיזור מטען אחיד. מולקולה סימטרית	פיזור מטען, אינו אחיד, מולקולה לא סימטרית	פיזור מטען במולקולה
מולקולה לא קוטבית	מולקולה קוטבית	מולקולה קוטבית	מולקולה קוטבית	מולקולה לא קוטבית	מולקולה קוטבית	קוטביות המולקולה

### ניתוח התוצאות של שאלה 3

#### 3 מבנה וקישור

מבין המולקולות א-d שלפניכם, איזו מולקולה יכולה ליצור קשרי מימן גם עם מולקולות מים,  $H_2O$ ,

וגם עם מולקולות אצטון,  $CH_3COCH_3$  ?

שאלון 037381  
שאלון 037387

5% א.  $CH_3CH_2OCH_2CH_3$

86% ב.  $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$  87%

2% ג.  $CH_3CH_2CHFCH_2CH_3$

7% ד.  $(CH_3)_2CHF$



## סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים הצליחו ליישם את התנאים לקיום קשרי מימן ולקבוע אם יש אפשרות להיווצרות קשרי מימן בין מולקולות של שני חומרים שונים.

9% מהתלמידים בחרו במסיחים ג' ו-ד'. הם החליטו שיש אפשרות להיווצרות קשרי מימן בין המולקולות של חומרים אלה לבין מולקולות מים וגם בין מולקולות אצטון. כנראה הניחו שאם במולקולה יש אטום פלואור שאלקטרושליליות שלו גבוהה אז מולקולה זו יכולה ליצור קשר מימן, ז.א. לא התייחסו לתנאים לקיום קשרי מימן.

5% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה קבעו נכון שקשר מימן יכול להיווצר בין זוג אלקטרוניים לא קושר על אטום חמצן במולקולה א לבין אחד מאטומי מימן (חשוף מאלקטרוניים) במולקולת המים, אך לא הצליחו ליישם את אחד התנאים לקיום קשרי מימן - לא הבחינו בכך שאין אפשרות להיווצרות קשר מימן בין מולקולה א לבין מולקולת אצטון כי אין בה אטום מימן (החשוף מאלקטרוניים) שמחובר לאטום חמצן.

## המלצות

- לתרגל עם התלמידים שאלות בנושא כוחות בין מולקולריים: קביעת סוג הכוחות - קשרי מימן או אינטראקציות ון-דר-ולס, גם סוג הכוחות בין מולקולות החומר וגם סוג הכוחות שיכולים להיווצר בין מולקולות של חומרים שונים.
- להראות לתלמידים אנימציה [תמיסה מימית של מתאנול](#) ולדון בה.
- לבצע עם התלמידים ניסויים במעבדה בנושא המסיסות: המסת חומרים שונים במים ובממסים אחרים כגון שמן. מעבדה לדוגמא: [ערבוב נוזלים מורחב](#).
- לבצע עם התלמידים משימה דיאגנוסטית בעזרת ערכה להוראה מותאמת אישית: [המסה של חומרים מולקולריים](#) ולבצע פעילויות של טיפול בתפיסות שגויות בערכה.
- להראות לתלמידים סרטון [קשרי מימן](#) ולדון בו.
- בתשובות לשאלות העוסקות בכוחות בין מולקולריים מומלץ להיעזר בהסברים בעמודים 9-17 ובשאלות מתאימות בחוברת [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#) ובחוברת המשך.
- לבצע ניסויי המסה של חומר מולקולרי אחד בחומר מולקולרי אחר במצב נוזל, ולקשר בין המסת החומר בממס מסוים לבין היווצרות הכוחות בין מולקולות של שני החומרים המולקולריים.
- לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את השלבים של קביעת המסיסות של חומרים מולקולריים שונים בממסים הנתונים. טבלאות המסיסות של החומרים הנתונים בשאלה במים ובאצטון:

טבלה ב.1: קביעת המסיסות של 2-בוטאנול במים

הממס: מים $H_2O(l)$	המומס: 2-בוטאנול $CH_3CH(OH)CH_2CH_3(l)$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
יש אפשרות ליצירת קשרי מימן, כי הם יכולים להיווצר בין אטום מימן (חשוף מאלקטרוניים) של קבוצת OH- במולקולה אחת של 2-בוטאנול לבין זוג אלקטרוניים לא קושר על אטום חמצן במולקולת מים. אפשרות נוספת: היווצרות קשר מימן בין זוג אלקטרוניים לא קושר על אטום חמצן של קבוצת OH- במולקולה 2-בוטאנול לבין אחד מאטומי מימן (חשוף מאלקטרוניים) במולקולת המים.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של 2-בוטאנול במים טובה.		המסקנה

## טבלה ב.2: קביעת המסיסות של 2-בוטאנול באצטון

הממס : אצטון $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$	המומס : 2-בוטאנול $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3(l)$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
יש אפשרות ליצירת קשרי מימן כי במולקולות אצטון יש מוקדים ליצירת קשרי מימן. קשרי מימן יכולים להיווצר בין אטום מימן (חשוף מאלקטרונים) של קבוצת OH- במולקולה אחת של 2-בוטאנול לבין זוג אלקטרונים לא קושר על אטום חמצן במולקולת אצטון.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של 2-בוטאנול באצטון טובה.		המסקנה

## טבלה א.1: קביעת המסיסות של דו-אתילאתר במים

הממס : מים $\text{H}_2\text{O}(l)$	המומס : דו-אתילאתר $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3(l)$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
יש אפשרות ליצירת קשרי מימן, כי במולקולות של דו-אתילאתר יש מוקדים ליצירת קשרי מימן – זוגות האלקטרונים הלא קושרים של אטומי חמצן, ובמולקולות המים יש אטומי מימן (חשופים מאלקטרונים) הקשורים לאטומי חמצן.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של דו-אתילאתר במים טובה.		המסקנה

## טבלה א.2: קביעת המסיסות של דו-אתילאתר באצטון

הממס : אצטון $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$	המומס : דו-אתילאתר $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3(l)$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס (אין אפשרות להיווצרות קשרי מימן)		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של דו-אתילאתר באצטון טובה.		המסקנה

## טבלה ג.1 : קביעת המסיסות של 3-פלואורופנטאן במים

הממס : מים $H_2O_{(l)}$	המומס : 3-פלואורופנטאן $CH_3CH_2CHFCH_2CH_3_{(l)}$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
לא נוצרים קשרי מימן בין מולקולות הממס לבין מולקולות המומס.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של 3-פלואורופנטאן במים זניחה.		המסקנה

## טבלה ג.2 : קביעת המסיסות של 3-פלואורופנטאן באצטון

הממס : אצטון $CH_3COCH_3_{(l)}$	המומס : 3-פלואורופנטאן $CH_3CH_2CHFCH_2CH_3_{(l)}$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של 3-פלואורופנטאן באצטון טובה.		המסקנה

## טבלה ד.1 : קביעת המסיסות של 2-פלואורופרופאן במים

הממס : מים $H_2O_{(l)}$	המומס : 2-פלואורופרופאן $(CH_3)_2CHF_{(g)}$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
לא נוצרים קשרי מימן בין מולקולות הממס לבין מולקולות המומס		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של 2-פלואורופרופאן במים זניחה.		המסקנה

טבלה ד.2: קביעת המסיסות של 3-פלואורופנטאן באצטון

הממס: אצטון $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{l})$	המומס: 2-פלואורופרופאן $(\text{CH}_3)_2\text{CHF}(\text{g})$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס	אינטראקציות ון-דר-ואלס	הכוחות בין מולקולות החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של 2-פלואורופרופאן באצטון טובה.		המסקנה

ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' 2.ב, 14.ב, 18.ג, 3.ג, ו.11 בטבלה בעמ' 5-8.

### שאלות לתרגול

השלימו את הטבלה שלפניכם:

מולקולות החומר יכולות ליצור קשר מימן עם מולקולות דו-מתילאתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ כן / לא	מולקולות החומר יכולות ליצור קשר מימן עם מולקולות מים, $\text{H}_2\text{O}$ כן / לא	ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של מולקולה
		$(\text{CH}_3)_3\text{N}$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
		$(\text{CH}_3)_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$
		$\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{CH}_3$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$

### התשובה

מולקולות החומר יכולות ליצור קשר מימן עם מולקולות דו-מתילאתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ כן / לא	מולקולות החומר יכולות ליצור קשר מימן עם מולקולות מים, $\text{H}_2\text{O}$ כן / לא	ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של מולקולה
לא	כן	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$
כן	כן	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
לא	כן	$(\text{CH}_3)_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$
כן	כן	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$
לא	לא	$\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{CH}_3$
לא	לא	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
לא	כן	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$

## ניתוח התוצאות של שאלה 4

### 4 מבנה וקישור

טמפרטורת הרתיחה של מים,  $H_2O_{(l)}$ , גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של מימן גופרי,  $H_2S_{(l)}$ .

מהי הסיבה העיקרית לכך?

	שאלון 037387	שאלון 037381
א. ענן האלקטרונים של מולקולת מימן גופרי גדול מענן האלקטרונים של מולקולת מים.	3%	
ב. אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות מימן גופרי במצב נוזלי חלשות מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות מים במצב נוזלי.	2%	
ג. <b>בין מולקולות מימן גופרי במצב נוזלי יש בעיקר אינטראקציות ון-דר-ולס ואילו בין מולקולות מים במצב נוזלי יש בעיקר קשרי מימן.</b>	94%	93%
ד. קשרי מימן בין מולקולות מימן גופרי במצב נוזלי חלשים מקשרי מימן בין מולקולות מים במצב נוזלי.	2%	

### הנימוק

**התשובה הנכונה היא ג'.** שני החומרים הם חומרים מולקולריים. בין מולקולות המים,  $H_2O_{(l)}$ , פועלים קשרי מימן.

בין מולקולות המימן הגופרי,  $H_2S_{(l)}$ , פועלות אינטראקציות ון-דר-ולס.

קשרי המימן שבין מולקולות המים חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין מולקולות המימן הגופרי, לכן תידרש אנרגייה רבה יותר לנתק את הקשרים בין מולקולות המים.

כתוצאה מכך, טמפרטורת הרתיחה של המים גבוהה משל המימן הגופרי.

**מסיח א'** אינו נכון. למרות שענן האלקטרונים של מולקולת מימן גופרי גדול יותר מענן האלקטרונים של מולקולת המים, זו אינה הסיבה שבגללה טמפרטורת הרתיחה של המים גבוהה יותר. בהיגד זה אין התייחסות לאינטראקציות ון-דר-ולס.

**מסיח ב'** אינו נכון. בין מולקולות המים במצב נוזל יש בעיקר קשרי מימן, ולא אינטראקציות ון-דר-ולס.

**מסיח ד'** אינו נכון. בין מולקולות המימן הגופרי יש אינטראקציות ון-דר-ולס ולא קשרי מימן.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ⏪ לקבוע את סוג הכוחות הפועלים בין המולקולות של כל אחת מן התרכובות הנתונות.
- ⏪ להשוות בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בתרכובות הנתונות במצב נוזל, תוך התייחסות לכורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים.
- ⏪ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין טמפרטורות הרתיחה של התרכובות.

### סיבות אפשריות לטעויות

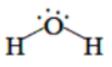
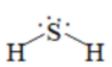
הציון גבוה מאוד בשני השאלונים. רוב התלמידים קבעו נכון את סוג הכוחות הבין המולקולריים כל אחת מן התרכובות הנתונות.

5% מהתלמידים בחרו במסיחים א' ו- ב'. הם התעלמו מכך שבין מולקולות המים יש קשרי מימן, והתייחסו לשתי התרכובות שבהן פועלות אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד, ולכן השוו את גודל ענני האלקטרוניים במולקולות התרכובות או את חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות התרכובות.

2% מהתלמידים, שבחרו במסיח ד', חשבו שהכוחות הפועלים בין מולקולות מימן גופרי הם קשרי מימן, ולכן השוו את חוזק קשרי המימן בשתי התרכובות.

## המלצות

- להראות לתלמידים סרטון [קשרי מימן](#).
- ניתן להשתמש בתבנית לפתרון שאלות, שבתשובה עליהן נדרשת השוואה בין טמפרטורות רתיחה של חומרים מולקולריים. התבנית נמצאת בעמוד 10 בחוברת [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#). דוגמה לתבנית מסוג זה עבור השאלה הנוכחית - לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לטמפרטורת הרתיחה של החומרים:

מים	מימן גופרי	החומרים
$H_2O$	$H_2S$	נוסחאות מולקולריות
		נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של מולקולות החומרים
10 אלקטרוניים במולקולה	18 אלקטרוניים במולקולה	המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולות החומרים
מולקולות קוטביות	מולקולות קוטביות	קוטביות של מולקולות החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס חלשות	אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
קשרי מימן בין מולקולות המים חזקים מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $H_2S(l)$ . במקרה הנתון השפעת גורם זה חזקה יותר מהשפעת הגורם של גודל ענני אלקטרוניים של המולקולות.		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק קשרי מימן בין מולקולות המים בעת השינוי ממצב צבירה נוזל למצב צבירה גז. לכן טמפרטורת הרתיחה של מים גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של $H_2S(l)$ .		טמפרטורות הרתיחה של החומרים (נתון)

- לבצע עם התלמידים פעילות רב-שלבית:
  - בשלב הראשון, לתת לתלמידים נוסחאות של מולקולות שונות ולבקש לקבוע מהם סוגי הכוחות הבין מולקולריים שיכולים להיווצר בין מולקולות שונות.
  - לאחר מכן, לתרגל עם התלמידים השוואה בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים בחומרים שונים: השוואה בין החומרים שבין המולקולות שלהם יש קשרי מימן והשוואה בין החומרים שבין המולקולות שלהם יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד, לפי המפורט בסילבוס.
  - לאחר השוואה זו, לתרגל עם התלמידים מקרים מעורבים, שבהם נתונים החומרים, שבין המולקולות שלהם יש קשרי מימן, והחומרים שבין המולקולות שלהם יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד. תוצאת ההשוואה של חוזק הכוחות הבין מולקולריים בחומרים אלה יכולה להיות שונה: קשרי מימן בחומר אחד חזקות מאינטראקציות ון-דר-ולס בחומר אחר, או אינטראקציות ון-דר-ולס בחומר אחד (שבמולקולות שלו ענני האלקטרוניים גדולים יותר) חזקות מקשרי מימן בחומר אחר.

**ראו את הפרטים בקישורים לחומר מס' 2, ו.11 בטבלה בעמ' 5-8.**

## שאלות לתרגול

לפניכם נוסחאות של שלושה חומרים במצב נוזל:  $N_2H_4(l)$ ,  $NH_3(l)$ ,  $NCl_3(l)$ .  
טבלה שלפניכם נתונות טמפרטורות הרתיחה של שלושה חומרים:

טמפרטורת הרתיחה (°C)	נוסחת החומר
-33	$NH_3(l)$
71	$NCl_3(l)$
113	$N_2H_4(l)$

מהו ההיגד הנכון?

- א. טמפרטורת הרתיחה של  $NH_3(l)$  נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של  $N_2H_4(l)$ , מאחר ו-  $N_2H_4(l)$  נוזל בטמפרטורת החדר ו-  $NH_3(l)$  נוזל בטמפרטורת החדר.  
ב. טמפרטורת הרתיחה של  $NCl_3(l)$  גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של  $NH_3(l)$  מאחר וקשרי המימן שבין מולקולות  $NCl_3(l)$  חזקים מקשרי המימן בין מולקולות  $NH_3(l)$ .  
ג. טמפרטורת הרתיחה של  $NCl_3(l)$  נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של  $N_2H_4(l)$ , מאחר וקשרי המימן שבין מולקולות  $N_2H_4(l)$  חזקים מקשרי המימן בין מולקולות  $NCl_3(l)$ .

ד. טמפרטורת הרתיחה של  $NCl_3(l)$  גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של  $NH_3(l)$ , מאחר וענני האלקטרונים של

מולקולות  $NCl_3(l)$  גדולים בצורה משמעותית מאלה של  $NH_3(l)$ .

## התשובה

שלושת החומרים הנתונים הם חומרים מולקולריים.

$NCl_3(l)$  - בין המולקולות יש אינטראקציות ון-דר-ולס.

$NH_3(l)$  - בין המולקולות יש קשרי מימן.

$NaNH_2(l)$  - בין המולקולות יש קשרי מימן.

**התשובה הנכונה היא ד'**: טמפרטורת הרתיחה תיקבע לפי חוזק הכוחות הבין מולקולריים.

לכאורה, בין המולקולות של החומר  $NH_3(l)$  יש קשרי מימן שהם קשרים חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין

המולקולות של  $NCl_3(l)$ , אך ענני האלקטרונים של מולקולות  $NCl_3(l)$  גדולים משמעותית מענני האלקטרונים של

מולקולות  $NH_3(l)$ , לכן אינטראקציות ון-דר-ולס שבין המולקולות של  $NCl_3(l)$  חזקות יותר מקשרי המימן בין

מולקולות  $NH_3(l)$ .

**מסיח א' אינו נכון** מכיוון שמצב צבירה של חומר בתנאי החדר הוא תוצאה של טמפרטורת הרתיחה שלו ולא הסיבה.

**מסיחים ב' ו-ג' אינם נכונים** מאחר ובין המולקולות של  $NCl_3(l)$  לא קיימים קשרי מימן אלא אינטראקציות

ון-דר-ולס בלבד.

## ניתוח התוצאות של שאלה 5

### 5 חומצות ובסיסים

לכוס המכילה מים מזוקקים הכניסו חומר מסוים, והתקבלה תמיסה. הוספת החומר למים לא גרמה לשינוי ב-pH. מהו החומר שהוסיפו למים?

	שאלון 037387	שאלון 037381
$C_2H_5OH_{(l)}$	א. 92%	90%
$CH_3COOH_{(l)}$	ב. 7%	
$HBr_{(g)}$	ג. 2%	
$KOH_{(s)}$	ד. 1%	

### הנימוק

**התשובה הנכונה היא א'.** אתאנול,  $C_2H_5OH_{(l)}$ , הוא חומר מולקולרי שמתמוסס במים אך לא מגיב איתם:



לכן מתקבלת תמיסה ניטרלית שה-pH שלה שווה ל-7.

**מסיח ב' אינו נכון.** חומצה אצטית,  $CH_3COOH_{(l)}$ , היא חומר מולקולרי, חומצה קרבוקסילית שמגיבה עם המים:



בתגובה נוצרים יוני הידרוניום,  $H_3O^+_{(aq)}$ , לכן pH התמיסה יורד ויהיה נמוך מ-7. מתקבלת תמיסה חומצית.

**מסיח ג' אינו נכון.** מימן ברומי,  $HBr_{(g)}$ , הוא חומר מולקולרי שמגיב עם המים:



בתגובה נוצרים יוני הידרוניום, לכן pH התמיסה יורד ויהיה נמוך מ-7. מתקבלת תמיסה חומצית.

**מסיח ד' אינו נכון.** אשלגן הידרוקסידי הוא חומר יוני שבתהליך ההמסה במים מתפרק ליונים:



בתהליך ההמסה במים משתחררים יוני הידרוקסיד  $OH^-_{(aq)}$ , לכן pH התמיסה עולה ויהיה גבוה מ-7. מתקבלת תמיסה בסיסית.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע את סוג התמיסה: חומצית, בסיסית או ניטרלית.
- ◀ לקבוע עבור כל אחד מן החומרים הנתונים את הסוג שלו ואת ההתנהגות שלו במים.
- ◀ לקבוע אם, כתוצאה מהוספה של כל אחד מן החומרים הנתונים למים, pH התמיסה יעלה, ירד או לא ישתנה.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה מאוד בשני השאלונים. רוב התלמידים קבעו נכון שאתאנול הוא חומר מולקולרי שמתמוסס במים אך לא מגיב איתם. תמיסת אתאנול היא ניטרלית, לא חומצית ולא בסיסית. התלמידים המעטים שטעו התקשו לקבוע את הסוג של כל אחד מן החומרים הנתונים ואת ההתנהגות שלו במים.

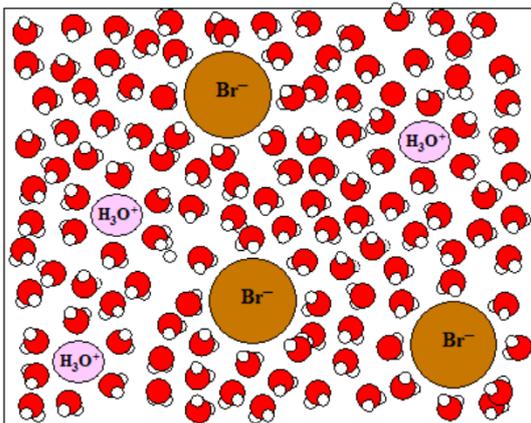
7% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם לא זיהו חומצה אצטית כחומצה אלא כחומר מולקולרי שמתמוסס במים אך לא מגיב איתם, וקבעו שתמיסתה ניטרלית.

2% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. תלמידים אלה זיהו מימן ברומי כחומר מולקולרי שמתמוסס במים אך לא מגיב איתם, וקבעו שתמיסתו ניטרלית.

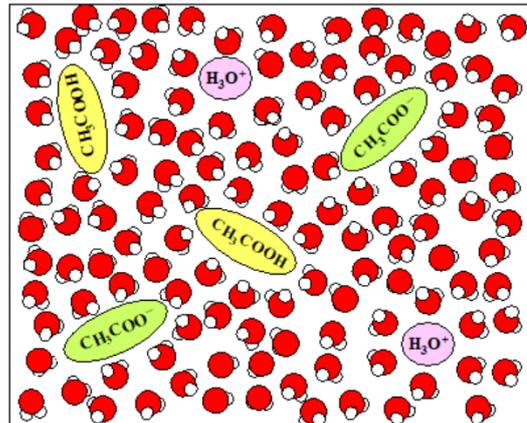
1% מהתלמידים שבחרו במסיח ד' לא הבחינו בכך שאשלגן הידרוקסידי הוא חומר יוני. הם התייחסו לחומר זה כחומר מולקולרי שמתמוסס במים אך לא מגיב איתם, וקבעו שתמיסתו ניטרלית.

## המלצות

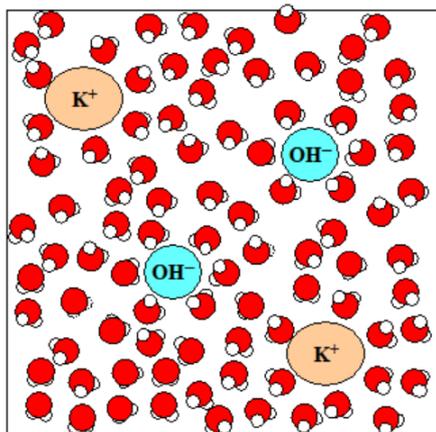
לערוך עם התלמידים ניסוי מעבדה ולבצע בו את הפעולות המתוארות בשאלה. לאחר מכן לבקש מהתלמידים לנסח את תהליכי ההמסה במים של ארבעת החומרים ולדון בתוצאות הניסוי. מומלץ לבקש מהתלמידים לצייר איורים המציגים את התמיסות ברמה מיקרוסקופית. דוגמאות לאיורים:



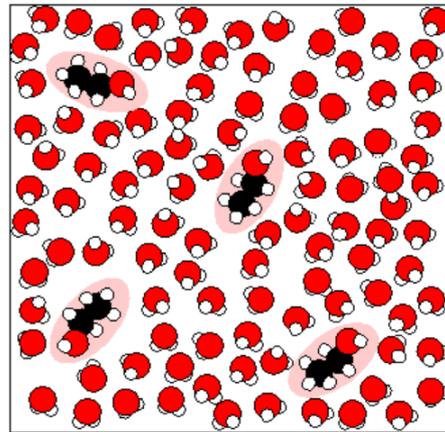
תמיסת  $\text{HBr}_{(aq)}$



\* תמיסת  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$



תמיסת  $\text{KOH}_{(aq)}$



תמיסת  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(aq)}$

\* הערה: חומצה אצטית היא חומצה חלשה - רק חלק מן המולקולות שלה מגיב עם מים. לכן בתמיסה המימית שלה יש גם מולקולות  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$  וגם יונים  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  ו-  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)}$ . (זהו נושא העמקה - לא נכלל בסילבוס).

- לתרגל ניסוחי ההמסה במים של חומרים שונים :
  - חומרים יוניים המתפרקים בתמיסה ליונים שמתנהגים כבסיסים, חומרים מולקולריים שמגיבים עם המים ויוצרים יונים המתנהגים כחומצות או כבסיסים.
  - חומרים מולקולריים שמתמוססים במים אך לא מגיבים איתם.
  - להיעזר בחוברת **סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים"** ובחוברת המשך בהוראת הנושא ובתרגול.
  - לעבוד עם התלמידים על **סרטונים המציגים את התגובות בחומצות ובסיסים** בהתאם לדף התגובות שפורסם על ידי הפיקוח על הוראת הכימיה : **דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור** שיינתנו לתלמידים, לפי הצורך, כנתון בשאלות הבגרות.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.1, ב.3, ה.3 בטבלה בעמ' 5-8.**

### שאלה לתרגול

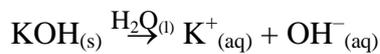
לכוס המכילה 100 מ"ל תמיסה מימית של אשלגן הידרוקסידי,  $\text{KOH}_{(aq)}$ , הוסיפו 100 מ"ל תמיסה מימית של מתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}_{(aq)}$ . כתוצאה מפעולה זו, pH התמיסה :

- א. עלה
- ב. **ירד**
- ג. לא השתנה
- ד. לא ניתן לקבוע ללא נתונים נוספים.

### הנימוק

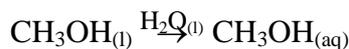
**התשובה הנכונה היא ב'.**

אשלגן הידרוקסידי הוא בסיס - חומר יוני שמתמוסס במים ומתפרק ליונים :



בתהליך ההמסה במים משתחררים יוני הידרוקסיד,  $\text{OH}^-_{(aq)}$ , לכן pH של תמיסת  $\text{KOH}_{(aq)}$  גבוה מ-7 - תמיסה בסיסית.

מתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$ , הוא חומר מולקולרי שמתמוסס במים אך לא מגיב איתם :



לכן תמיסת  $\text{CH}_3\text{OH}_{(aq)}$  ניטרלית שה- pH שלה שווה ל-7.

לאחר ההוספה של תמיסת  $\text{CH}_3\text{OH}_{(aq)}$  לתמיסת  $\text{KOH}_{(aq)}$ , pH התמיסה המקורית ירד (התמיסה תהיה פחות בסיסית) כי ריכוז יוני ההידרוקסיד ירד בגלל הגדלת נפח התמיסה.

## ניתוח התוצאות של שאלה 6

### 6 חומצות ובסיסים

ערכו ארבעה ניסויים כמפורט בטבלה שלפניכם. בכל אחד מן הניסויים לקחו 100 מ"ל תמיסה מקורית, ובדקו את ערך ה-pH שלה. הוסיפו לתמיסה המקורית 100 מ"ל תמיסה אחרת (ראו איור), ערבבו, ובדקו את ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה. הריכוז של כל אחת מן התמיסות לפני הערבוב היה 1M.



ניסוי	התמיסה המקורית	התמיסה שהוסיפו
1	HCl(aq)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)
2	NaOH(aq)	HCl(aq)
3	Ba(OH) <sub>2</sub> (aq)	NaOH(aq)
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)	Ba(OH) <sub>2</sub> (aq)

נמצא כי ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה שונה מזה של התמיסה המקורית. מבין ארבע האפשרויות א-ד, מהי האפשרות הנכונה?

	שאלון 037381	שאלון 037387
א. בניסוי 1 ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה גבוה מזה של התמיסה המקורית.	2%	
ב. בניסוי 2 ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה גבוה מזה של התמיסה המקורית.	-	
ג. בניסוי 3 ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה נמוך מזה של התמיסה המקורית.	96%	98%
ד. בניסוי 4 ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה נמוך מזה של התמיסה המקורית.	2%	

### הנימוק

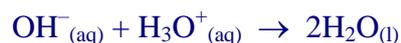
**התשובה הנכונה היא ג'.** בניסוי 3 לתמיסה המקורית שמכילה יוני הידרוקסיד, OH<sup>-</sup>(aq), הוסיפו תמיסה שגם היא מכילה יוני OH<sup>-</sup>(aq). לא התרחשה תגובה, היה רק ערבוב תמיסות. עורבבו שתי תמיסות באותו נפח ובאותו ריכוז, אך ריכוז יוני OH<sup>-</sup>(aq) בתמיסה המקורית היה גבוה יותר מזה שבתמיסה שהוספה, לכן ריכוז יוני OH<sup>-</sup>(aq) בתמיסה שהתקבלה נמוך מזה שהיה בתמיסה המקורית, ושווה ל-1.5M. למעשה היה כאן מיהול התמיסה. ככל שריכוז יוני OH<sup>-</sup>(aq) בתמיסה נמוך יותר, ערך ה-pH של התמיסה נמוך יותר. במהלך הערבוב ערך ה-pH של התמיסה ירד. לכן ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה נמוך מזה של התמיסה המקורית. ניתן לסכם ניסוי 3 בטבלה:

שינוי pH התמיסה במהלך הערבוב	שינוי הריכוז של יוני OH <sup>-</sup> (aq) במהלך הערבוב	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני OH <sup>-</sup> (aq)	ריכוז NaOH(aq)	התמיסה	ריכוז יוני OH <sup>-</sup> (aq)	ריכוז Ba(OH) <sub>2</sub> (aq)	התמיסה	
ירד והיה נמוך מזה של התמיסה המקורית	ירד	1M	1M	NaOH(aq)	2M	1M	Ba(OH) <sub>2</sub> (aq)	3

**מסיח א'** אינו נכון. בניסוי 1 לתמיסה המקורית שמכילה יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , הוסיפו תמיסה שגם היא מכילה יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ . לא התרחשה תגובה, היה רק ערבוב תמיסות. עורבבו שתי תמיסות באותו נפח ובאותו ריכוז, אך ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  בתמיסה המקורית היה נמוך יותר מזה שבתמיסה שהוספה, לכן ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  בתמיסה שהתקבלה גבוה מזה שהיה בתמיסה המקורית. ככל שריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  בתמיסה גבוה יותר, ערך ה-pH של התמיסה נמוך יותר. לכן ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה **נמוך** מזה של התמיסה המקורית. ניתן לסכם ניסוי 1 בטבלה:

שינוי pH התמיסה במהלך הערבוב	שינוי הריכוז של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ במהלך הערבוב	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	ריכוז $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	התמיסה	ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	ריכוז $\text{HCl}(\text{aq})$	התמיסה	
ירד והיה <b>נמוך</b> מזה של התמיסה המקורית	עלה	2M	1M	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	1M	1M	$\text{HCl}(\text{aq})$	1

**מסיח ב'** אינו נכון. בניסוי 2 לתמיסה המקורית המכילה יוני הידרוקסיד,  $\text{OH}^-(\text{aq})$ , הוסיפו תמיסה שמכילה יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ . התרחשה תגובת סתירה שבה ירד הריכוז של יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$ :



ככל שריכוז יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$  בתמיסה נמוך יותר, ערך ה-pH של התמיסה נמוך יותר. במהלך התגובה ערך ה-pH של התמיסה ירד. לכן ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה **נמוך** מזה של התמיסה המקורית. ניתן לסכם ניסוי 2 בטבלה:

שינוי pH התמיסה במהלך הערבוב	שינוי הריכוז של יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ במהלך התגובה	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	ריכוז $\text{HCl}(\text{aq})$	התמיסה	ריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$	ריכוז $\text{NaOH}(\text{aq})$	התמיסה	
ירד והיה <b>נמוך</b> מזה של התמיסה המקורית	ירד	1M	1M	$\text{HCl}(\text{aq})$	1M	1M	$\text{NaOH}(\text{aq})$	2

**מסיח ד'** אינו נכון. בניסוי 4 לתמיסה המקורית שמכילה יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , הוסיפו תמיסה שמכילה יוני הידרוקסיד,  $\text{OH}^-(\text{aq})$ . התרחשה תגובת סתירה שבה ירד הריכוז של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ :



ככל שריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  בתמיסה נמוך יותר, ערך ה-pH של התמיסה גבוה יותר. לכן ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה **גבוה** מזה של התמיסה המקורית. ניתן לסכם ניסוי 4 בטבלה:

שינוי pH התמיסה במהלך התגובה	שינוי הריכוז של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ במהלך התגובה	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $OH^-_{(aq)}$	ריכוז $Ba(OH)_{2(aq)}$	התמיסה	ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$	ריכוז $H_2SO_{4(aq)}$	התמיסה	
עלה והיה גבוה מזה של התמיסה המקורית	ירד	2M	1M	$Ba(OH)_{2(aq)}$	2M	1M	$H_2SO_{4(aq)}$	4

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע את תחום ה-pH של התמיסה על פי נוכחות יוני הידרוניום,  $H_3O^+_{(aq)}$ , או נוכחות יוני הידרוקסיד,  $OH^-_{(aq)}$ , בתמיסה.
- ◀ לקבוע אם שינוי הריכוז של יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  או יוני  $OH^-_{(aq)}$  בתמיסה המקורית, לאחר הוספת תמיסה אחרת, הוא תוצאה של תגובת סתירה או של הוספת תמיסה עם ריכוז שונה של אחד מהיונים האלה.
- ◀ לקשר בין ריכוז יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  או יוני  $OH^-_{(aq)}$  בתמיסה לבין pH התמיסה.

### סיבות אפשריות לטעויות

- הציון מצוין בשני השאלונים. התלמידים הצליחו לקבוע עבור כל אחד מן הניסויים: מהו התהליך שהתרחש בניסוי, מהו השינוי בריכוז של יוני הידרוניום או יוני הידרוקסיד בתמיסה, ולקשר בין ריכוז יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  או יוני  $OH^-_{(aq)}$  בתמיסה לבין pH התמיסה.
- 4% מהתלמידים, שבחרו במסויחם א' ו-ד', לא הבחינו בין שינוי הריכוז של יוני  $H_3O^+_{(aq)}$  בתמיסה לבין שינוי ה-pH של התמיסה.

### המלצות

- לבצע עם התלמידים את הניסויים המתוארים בשאלה וניסויים דומים נוספים.
  - לעבוד עם התלמידים על דף התגובות שפורסם על ידי הפיקוח על הוראת הכימיה: [דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור](#) שיינתנו לתלמידים, לפי הצורך, כנתון בשאלות הברורות.
  - להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר [Campus IL](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה - הרישום חינם), לפרק חומצות ובסיסים ולתרגל עם התלמידים שאלות משיעור 8.11.
  - לפתור שאלות מתאימות מבחינות הברורות - להיעזר בחוברת [סיכום ניתוח השאלות בנושא חומצות ובסיסים](#).
  - לבצע עם התלמידים משימות דיאגנוסטיות בעזרת ערכות הוראה מותאמות אישית:
  - ערכה [משימה דורשת ריכוז](#) - בדיקת תפיסות שגויות אצל תלמידים בנושא ריכוזים של תמיסת אם ותמיסות שנגזרות מתמיסת אם.
  - ערכה [סתירה - מה היא מסתירה?](#) - ערבוב נפחים שונים של תמיסת חומצה עם תמיסת בסיס. לתמיסות ריכוז זהה.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.1, א.8, ב.3, ג.5, ג.8 בטבלה בעמ' 5-8.

## שאלה לתרגול

ערכו חמישה ניסויים כמפורט בטבלה שלפניכם. בכל אחד מן הניסויים לקחו 200 מ"ל תמיסה מקורית, ובדקו את ערך ה-pH שלה. הוסיפו לתמיסה המקורית 200 מ"ל תמיסה אחרת (ראו איור), ערבבו, ובדקו את ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה. הריכוז של כל אחת מן התמיסות לפני הערבוב היה 0.1M.



ניסוי	התמיסה המקורית	התמיסה שהוסיפו
1	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	$\text{HNO}_3(\text{aq})$
2	$\text{KOH}(\text{aq})$	$\text{HBr}(\text{aq})$
3	$\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$	$\text{KOH}(\text{aq})$
4	$\text{HBr}(\text{aq})$	$\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$
5	$\text{HNO}_3(\text{aq})$	$\text{KNO}_3(\text{aq})$

נמצא כי בכל ניסוי ערך ה-pH של התמיסה שהתקבלה היה שונה מזה של התמיסה המקורית. לפניכם חמש טבלאות שכל אחת מהן מכילה חלק מן הנתונים עבור אחד מן הניסויים. השלימו את הטבלאות הנתונות.

ניסוי 1:

שינוי pH התמיסה במהלך הערבוב עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ במהלך הערבוב	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	ריכוז $\text{HNO}_3(\text{aq})$	התמיסה	ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	ריכוז $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	התמיסה	
			0.1M	$\text{HNO}_3(\text{aq})$		0.1M	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	1

ניסוי 2:

שינוי pH התמיסה במהלך התגובה עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ במהלך התגובה	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	ריכוז $\text{HBr}(\text{aq})$	התמיסה	ריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$	ריכוז $\text{KOH}(\text{aq})$	התמיסה	
			0.1M	$\text{HBr}(\text{aq})$		0.1M	$\text{KOH}(\text{aq})$	2

ניסוי 3:

שינוי pH התמיסה במהלך הערבוב עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ במהלך הערבוב	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$	ריכוז $\text{KOH}(\text{aq})$	התמיסה	ריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$	ריכוז $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$	התמיסה	
			0.1M	$\text{KOH}(\text{aq})$		0.1M	$\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$	3

## ניסוי 4

שינוי ה-pH התמיסה במהלך התגובה עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ במהלך התגובה	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $OH^-_{(aq)}$	ריכוז $Ba(OH)_{2(aq)}$	התמיסה	ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$	ריכוז $HBr_{(aq)}$	התמיסה	
			0.1M	$Ba(OH)_{2(aq)}$		0.1M	$HBr_{(aq)}$	4

## ניסוי 5:

שינוי ה-pH התמיסה במהלך הערבוב עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ במהלך הערבוב	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$	ריכוז $KNO_{3(aq)}$	התמיסה	ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$	ריכוז $HNO_{3(aq)}$	התמיסה	
		-	0.1M	$KNO_{3(aq)}$		0.1M	$HNO_{3(aq)}$	5

## התשובה

## ניסוי 1:

שינוי ה-pH התמיסה במהלך הערבוב עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ במהלך הערבוב	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$	ריכוז $HNO_{3(aq)}$	התמיסה	ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$	ריכוז $H_2SO_{4(aq)}$	התמיסה	
עלה והיה גבוה מזה של התמיסה המקורית	ירד	0.1M	0.1M	$HNO_{3(aq)}$	0.2M	0.1M	$H_2SO_{4(aq)}$	1

## ניסוי 2

שינוי ה-pH התמיסה במהלך הערבוב עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $OH^-_{(aq)}$ במהלך התגובה	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$	ריכוז $HBr_{(aq)}$	התמיסה	ריכוז יוני $OH^-_{(aq)}$	ריכוז $KOH_{(aq)}$	התמיסה	
ירד והיה נמוך מזה של תמיסה המקורית	ירד	0.1M	0.1M	$HBr_{(aq)}$	0.1M	0.1M	$KOH_{(aq)}$	2

## ניסוי 3:

שינוי pH התמיסה במהלך הערבוב עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ במהלך הערבוב	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$	ריכוז $\text{KOH}_{(aq)}$	התמיסה	ריכוז יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$	ריכוז $\text{Ba(OH)}_{2(aq)}$	התמיסה	
ירד והיה נמוך מזה של תמיסה המקורית	ירד	0.1M	0.1M	$\text{KOH}_{(aq)}$	0.2M	0.1M	$\text{Ba(OH)}_{2(aq)}$	3

## ניסוי 4

שינוי pH התמיסה במהלך התגובה עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ במהלך התגובה	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$	ריכוז $\text{Ba(OH)}_{2(aq)}$	התמיסה	ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$	ריכוז $\text{HBr}_{(aq)}$	התמיסה	
עלה והיה גבוה מזה של התמיסה המקורית	ירד	0.2M	0.1M	$\text{Ba(OH)}_{2(aq)}$	0.1M	0.1M	$\text{HBr}_{(aq)}$	4

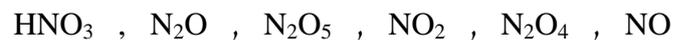
## ניסוי 5:

שינוי pH התמיסה במהלך הערבוב עלה/ירד	שינוי הריכוז של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ במהלך הערבוב	התמיסה שהוסיפו			התמיסה המקורית			ניסוי
		ריכוז יוני $\text{K}^+_{(aq)}$	ריכוז $\text{KNO}_3_{(aq)}$	התמיסה	ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$	ריכוז $\text{HNO}_3_{(aq)}$	התמיסה	
עלה והיה גבוה מזה של התמיסה המקורית	ירד	0.1M	0.1M	$\text{KNO}_3_{(aq)}$	0.1	0.1M	$\text{HNO}_3_{(aq)}$	5

## ניתוח התוצאות של שאלה 7

### 7 תמצון-חיזור

נתונות נוסחאות מולקולריות של כמה מולקולות המכילות אטום חנקן (N):



מהו ההיגד הנכון?

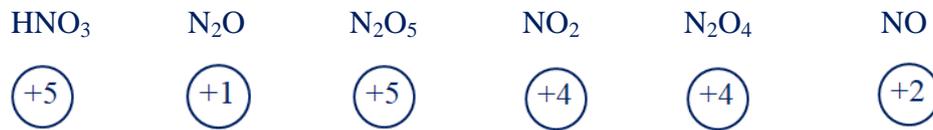
שאלון 037381  
שאלון 037387

- א. - במולקולות  $\text{N}_2\text{O}$  ו- $\text{NO}$  אטומי החנקן יכולים לעבור תהליך תמצון בלבד.
- ב. **99% 100%** במולקולות  $\text{HNO}_3$  ו- $\text{N}_2\text{O}_5$  אטומי החנקן יכולים לעבור תהליך חיזור בלבד.
- ג. - כאשר מולקולות  $\text{N}_2\text{O}_4$  נוצרות ממולקולות  $\text{NO}_2$ , אטומי החנקן עוברים תהליך חיזור.
- ד. 1% כאשר מולקולות  $\text{NO}_2$  נוצרות ממולקולות  $\text{NO}$ , אטומי החנקן עוברים תהליך חיזור.

## הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

קביעת דרגות חמצון של אטומי החנקן בתוך כל מולקולה.



במולקולות  $\text{HNO}_3$  ו- $\text{N}_2\text{O}_5$  אטומי החנקן יכולים לעבור תהליך חיזור בלבד, כי דרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות אלו היא (+5), שהיא דרגת החמצון הגבוהה ביותר האפשרית של אטומי החנקן. לכן הם יכולים רק "לקבל" אלקטרונים - לעבור חיזור.

התחמוצות  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  יכולות לשמש גם מחמצן וגם מחזור, כי דרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות של כל אחת מהתחמוצות האלה היא לא הגבוהה ביותר ולא הנמוכה ביותר האפשרית של אטומי החנקן. לכן אטומי החנקן בתחמוצות האלה יכולים גם "לקבל" אלקטרונים - לעבור חיזור, וגם "לוותר" על האלקטרונים - לעבור חמצון.

לכן מסיח א' אינו נכון.

מסיח ג' אינו נכון, כי בתגובה בה מולקולות  $\text{N}_2\text{O}_4$  נוצרות ממולקולות  $\text{NO}_2$ , דרגת החמצון של אטומי החנקן אינה משתנה. ולכן אטומי החנקן אינם עוברים תהליך חיזור.

מסיח ד' אינו נכון, כי בתגובה בה מולקולות  $\text{NO}_2$  נוצרות ממולקולות  $\text{NO}$ , דרגת החמצון של אטומי החנקן משתנה מ- (+2) ל- (+4). לכן אטומי החנקן אינם עוברים תהליך חיזור אלא חמצון.

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

## כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולה לפי הכללים לקביעת דרגות חמצון.
- ◀ לקבוע את טווח דרגות החמצון של אטומי החנקן.
- ◀ לקבוע דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית עבור אטומי חנקן לפי מקומו בטבלה המחזורית.
- ◀ לקבוע, לפי דרגת החמצון, אם החלקיק יכול לחמצן בלבד, לחזור בלבד, או גם לחמצן וגם לחזור.
- ◀ ליישם את ההגדרות הנוגעות לתהליכי חמצון-חיזור כדי לקבוע עבור תגובת חמצון-חיזור את התהליך שעובר מגיב מסוים: חמצון או חיזור.

## סיבות אפשריות לטעויות

הציון מצוין בשני השאלונים. לא הופיעו טעויות.

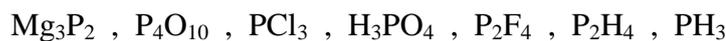
## המלצות

- לחזור עם התלמידים על הכללים לקביעת דרגות חמצון ולתרגל קביעת דרגות חמצון של אטומים בתרכובות מולקולריות וביונים מורכבים.

- לתרגל קביעה של דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומים, תוך התייחסות לאטומים בתוך חלקיקים שונים - מולקולות ויונים.
  - להיכנס לקורס "כימיה לעניין" [Campus II](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה - הרישום חינם), פרק "חמצון-חיזור", שיעור: קביעת מחמצן ומחזור בתגובה עפ"י שינוי בדרגות חמצון, כולל שאלות, ושיעור: דרגת חמצון מרבית (מקסימלית) ומזערית (מינימלית), כולל שאלות.
  - לפתור עם התלמידים שאלות מתאימות מבחינות הבגרות מחוברת [תרגול ושאלות בנושא חמצון-חיזור](#) בעיקר שאלה 6 ושאלות מחוברת המשך.
  - להפנות את התלמידים לשיעור בנושא [דרגות חמצון](#).
  - לבצע עם התלמידים משימה דיאגנוסטית בעזרת ערכה להוראה מותאמת אישית: [מי מחזר כאן?](#) מטרת המשימה היא בדיקת תפיסות שגויות מגוונות אצל התלמידים בנושא חמצון-חיזור.
  - [שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו"](#) - חוברת שאלות שפותחו בסדנת מורים. מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות 4, 5, 11, 14 ושאלות נוספות.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.8, א.9, ב.6, ב.7, ג.6 בטבלה בעמ' 5-8.**

### שאלה לתרגול

נתונות נוסחאות של שבע תרכובות המכילות אטום זרחן (P):

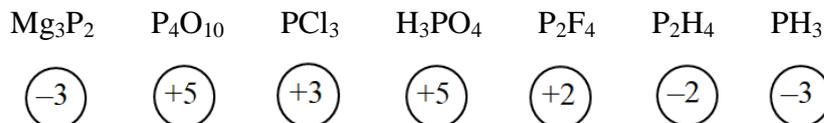


מהו ההיגד הנכון?

- א. במולקולות  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  ו- $\text{H}_3\text{PO}_4$  אטומי הזרחן יכולים לעבור תהליך חמצון בלבד.
- ב. בתרכובות  $\text{Mg}_3\text{P}_2$  ו- $\text{PH}_3$  אטומי הזרחן יכולים לעבור תהליך חיזור בלבד.
- ג. כאשר מולקולות  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  נוצרות ממולקולות  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , אטומי הזרחן עוברים תהליך חיזור.
- ד. כאשר מולקולות  $\text{P}_2\text{F}_4$  נוצרות ממולקולות  $\text{P}_2\text{H}_4$  וחומרים נוספים, אטומי הזרחן עוברים תהליך חמצון.

### התשובה

קביעת דרגות חמצון של אטומי הזרחן בכל תרכובת.



**התשובה הנכונה היא ד'.** כאשר מולקולות  $\text{P}_2\text{F}_4$  נוצרות ממולקולות  $\text{P}_2\text{H}_4$ , אטומי הזרחן עוברים תהליך חמצון כי דרגת החמצון של אטומי זרחן עלה.

**מסיח א'** אינו נכון. במולקולות  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  ו- $\text{H}_3\text{PO}_4$  דרגת החמצון של אטומי הזרחן היא מרבית, לכן אטומי הזרחן יכולים לעבור תהליך החיזור בלבד.

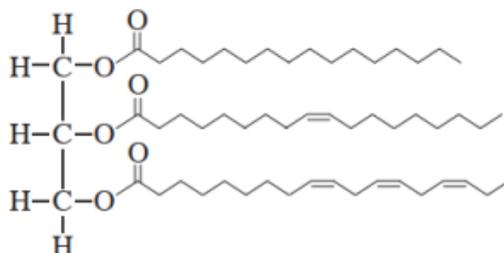
**מסיח ב'** אינו נכון. בתרכובות  $\text{Mg}_3\text{P}_2$  ו- $\text{PH}_3$  דרגת החמצון של אטומי הזרחן היא מזערית, לכן אטומי הזרחן יכולים לעבור תהליך החמצון בלבד.

**מסיח ג'** אינו נכון. כאשר מולקולות  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  נוצרות ממולקולות  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , אטומי הזרחן לא עוברים תהליך חיזור וגם לא תהליך חמצון, כי יש להם אותה דרגת חמצון.

## ניתוח התוצאות של שאלה 8

### 8 חומצות שומן

נתון ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה של מולקולת טריגליצריד:



מה הן חומצות השומן המרכיבות את הטריגליצריד הנתון?

שאלון 037381  
שאלון 037387

			א.	100%	100%
<b>C16:0</b>	<b>C18:1ω9 cis</b>	<b>C18:3ω3 cis,cis,cis</b>	ב.	-	-
C15:0	C17:1ω9 cis	C17:3ω3 cis,cis,cis	ג.	-	-
C15:0	C17:1ω9 trans	C17:3ω3 trans,trans,trans	ד.	-	-
C16:0	C18:1ω9 trans	C18:3ω3 trans,trans,trans			

### הנימוק

**התשובה הנכונה היא א'.** זיהוי חומצות השומן המרכיבות את הטריגליצריד הנתון נעשה על פי רישום מקוצר של חומצות השומן הרשומות בטבלה. כל המרכיבים של חומצות השומן, הרשומות בשורה הראשונה של הטבלה, תואמים למרכיבי חומצות השומן שבייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת הטריגליצריד.

**מסיחים ב' ו-ג'** אינם נכונים כי מספר אטומי פחמן בשלוש החומצות לא מתאים לזה שבחומצות השומן המרכיבות את הטריגליצריד.

**מסיח ד'** אינו נכון. חומצה C16:0 מתאימה, אך השרשרות של שתי החומצות הנוספות מכילות קשרים כפולים במבנה טרנס - הדבר לא תואם לשרשרות חומצות השומן בייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת הטריגליצריד.

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ⏪ לקבוע אילו חומצות שומן שימשו מגיבים בתגובה של יצירת טריגליצריד - על פי ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת הטריגליצריד הנתון.
- ⏪ לזהות את חומצות השומן המרכיבות את הטריגליצריד הנתון על פי רישום מקוצר של חומצות השומן שכולל: מספר אטומי פחמן בשרשרת חומצת השומן, מספר הקשרים הכפולים בשרשרת, מיקום הקשר הכפול הראשון (ω), כשהספירה היא מאטום הפחמן הרחוק מהקבוצה הקרבוקסילית, מבנה האיזומר של הקשר הכפול - ציס או טרנס.

## סיבות אפשריות לטעויות

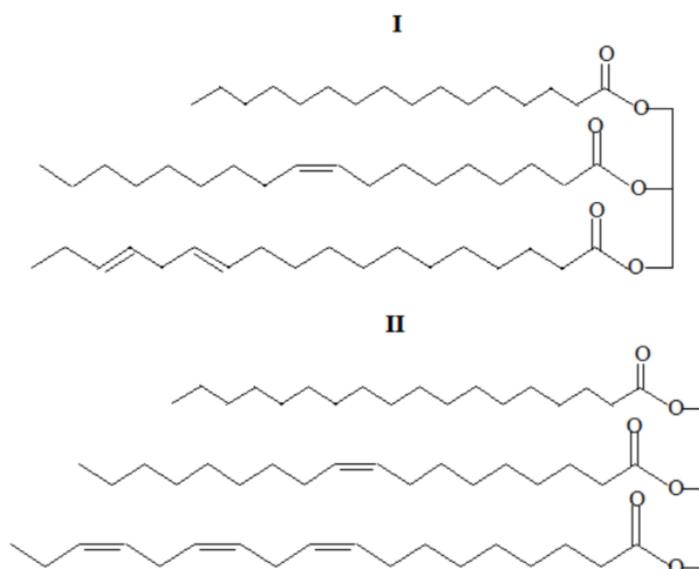
הציון מצוין בשני השאלונים. לא אותרו טעויות.

## המלצות

- לתת לתלמידים לעבוד עם מודלים - לבקש לבנות מודלים של חומצות שומן רוויות ובלתי רוויות, איזומרים ציס וטרנס.
  - להיעזר במצגת: [שמנים ושומנים, חומצות שומן](#).
  - המלצות שכוללות נושאי העמקה והעשרה:
  - מומלץ להציג לתלמידים מספר מודלים של מולקולות אותה חומצת שומן כדי להבהיר לתלמידים את משמעות האריזה של מולקולות.
  - לבצע עם התלמידים פעילויות הנושא [כימיה של מזון](#).
  - להציג לתלמידים את הכתבה: [מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס?](#) בכתבה מוצגות דוגמאות לאריזת המולקולות של חומצות שומן שונות. לכתבה מצורף סרטון המתייחס להיבטים שונים של הנושא.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' 6.ד, 1.ה, 6.ה בטבלה בעמ' 5-8.**

## שאלה לתרגול

נתון ייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה של מולקולות שני טריגליצרידים, II-I.



השלימו את הטבלה שלפניכם:

רישום מקוצר של חומצות השומן המרכיבות את הטריליגריד			טריליגריד
			I
			II

## התשובה

רישום מקוצר של חומצות השומן המרכיבות את הטריליגריד			טריליגריד
C16:0	C18:1ω9 cis	C18:2ω3 trans,trans	I
C18:0	C18:1ω9 cis	C18:3ω3 cis,cis,cis	II

## ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות בבחינת הבגרות תשפ"ד

כפי שנאמר, ניתוח השאלות הפתוחות 9-14 מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד: ציוני שאלות וציוני סעיפים, על ציוני המדגם הנעשה על ידי המעריכים הבכירים - ציוני תת-סעיפים, ועל טעויות אופייניות שאותרו על ידי מעריכי בחינת הבגרות.

בטבלה הבאה מופיעים ממצאים סטטיסטיים שדווחו על ידי מכון סאלד לגבי הבחינה לפי שאלוני מועד קיץ. ממצאים אלה מתבססים על 12,262 נבחנים:

11,946 תלמידים ניגשו לשאלון 037381

316 תלמידים ניגשו לשאלון 037387 - בחינה מתוקשבת.

### 37381 (11,946 נבחנים)

14	13	12	11	10	9	מס' שאלה	נושא
חישובים	חמצון- חיזור, מבנה וקישור	חומצות ובסיסים, חישובים	חומצות שומן	מבנה האטום, מבנה וקישור	ניתוח קטע ממאמר מדעי		
<b>65</b>	<b>62</b>	<b>77</b>	<b>80</b>	<b>58</b>	<b>66</b>	ציון ממוצע	
22%	38%	84%	91%	61%	100%	% תלמידים שבחרו בשאלה	
38	33	48	53	17	24	85-100	%
27	27	39	36	40	48	55-84	תלמידים שהציונים שלהם
35 (26)	40 (29)	13 (7)	11 (7)	43 (25)	28 (16)	0-54 (0-40)	

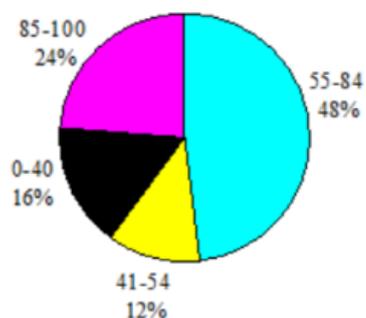
### 37387 (316 נבחנים)

14	13	12	11	10	9	מס' שאלה	נושא
חישובים	חמצון- חיזור, מבנה וקישור	חומצות ובסיסים, חישובים	חומצות שומן	מבנה האטום, מבנה וקישור	ניתוח קטע ממאמר מדעי		
<b>78</b>	<b>71</b>	<b>81</b>	<b>85</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	ציון ממוצע	
33%	34%	78%	87%	66%	100%	% תלמידים שבחרו בשאלה	
56	42	56	62	32	19	85-100	%
25	32	36	32	40	58	55-84	תלמידים שהציונים שלהם
19 (11)	26 (17)	8 (3)	6 (3)	28 (9)	23 (10)	0-54 (0-40)	

## ניתוח התוצאות של שאלה 9 ניתוח קטע ממאמר מדעי

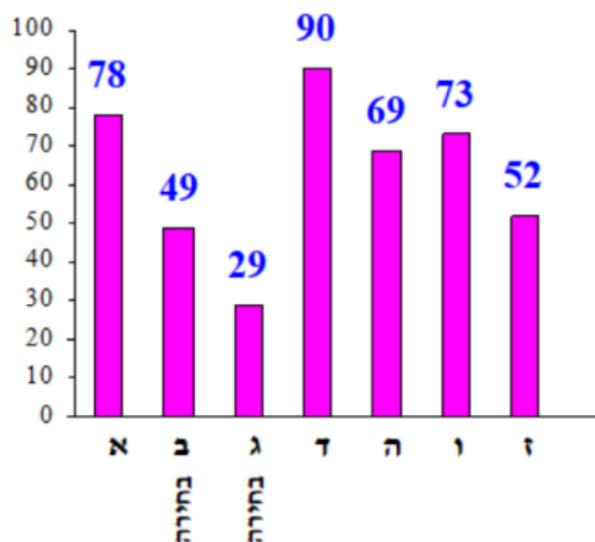
### שאלון 037381

פיזור ציונים



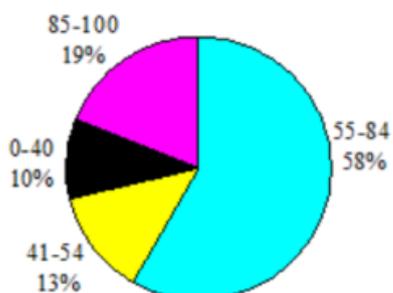
ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 66

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



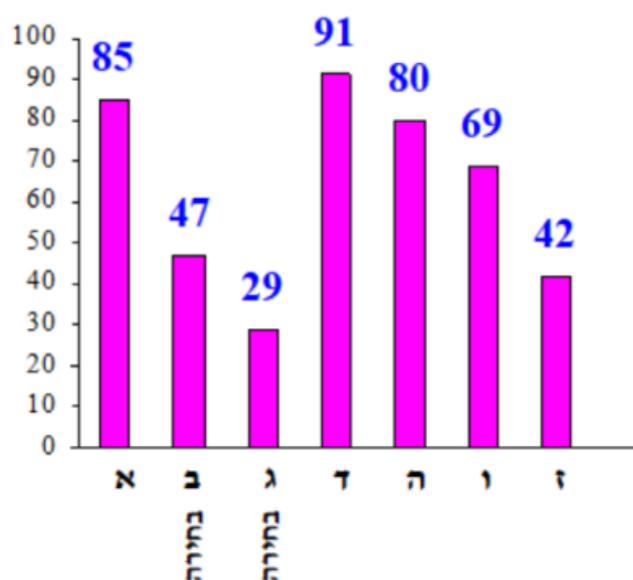
### שאלון 037387

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 68

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

סעיף	רמת חשיבה לפי בלום
א	יישום
ב (בחירה)	יישום
ג (בחירה)	אנליזה
ד	יישום
ה	יישום
ו	יישום
ז	יישום

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ליישם את הידע המדעי הנלמד כדי לנתח טקסט מדעי לא מוכר.
- לעבוד עם קטע ממאמר מדעי לא מוכר, ולהסיק מסקנות מן הכתוב בטקסט.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים:
  - חישוב המסה המולרית של חומר.
  - חישוב מספר המולים של חומר על פי מספר המולקולות שלו ומספר אבוגדרו.
  - חישוב מסת החומר על פי המסה המולרית ומספר המולים שלו.
  - חישובים על פי יחס המולים של מגיבים ותוצרים בניסוח מאוזן של תגובה.
- לקבוע את סוגי הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בחומרים הנתונים: קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס.
- לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים, כגון טמפרטורת הרתיחה.
- ליישם את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים במים ובממסים אל מימיים.
- לקבוע תחום ה-pH של תמיסה מימית.
- לזהות את סוג התמיסה: חומצית, בסיסית או ניטרלית, על פי ניסוח תגובה נתון.
- לקשר בין צבע האינדיקטור לסוג התמיסה המימית (חומצית, בסיסית או ניטרלית).
- לקשר בין תכונות מאקרוסקופיות (שינוי בצבע) לבין תכונות מיקרוסקופיות (שינוי בדרגת חמצון).
- לקבוע עבור מגיב בתגובת חמצון-חיזור אם הוא מחמצן או מחזר על פי שינוי בדרגות חמצון במהלך תגובה.

קראו את הקטע שלפניכם, וענו על הסעיפים שאחריו לפי ההנחיות.

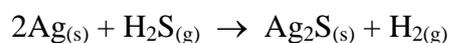
### האם המזון טרי? בדקו את האריזה!

פיתוח אריזות מזון חכמות הוא תחום מחקר שהולך ומתפתח בעולם. אריזות מזון חכמות נועדו בעיקר כדי לספק מידע ללקוחות, בעת הקנייה, בנוגע לטריותו של המזון ובכך להבטיח צריכת מזון איכותי. באריזות חכמות המידע על אודות המזון מועבר באמצעות סמנים מסוגים שונים.

סמנים אלה הם אינדיקטורים או חיישנים שנמצאים באריזות המזון. אינדיקטורים משנים את צבעם כאשר הם מזהים תוצרים של תגובות כימיות לא רצויות, שהתרחשו במזון לאחר שנארו. כך אפשר למנוע צריכת מזון מקולקל.

לפניכם כמה דוגמאות:

- מימן גופרי,  $H_2S_{(g)}$ , הוא גז הנפלט ממוצרי בשר מקולקלים. בעת האחרונה פותחה תווית ובה, בין השאר, גרגרי כסף,  $Ag_{(s)}$ . את התווית שמים בתוך אריזת בשר. כאשר הבשר מתקלקל נפלט הגז מימן גופרי, שמגיב עם גרגרי הכסף. עקב כך חל שינוי הדרגתי בצבע התווית, מצבע צהוב ועד לצבע חום. להלך התגובה המתרחשת:



- תרכובות חנקן שונות עלולות להיווצר כאשר דגים מתקלקלים. בטבלה שלפניכם נתונים על תרכובות כאלה:

שם תרכובת החנקן	טמפרטורת הרתחה (°C)	נוסחה מולקולרית
אמוניה	-33	$NH_3$
TMA	3	$(CH_3)_3N$
DMA	7	$(CH_3)_2NH$

תרכובות אלה מגיבות עם מים ויוצרות תמיסה בסיסית, לכן אפשר לזהות אותן על פי שינוי ערכי ה-pH בנוזלים שבשאריות מזון. האינדיקטור לזיהוי תרכובות אלה נמצא בתווית בתוך האריזה, וצבעו משתנה כאשר חל שינוי ניכר ב-pH של הנוזל שבאריזה. האינדיקטור מכיל חומרים הרגישים לשינוי בחומציות, כגון אנתוציאנינים המצויים גם בכרוב סגול, שבאמצעותם צבעו של האינדיקטור משתנה כאשר המזון מתקלקל.

- בעת הבשלתם של פירות שונים נפלט גז אתילן,  $C_2H_4_{(g)}$ . הגז אתילן גורם לזירוז הבשלתם של פירות, וכך מתקצר משך הזמן שהפירות טריים ומתאימים לצריכה. ריכוז האתילן הוא מדד לרמת הבשלות של הפרי. אחד מן החומרים שבאמצעותם אפשר לזהות את מידת הבשלה של פירות, הוא אשלגן על-מנגנתי,  $KMnO_{4(s)}$ , שצבעו סגול. החומר  $KMnO_{4(s)}$  מגיב עם אתילן, ובין שאר התוצרים בתגובה זו מתקבל גם מוצק מנגן דו-חמצני,  $MnO_{2(s)}$ , שצבעו חום. משתמשים ב- $KMnO_{4(s)}$  כמרכיב באינדיקטור באריזות הפרי: כאשר ריכוז האתילן באריזה עולה - צבעו של האינדיקטור משתנה. החוקרים העוסקים בתחום האריזות החכמות ממשיכים לחפש דרכים יעילות, רגישות וזולות לשמירה על איכות המזון שאנו צורכים.

#### מקור ראשי:

Smart choices: Mechanisms of intelligent food packaging. Azeredo; Correa. Current Research in Food Science 4(2021) 932-936. Journal home page: [www.sciencedirect.com/journal/current-research-in-food-science](http://www.sciencedirect.com/journal/current-research-in-food-science)

**סעיף א' (הציון בשאלון 037381 78)**

**(הציון בשאלון 037387 85)**

באריזה המכילה בשר, זוהו סך הכול  $6.02 \times 10^{17}$  מולקולות של מימן גופרי,  $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ . מהי מסת הכסף,  $\text{Ag}_{(s)}$ , הדרושה לתגובה עם כל המימן הגופרי שבשאריות הבשר? **פרטו את חישוביכם.**

### התשובה

חישוב מספר מול מולקולות  $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ :

$$\frac{6.02 \times 10^{17} \text{ molecules}}{6.02 \times 10^{23} \frac{\text{molecules}}{\text{mol}}} = 1 \times 10^{-6} \text{ mol}$$



יחס המולים בין כסף למימן גופרי הוא 2:1

$$1 \times 10^{-6} \text{ mol} \times 2 = 2 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

חישוב מספר מול כסף,  $\text{Ag}_{(s)}$ :

$$M_{w(\text{Ag})} = 108 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

מסה מולרית של כסף:

$$2 \times 10^{-6} \text{ mol} \times 108 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 2.160 \times 10^{-4} \text{ gr}$$

חישוב מסת הכסף:

**או פתרון בטבלה:**

$\text{Ag}_{(s)}$	$\text{H}_2\text{S}_{(g)}$	יחידות	גדלים
2	1		יחס מולים
	$6 \times 10^{-17}$	molecules	מספר מולקולות
$2 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	mol	מספר מולים
108		$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
$2.160 \times 10^{-4}$		gr	מסה נדרשת

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני בשאלון 037381 והציון גבוה בשאלון 037387. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים: חישוב מספר המולים של מימן גופרי - על פי מספר המולקולות שלו ומספר אבוגדרו; חישוב מספר המולים של כסף על פי יחס המולים בין  $\text{Ag}_{(s)}$  ו- $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$  בניסוח התגובה; חישוב מסת הכסף הדרושה לתגובה עם כל המימן הגופרי - על פי המסה המולרית של כסף ומספר המולים שלו. יחד עם זאת חלק מן התלמידים טעו. הטעויות האופייניות:

- ♦ טעות בחישוב מסה מולרית של כסף - הכפלתה בשניים.
- ♦ טעויות חישוב עקב שימוש שגוי במחשבון - טעויות שקשורות להקלדת המספרים במחשבון ללא התייחסות לסדר פעולות חשבון /או טעויות בפעולות עם חזקות - חיבור חזקות במקום חיסור:

$$\bullet \quad \frac{6.02 \times 10^{17}}{6.02 \times 10^{23}} = 1 \times 10^{40} \text{ mol}$$

♦ בלבול בין מספר חלקיקים לבין מספר המולים של חלקיקים :

$$\bullet \quad 1.204 \times 10^{18} \times 108 = 1.3 \times 10^{20} \text{ gr}$$

♦ אי-התייחסות ליחס המולים על פי ניסוח התגובה

– חישוב שגוי של מספר מולים על פי היחס 1:1.

– רישום יחס המולים ללא התייחסות אליו בהמשך החישוב.

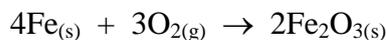
## המלצות

- להרגיל את התלמידים להתחיל לפתור שאלות דומות מרישום יחסי מולים על פי ניסוח תגובה מאוזן, ולאחר מכן לבצע את כל החישובים הנדרשים.
- לחדד את ההבדל בין מספר מולים לבין מספר מולקולות.
- לתרגל עם התלמידים חישובים באמצעות מחשבון כדי למנוע טעויות של הקלדת הנתונים ושגיאות הנובעות מסדר לא נכון של פעולות חשבון או הקלדת החזקות השגויה.
- לבקש מהתלמידים לפתור שאלות מתאימות מהחוברות [תרגול ושאלות בנושא סטויכיומטריה](#) בבחינות הברורות ומחוברת המשך.

**ראו את הפרטים בקישור לחומר מס' ב.4 בטבלה בעמ' 5-8.**

## שאלה לתרגול

נתונה התגובה בין ברזל,  $\text{Fe}_{(s)}$ , לחמצן,  $\text{O}_{2(s)}$ :



ביצעו ארבעה ניסויים.

- א. בניסוי הראשון הגיבו 0.6 מול מולקולות חמצן,  $\text{O}_{2(g)}$ . חשבו את המסה של תחמוצת ברזל,  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ , שהתקבלה. **פרטו את חישוביכם.**
- ב. בניסוי השני הגיבו 0.6 מול אטומי חמצן,  $\text{O}_{(g)}$ . חשבו את המסה של תחמוצת ברזל,  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ , שהתקבלה. **פרטו את חישוביכם.**
- ג. בניסוי השלישי הגיבו  $8.428 \times 10^{23}$  אטומי חמצן,  $\text{O}_{(g)}$ . חשבו את המסה של תחמוצת ברזל,  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ , שהתקבלה. **פרטו את חישוביכם.**
- ד. בניסוי הרביעי התקבלו 64 גרם  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ . חשבו את מסה הברזל,  $\text{Fe}_{(s)}$ , שהגיב. **פרטו את חישוביכם.**

## התשובה

סעיף א'

יחס המולים (של מולקולות) בניסוח התגובה בין  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$  לבין  $\text{O}_{2(g)}$  הוא 3:2

$$\frac{2 \text{ mol} \times 0.6 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = 0.4 \text{ mol}$$

לכן מספר המולים של  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ :

$$160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} : \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$$

$$160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.4 \text{ mol} = \mathbf{64 \text{ gr}}$$

המסה של  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$  שהתקבלה :

או פתרון בטבלה:

גדלים	יחידות	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	$\text{O}_2(\text{g})$
יחס מולים		2	3
מספר מולים	mol	0.4	0.6
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	160	
מסה שהתקבלה	gr	<b>64</b>	

סעיף ב'

$$\frac{0.6 \text{ mol atoms}}{2} = 0.3 \text{ mol molecules} \quad \text{מספר המולים של מולקולות } \text{O}_2(\text{g}) \text{ שהגיבו:}$$

יחס המולים (של מולקולות) בניסוח התגובה בין  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  לבין  $\text{O}_2(\text{g})$  הוא 3:2 .

$$\frac{2 \text{ mol} \times 0.3 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = 0.2 \text{ mol} \quad \text{לכן מספר המולים של } \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}):$$

$$160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} : \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \quad \text{המסה המולרית של } \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}):$$

$$160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.2 \text{ mol} = \mathbf{32 \text{ gr}} \quad \text{המסה של } \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \text{ שהתקבלה:}$$

או פתרון בטבלה:

גדלים	יחידות	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	$\text{O}_2(\text{g})$
יחס מולים		2	3
מספר מול אטומים	mol atoms		0.6
מספר מולים	mol	0.2	0.3
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	160	
מסה שהתקבלה	gr	<b>32</b>	

סעיף ג'

$$\frac{8.428 \times 10^{23} \text{ atoms}}{6.02 \times 10^{23} \frac{\text{atoms}}{\text{mol}}} = 1.4 \text{ mol atoms} \quad \text{מספר המולים של אטומי חמצן, } \text{O}(\text{g}):$$

$$\frac{1.4 \text{ mol atoms}}{2} = 0.7 \text{ mol molecules} \quad \text{מספר המולים של מולקולות } \text{O}_2(\text{g}) \text{ שהגיבו:}$$

יחס המולים (של מולקולות) בניסוח התגובה בין  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  לבין  $\text{O}_2(\text{g})$  הוא 3:2 .

$$\frac{2 \text{ mol} \times 0.7 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = 0.457 \text{ mol} \quad \text{לכן מספר המולים של } \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}):$$

$$160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} : \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \quad \text{המסה המולרית של } \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}):$$

$$160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.457 \text{ mol} = \mathbf{73,12 \text{ gr}}$$

המסה של  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  שהתקבלה :

או פתרון בטבלה :

גדלים	יחידות	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	$\text{O}_2(\text{g})$
יחס מולים		2	3
מספר אטומים	atoms		$8.428 \times 10^{23}$
מספר מול אטומים	mol atoms		1.4
מספר מולים	mol	0.457	0.7
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	160	
מסה שהתקבלה	gr	<b>73.12</b>	

סעיף ד'

המסה המולרית של  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  :  $160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  :

$$\frac{64 \text{ gr}}{160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.4 \text{ mol}$$

יחס המולים בניסוח התגובה בין  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  לבין  $\text{Fe}(\text{s})$  הוא 2:1.

$$0.4 \text{ mol} \times 2 = 0.8 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{Fe}(\text{s})$  שהגיב :

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

$$56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.8 \text{ mol} = \mathbf{44.8 \text{ gr}}$$

המסה של  $\text{Fe}(\text{s})$  שהגיב :

או פתרון בטבלה :

גדלים	יחידות	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	$\text{Fe}(\text{s})$
יחס מולים		1	2
מספר מולים	mol	0.4	0.8
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	160	56
מסה שהתקבלה	gr	73.12	<b>44.8</b>

סעיף ב' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 49)

(הציון בשאלון 037387 47)

הסבירו מדוע טמפרטורת הרתיחה של TMA גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אמוניה.

## התשובה

- למולקולת TMA ענן אלקטרוני גדול יותר מאשר הענן האלקטרוני של מולקולת אמוניה.
  - בין מולקולות TMA יש אינטראקציות ון-דר-ולס. ביו מולקולות האמוניה יש קשרי מימן.
  - (במצב נוזל) אינטראקציות ון-דר-ולס שבין מולקולות TMA חזקות מקשרי המימן שבין מולקולות האמוניה.
  - האנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות TMA גדולה מהאנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות אמוניה.
- (- לכן, טמפרטורת הרתיחה של TMA גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אמוניה.)

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

## ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך מאוד בשני השאלונים. מחצית מהתלמידים התקשו לנתח ולהסביר את ההשפעה של כל הגורמים על טמפרטורות הרתיחה של שני החומרים, ולהשוות את החוזק של כל אחד מסוגי הכוחות הבין מולקולריים: קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. הטעויות האופייניות:
- ◆ קביעה שבשני החומרים יש קשרי מימן:
  - "בשני החומרים יש גם קשרי מימן וגם אינטראקציות ון-דר-ולס. במולקולות TMA יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן."
  - "בין המולקולות של נוצרים יותר קשרי מימן."
  - ◆ הסברים חלקיים - מציינים רק שאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות TMA חזקות יותר, כי ענן האלקטרוני של מולקולת TMA גדול יותר, ללא השוואה בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים:
  - "במולקולות TMA ענני אלקטרוני גדולים יותר."
  - "אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות TMA חזקות."
  - ◆ "חישוב מסה מולרית של חומרים במקום חישוב מספר אלקטרוני במולקולת החומר:
  - "מספר אלקטרוני במולקולה TMA הוא 59 ומספר אלקטרוני במולקולה  $\text{NH}_3$  הוא 17."

**סעיף ג' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 29)**

**(הציון בשאלון 037387 29)**

הסבירו מדוע טמפרטורת הרתיחה של DMA קרובה לטמפרטורת הרתיחה של TMA.

## התשובה

- למולקולת TMA ענן אלקטרוני גדול יותר מאשר הענן האלקטרוני של מולקולת DMA.
  - (במצב נוזל) בין מולקולות TMA מתקיימות אינטראקציות ון-דר-ולס חזקות יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס המתקיימות בין מולקולות DMA.
  - אבל, בין מולקולות DMA מתקיימים גם קשרי מימן שאינם מתקיימים בין מולקולות TMA.
  - לכן האנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות DMA דומה בגודלה לאנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות TMA.
- (- ולכן טמפרטורת הרתיחה של DMA קרובה לטמפרטורת הרתיחה של TMA.)

לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלוס היא אנליזה.

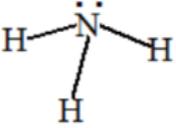
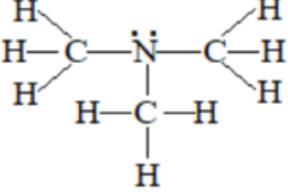
### ניתוח טעויות אופייניות

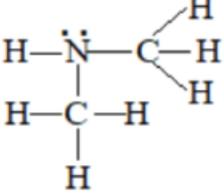
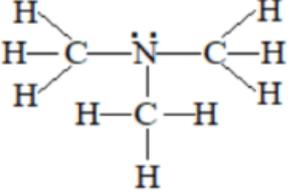
- הציון נמוך ביותר בשני השאלונים. תלמידים רבים התקשו לנתח ולהסביר את ההשפעה של כלאחד מן הגורמים על טמפרטורות הרתיחה של שני החומרים. הטעויות האופייניות:
- ♦ התייחסות לגורם אחד בלבד - לגודל ענני האלקטרוני של מולקולות:
  - "גודל ענני האלקטרוני במולקולות TMA ו-DMA דומה, ולכן טמפרטורות הרתיחה שלהם קרובות זו לזו."
  - ♦ קביעה שגויה שבשני החומרים יש קשרי מימן:
  - "למולקולות שני החומרים אותה יכולת ליצור קשרי מימן וגם ענני האלקטרוני בגודל דומה."
  - "בשני החומרים - TMA ו-DMA יש קשרי מימן. בחומר DMA יש קצת יותר מוקדים לקיום קשרי מימן, לכן טמפרטורת הרתיחה שלו קצת יותר גבוהה מזו של TMA."

### המלצות לסעיפים ב'-ג'

- להציג לתלמידים תבנית לניסוח תשובה מילולית בשאלות של השוואת טמפרטורות רתיחה של שני חומרים מולקולריים:
    - קביעה:
    - ציון החומר שטמפרטורת הרתיחה שלו גבוהה יותר.
    - הסבר:
    - התייחסות לקריטריונים הדומים בשני החומרים.
    - התייחסות לקריטריונים השונים בשני החומרים.
    - השפעת הקריטריונים השונים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים.
    - התייחסות לאנרגייה הנדרשת לניתוק הכוחות הבין מולקולריים בשני החומרים.
    - סיכום.
  - בהסבר המילולי חשוב לשים לב להבדל בין מושגים המתייחסים לחומרים, כגון טמפרטורת רתיחה או מצב צבירה, לבין מושגים המתייחסים לחלקיקים - מולקולות ולכוחות בין מולקולריים.
  - לבצע עם התלמידים משימה דיאגנוסטית על פי ערכה להוראה מותאמת אישית: "[מי גבוהה יותר?](#)" המשימה: הבנת הגורמים המשפיעים על חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס ועל טמפרטורת הרתיחה.
  - להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר [Campus II](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה - הרישום חינם), לפרק מבנה וקישור ולתרגל עם התלמידים שאלות משיעור 4.9 - חוזק קשרים בין מולקולריים.
  - מומלץ להיעזר ב-[תבניות מבחינות בגרות](#) בעברית ובערבית.
  - לבנות יחד עם התלמידים טבלאות על פי התבנית המופיעה בעמוד 10 בחוברת: [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#). זוהי תבנית המקשרת בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לטמפרטורת הרתיחה של החומרים. בעמוד הבא מוצגות דוגמאות לתבניות מסוג זה לסעיפים ב'-ג'.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.6, א.8, ב.2, ג.7 בטבלה בעמ' 5-8.**

טבלאות המציגות דוגמאות לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לטמפרטורת הרתיחה של החומרים:

אמוניה	TMA	החומרים
$\text{NH}_3$	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	נוסחאות מולקולריות
		נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של מולקולות החומרים
10 אלקטרוניים במולקולה	34 אלקטרוניים במולקולה	המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולות החומרים
מולקולות קוטביות	מולקולות קוטביות	קוטביות של מולקולות החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס חלשות	אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
קשרי מימן בין מולקולות $\text{NH}_3^{(l)}$ חלשים מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $\text{TMA}^{(l)}$ . במקרה הנתון השפעת הגורם של גודל ענני אלקטרוניים של המולקולות חזקה יותר מהשפעת הגורם של קיום קשרי מימן בין המולקולות..		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $\text{TMA}^{(l)}$ מאשר לניתוק קשרי מימן בין מולקולות $\text{NH}_3^{(l)}$ . בעת השינוי ממצב צבירה נוזל למצב צבירה גז.		אנרגייה הנדרשת לניתוק הכוחות הבין מולקולריים
טמפרטורת הרתיחה של TMA גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של $\text{NH}_3^{(l)}$ .		טמפרטורות הרתיחה של החומרים (נתון)

DMA	TMA	החומרים
$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	נוסחאות מולקולריות
		נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של מולקולות החומרים
26 אלקטרוניים במולקולה	34 אלקטרוניים במולקולה	המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולות החומרים
מולקולות קוטביות	מולקולות קוטביות	קוטביות של מולקולות החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
למולקולת $\text{TMA}^{(l)}$ ענן אלקטרוניים גדול יותר מזה של מולקולת $\text{DMA}^{(l)}$ . לכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $\text{TMA}^{(l)}$ חזקות יותר מאלה שבין מולקולות $\text{DMA}^{(l)}$ . אבל, בין מולקולות $\text{DMA}^{(l)}$ יש גם קשרי מימן שאינם מתקיימים בין מולקולות $\text{TMA}^{(l)}$ ..		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
האנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות $\text{DMA}^{(l)}$ דומה בגודלה לאנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות $\text{TMA}^{(l)}$ .		אנרגייה הנדרשת לניתוק הכוחות הבין מולקולריים
לכן טמפרטורת הרתיחה של DMA קרובה לטמפרטורת הרתיחה של TMA.		טמפרטורות הרתיחה של החומרים (נתון)

## שאלות לתרגול לסעיפים ב'-ג'

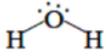
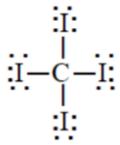
## שאלה 1

טמפרטורת הרתיחה של פחמן ארבע יודי,  $\text{Cl}_4(\text{l})$ , היא  $168^\circ\text{C}$ . טמפרטורת הרתיחה של מים,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , היא  $100^\circ\text{C}$ . הסבירו עובדה זו.

## התשובה

למולקולת  $\text{Cl}_4$  ענן האלקטרוניים גדול יותר מאשר ענן האלקטרוניים של מולקולת  $\text{H}_2\text{O}$ . בין מולקולות  $\text{Cl}_4(\text{l})$  יש אינטראקציות ון-דר-ולס. ביו מולקולות המים יש בעיקר קשרי המימן. אינטראקציות ון-דר-ולס שבין מולקולות  $\text{Cl}_4(\text{l})$  חזקות מקשרי המימן שבין מולקולות המים. האנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות  $\text{Cl}_4(\text{l})$  גדולה מהאנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות המים. לכן, טמפרטורת הרתיחה של  $\text{Cl}_4(\text{l})$  גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של מים.

## או פתרון בטבלה

מים	פחמן ארבע יודי	החומרים
$\text{H}_2\text{O}$	$\text{Cl}_4$	נוסחאות מולקולריות
		נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של מולקולות החומרים
10 אלקטרוניים במולקולה	218 אלקטרוניים במולקולה	המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולות החומרים
מולקולות קוטביות	מולקולות לא קוטביות	קוטביות של מולקולות החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס חלשות	אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
קשרי מימן בין מולקולות $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ חלשים במקרה הנתון השפעת הגורם של גודל ענני אלקטרוניים של המולקולות חזקה יותר מהשפעת הגורם של קיום קשרי מימן בין המולקולות.	נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $\text{Cl}_4(\text{l})$ מאשר לניתוק קשרי מימן בין מולקולות $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ . בעת השינוי ממצב צבירה נוזל למצב צבירה גז.	ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
טמפרטורת הרתיחה של $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ .	טמפרטורת הרתיחה של $\text{Cl}_4(\text{l})$ גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ .	טמפרטורות הרתיחה של החומרים (נתון)

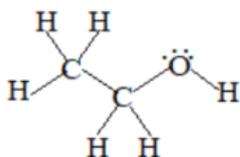
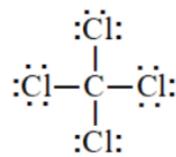
## שאלה 2

טמפרטורת הרתיחה של פחמן ארבע כלורי,  $\text{CCl}_4(\text{l})$ , היא  $77^\circ\text{C}$ . טמפרטורת הרתיחה של אתאנול,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ , היא  $78^\circ\text{C}$ . הסבירו מדוע טמפרטורת הרתיחה של  $\text{CCl}_4(\text{l})$  קרובה לטמפרטורת הרתיחה של  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ .

## התשובה

- למולקולת  $\text{CCl}_4$  ענן האלקטרונים גדול יותר מאשר ענן האלקטרונים של מולקולת  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .
- בין מולקולות  $\text{CCl}_4(l)$  יש אינטראקציות ון-דר-ולס חזקות יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין מולקולות  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ .
- אבל בין מולקולות  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$  יש גם קשרי מימן שאינם מתקיימים בין מולקולות  $\text{CCl}_4$ .
- האנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות  $\text{CCl}_4(l)$  דומה בגודלה לאנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ .
- לכן טמפרטורת הרתיחה של  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$  קרובה לטמפרטורת הרתיחה של  $\text{CCl}_4(l)$ .

## או פתרון בטבלה

אתאנול	פחמן ארבע כלורי	החומרים
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\text{CCl}_4$	נוסחאות מולקולריות
		נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של מולקולות החומרים
26 אלקטרונים במולקולה	74 אלקטרונים במולקולה	המספר הכולל של אלקטרונים במולקולות החומרים
מולקולות קוטביות	מולקולות לא קוטביות	קוטביות של מולקולות החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
למולקולת $\text{CCl}_4$ ענן אלקטרונים גדול יותר מזה של מולקולת $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . לכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $\text{CCl}_4(l)$ חזקות יותר מאלה שבין מולקולות $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ . אבל, בין מולקולות $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ יש גם קשרי מימן שאינם מתקיימים בין מולקולות $\text{CCl}_4(l)$ .		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
האנרגייה הדרושה לניתוק הכוחות הבין מולקולריים בין מולקולות $\text{CCl}_4(l)$ דומה בגודלה לאנרגייה הדרושה לניתוק הכוחות הבין מולקולריים בין מולקולות $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ .		אנרגייה הנדרשת לניתוק הכוחות הבין מולקולריים
טמפרטורת הרתיחה של $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ קרובה לטמפרטורת הרתיחה של $\text{CCl}_4(l)$ .		טמפרטורות הרתיחה של החומרים (נתון)

**סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 90)**

**(הציון בשאלון 037387 91)**

לפניכם שני ניסוחי תגובה. התבססו על הקטע וקבעו מהו הניסוח המתאר את התגובה שבה התרכובת DMA מגיבה עם מים. **נמקו את קביעתכם.**

- I.  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}(g) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{N}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
- II.  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}(g) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$

## התשובה

**קביעה:** ניסוח II הוא הניסוח המתאים.

**נימוק:** בתגובה של DMA עם מים נוצרים יוני הידרוקסיד,  $\text{OH}^-(aq)$ .

או בתגובה של DMA עם מים נוצרת תמיסה בסיסית.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד בשני השאלונים. התלמידים הצליחו ליישם ידע מדעי שנלמד והסיקו מסקנות מן הכתוב בטקסט. יחד עם זאת אותרו טעויות:

1. קביעה שגויה הנובעת מחוסר הבחנה בין תמיסה חומצית לתמיסה בסיסית:
  - "התגובה הנכונה היא I. בתגובה זו נוצרים יוני הידרוניום, pH המיטה נמוך, ולכן התמיסה היא בסיסית."
  - "תגובה I נכונה. DMA מגיב עם מים ונוצרת תגובה בסיסית, כלומר  $pH < 7$ ".
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שלא מתבסס על הקטע הנתון:
  - "תגובה II נכונה, כי זוהי תגובה של DMA עם מים."

### המלצות

- להרגיל את התלמידים לעבוד עם קטע ממאמר מדעי, לנתח אותו ולענות על השאלות על פי הקטע תוך יישום החומר הנלמד. מומלץ לעבוד עם התלמידים על [אוריית כימית](#).
- לתרגל עם התלמידים נספח מספר 4 לסילבוס [דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור](#) ולהפנים שבתגובות בהן נוצרים יוני הידרוניום מתקבלת תמיסה חומצית, ובתגובות בהן נוצרים יוני הידרוקסיד מתקבלת תמיסה בסיסית.

ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א' 1, ד' 7, בטבלה בעמ' 5-8.

### שאלה לתרגול

השלימו ואזונו את התגובות (1-5) בעזרת [דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור](#).

- (1)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2(l) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow$
- (2)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}(l) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow$
- (3)  $\text{BaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow$
- (4)  $\text{N}_2\text{O}_3(l) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow$
- (5)  $\text{CaCO}_3(s) + \text{H}_3\text{O}^+(aq) \rightarrow$

### התשובה

- (1)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2(l) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$
- (2)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}(l) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$
- (3)  $\text{BaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{Ba}^{2+}(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$
- (4)  $\text{N}_2\text{O}_3(l) + 3\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_3\text{O}^+(aq) + 2\text{NO}_2^-(aq)$
- (5)  $\text{CaCO}_3(s) + 2\text{H}_3\text{O}^+(aq) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + \text{CO}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$

**סעיף ה' (הציון בשאלון 037381 69)**

**(הציון בשאלון 037387 80)**

כאשר מרתיחים עלים של כרוב סגול מתקבלת תמיסה כחולה המכילה אנתוציאנינים.

**נתונים :**

- כאשר מוסיפים לתמיסת מי כרוב כחולה תמיסת חומצת חומץ,  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ , צבע התמיסה משתנה לאדום.
  - כאשר מוסיפים לתמיסת מי כרוב כחולה תמיסת נתרן הידרוקסידי,  $\text{NaOH}_{(aq)}$ , צבע התמיסה משתנה לירוק.
  - אינדיקטור שצבעו כחול המבוסס על אנתוציאנינים (כמו אלה שבתמיסת כרוב סגול) נמצא באריזת דגים.
  - התבססו על המידע בקטע ועל הנתונים, וקבעו מה יהיה צבע האינדיקטור באריזה לאחר שהדגים בה התקלקלו.
- נמקו את קביעתכם.**

**התשובה**

**קביעה:** נצפה שצבע האינדיקטור יהפוך לירוק.

**נימוק:**

- על פי הרשום בקטע התרכובות הנוצרות הן בסיסיות.
- שינוי הצבע יתאים להוספת תמיסה בסיסית של נתרן הידרוקסידי, לתמיסת מי הכרוב.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני בשאלון 037381 וגבוה בשאלון 037387. התלמידים שטעו לא הצליחו לקשר בין המידע בקטע לבין ניתוח של נתוני השאלה ולהסיק מסקנה על שינוי הצבע של האינדיקטור. הטעויות האופייניות:

1. קביעה שגויה הנובעת מחוסר הבנת הקשר בין צבע מי הכרוב לבין סוג התמיסה המתקבלת:
  - "האינדיקטור מכיל חומרים הרגישים לשינוי בחומציות, כגון אנתוציאנינים, המצויים בכרוב סגול ובאמצעותם צבע האינדיקטור משתנה כאשר המזון מתקלקל. בגלל שהאינדיקטור הרגיש לשינוי בחומציות - צבע האינדיקטור יהפוך לאדום כאשר המזון יתקלקל."
  - "דג מתקלקל ← נוצרות תרכובות חנקן ← נוצרת תמיסה בסיסית ← כאשר דג מתקלקל זה הופך לחומצי והאינדיקטור הופך לאדום."
2. קביעה שגויה הנובעת מאי-הבנה של נתוני השאלה. כתוצאה מכך קובעים שצבע הפך לחום שזה ערוב צבעים ירוק ואדום:
  - "צבע חום, כי כאשר מערבבים אדום וירוק יוצא חום."
  - "יהיה צבע חום. כאשר ה-pH עולה צבע התמיסה משתנה לירוק, וכאשר ה-pH יורד צבע התמיסה משתנה לאדום. ירוק פלוס אדום - מתקבל צבע חום."

**המלצות**

- להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר [Campus II](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה - הרישום חנם), לפרק חומצות ובסיסים, תת-פרק 2.8 - מעבדת היכרות לאינדיקטורים לחומצות ולבסיסים.
  - לבצע עם התלמידים ניסוי חקר: [שימוש באינדיקטורים ותכונות חומצה בסיס](#).
  - לבצע עם התלמידים ניסוי חקר ברמה I: [חומצות, בסיסים ושלל צבעים](#).
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.4, א.8, ב.9 בטבלה בעמ' 5-8.**

**שאלה לתרגול**

כאשר מרתיחים עלים של כרוב סגול מתקבלת תמיסה כחולה המכילה אנתוציאנינים.

**נתונים :**

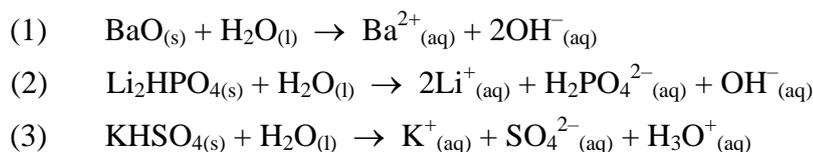
- כאשר מוסיפים תמיסת חומצת חומץ,  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ , לתמיסת מי כרוב כחולה, צבע התמיסה משתנה לאדום.
  - כאשר מוסיפים תמיסת נתרן הידרוקסידי,  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ , לתמיסת מי כרוב כחולה, צבע התמיסה משתנה לירוק.
- הכינו שלוש תמיסות מימיות (1)-(3):
- תמיסה (1) הוכנה על ידי הוספה בריום חמצני,  $\text{BaO}_{(\text{s})}$ , למים. התקבלה תמיסה בסיסית.
  - תמיסה (2) הוכנה על ידי הוספה ליתיום מימן זרחתי,  $\text{Li}_2\text{HPO}_4_{(\text{s})}$ , למים. התקבלה תמיסה בסיסית.
  - תמיסה (3) הוכנה על ידי הוספה אשלגן מימן גופרתי,  $\text{KHSO}_4_{(\text{s})}$ , למים. התקבלה תמיסה חומצית.
- הוסיפו אינדיקטור שצבעו כחול המבוסס על אנתוציאנינים (כמו אלה שבתמיסת כרוב סגול) לכל אחת מן התמיסות (1)-(3).
- התבססו על הנתונים, וקבעו מה יהיה צבע האינדיקטור בכל אחת מן התמיסות (1)-(3). נמקו את קביעותיכם.

**התשובה**

**קביעה:** בתמיסות (1) ו-(2) צבע האינדיקטור יהיה ירוק.  
בתמיסה (3) צבע האינדיקטור יהיה אדום.

**נימוק:**

ניסוחי התגובות לקבלת התמיסות (1)-(3):



על פי הנתונים: בתמיסה בסיסית צבע האינדיקטור הוא ירוק.  
בתמיסה חומצית צבע האינדיקטור הוא אדום.

**סעיף ו' (הציון בשאלון 037381 73)**

**(הציון בשאלון 037387 69)**

באריזה של פירות נמצא כי צבעו של האינדיקטור שמכיל אשלגן על-מנגנתי,  $\text{KMnO}_4_{(\text{s})}$ , השתנה מצבע סגול לצבע חום. התבססו על הקטע, וקבעו אם בתגובה שהתרחשה החומר  $\text{KMnO}_4_{(\text{s})}$  הוא מחמצן או מחזור. נמקו את קביעותכם.

**התשובה**

**קביעה:** אשלגן על מנגנתי הוא חומר מחמצן.

**נימוק:**

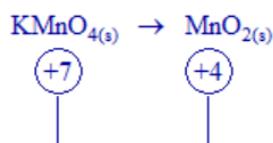
על פי הקטע אשלגן על מנגנתי,  $\text{KMnO}_4_{(\text{s})}$ , מגיב ומתקבל בין היתר מנגן דו-חמצני,  $\text{MnO}_2_{(\text{s})}$ .

בתגובה זו דרגת החמצון של אטום המנגן משתנה מ- (+7) לדרגת חמצון (+4).

בתהליך זה דרגת החמצון של אטום מנגן ירדה.

או בתהליך זה אטום המנגן קיבל שלושה אלקטרונים כלומר עבר תהליך חיזור.

נימוק אפשרי: נימוק על ידי כתיבה של ניסוח שמשקף את השינויים בדרגות החמצון:



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני בשני השאלונים. חלק מהתלמידים התקשו ליישם את המידע המופיע בקטע בנוגע לצבע התרכובות ולקבוע אם אשלגן על מנגנטי,  $KMnO_{4(s)}$ , הוא מחמצן או מחזור. הטעויות האופייניות:

- ◆ קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
- "הוא מחזור בגלל שהוא מוסר אלקטרונים."
- "החומר עבר חיזור, כלומר הוא מחזור."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי:
- " $KMnO_{4(s)}$  הוא מחמצן בגלל שהוא מאבד אלקטרונים."
- "הוא מחמצן כי התפקיד שלו לחמצן."
- ◆ אי-רישום דרגות חמצון או רישום דרגות חמצון שגויות.
- ◆ רישום דרגות חמצון כמו מטען - לא בתוך עיגול.
- ◆ יש תלמידים שלא קוראים את הקטע המדעי הנתון או קוראים רק חלקים מתוך הקטע, ועונים על השאלה ללא התייחסות למידע שבקטע.

### המלצות

- להרבות בתרגילים העוסקים בזיהוי תפקידים של כל החומרים המשתתפים בתגובת חמצון-חיזור: מחמצן, מחזור, תוצר חמצון, תוצר חיזור, חומר שלא עבר חמצון או חיזור. מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד יש לנמק את קביעת התפקיד של כל חומר:
  - לקבוע את דרגות החמצון של חלקיקים במגיבים ובתוצרים.
  - לקבוע עבור כל חלקיק בחומר אם דרגת החמצון שלו עלתה, ירדה או לא השתנתה במהלך התגובה.
  - לציין את השינויים בדרגות החמצון במהלך התגובה.
  - לקבוע את המחמצן ואת המחזור.
  - להבהיר לתלמידים כיצד יש לציין דרגת חמצון: בעיגול, מתחת לחלקיקים בניסוח תגובה.
  - להבהיר לתלמידים שיש להסביר יכולת של חומר לחמצן או לחזור על פי התרחשות התגובה הנתונה.
  - לבצע עם התלמידים משימה דיאגנוסטית ופעילויות נלוות בעזרת ערכה להוראה מותאמת אישית:
  - מי מחזור כאן? המשימה: בדיקת תפיסות שגויות מגוונות אצל התלמידים בנושא חמצון-חיזור.
  - להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר [Campus II](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה - הרישום חינם), לפרק חמצון-חיזור, ולבצע תרגול בשיעור 5.7 - קביעת מחמצן ומחזור בתגובה על פי שינוי בדרגות חמצון.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומר מס' א. 8, ג. 6 בטבלה בעמ' 5-8.

### שאלות לתרגול

#### שאלה 1

כאשר מוסיפים אשלגן דיכרומט,  $K_2Cr_2O_{7(s)}$ , שצבעו כתום, לתמיסה מימית של נתרן הידרוקסיד,  $NaOH_{(aq)}$ , מתקבל, בין היתר מוצק ירוק - כרום הידרוקסיד,  $Cr(OH)_{3(s)}$ .

קבעו אם בתגובה שהתרחשה החומר  $K_2Cr_2O_{7(s)}$  הוא מחמצן או מחזור. נמקו את קביעתכם.

**התשובה**

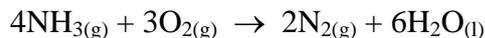
**קביעה:**  $K_2Cr_2O_7(s)$  הוא חומר מחמצן.

**נימוק:**

בתגובה המתוארת בשאלה  $K_2Cr_2O_7(s)$  מגיב ומתקבל, בין היתר,  $Cr(OH)_3(s)$ . בתגובה זו דרגת החמצון של אטומי כרום יורדת מ- $+6$  ל- $+3$ . בתהליך זה כל אטום כרום קיבל שלושה אלקטרונים, כלומר עבר תהליך חיזור. לכן  $K_2Cr_2O_7(s)$  הוא חומר מחמצן.

**שאלה 2**

נתונה התגובה:



קבעו את המחמצן ואת המחזור בתגובה. **נמקו את קביעתכם.**

**התשובה**

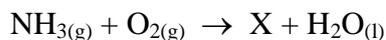
**קביעה:** אטומי החנקן בתרכובת אמוניה הם חלקיקי המחזור.  $NH_3(g)$  הוא החומר המחזור. אטומי החמצן במולקולות החמצן הם חלקיקי המחמצן.  $O_2(g)$  הוא החומר המחמצן.

**נימוק:**

דרגת החמצון של אטומי החנקן בתרכובת אמוניה היא  $-3$ . (זוהי דרגת החמצון המזערית של אטומי החנקן). במהלך התגובה, דרגת החמצון של אטומי החנקן עלתה מ- $-3$  ל- $0$ . לכן אטומי החנקן הם חלקיקי המחזור.  $NH_3(g)$  הוא החומר המחזור. במהלך התגובה, דרגת החמצון של אטומי החמצן במולקולות  $O_2(g)$  ירדה מ- $0$  ל- $-2$ . לכן אטומי החמצן הם חלקיקי המחמצן.  $O_2(g)$  הוא החומר המחמצן.

**שאלה 3**

נתונה תגובת חמצון-חיזור:



קבעו אם X הוא חומר  $N_2(g)$  או יוני  $NH_4^+(aq)$ . **נמקו את קביעתכם.**

**התשובה**

**קביעה:** חומר  $N_2(g)$ .

**נימוק:**

החמצן בתגובה הוא מחמצן, מושך אליו אלקטרונים, לכן תרכובת אמוניה חייבת להיות מחזור. דרגת החמצון של אטומי החנקן בתרכובת אמוניה היא  $-3$ . זוהי דרגת החמצון המזערית של אטומי החנקן, לכן אטומי החנקן האלה יכולים רק לעבור חמצון ולשמש מחזור. במהלך התגובה דרגת החמצון שלהם עולה מ- $-3$  ל- $0$ . לאטומי החנקן ביוני  $NH_4^+(aq)$  דרגת החמצון היא  $-3$ , כלומר אין שינוי בדרגת החמצון של אטומי החנקן במהלך התגובה, שהוגדרה כתגובת חמצון-חיזור. לכן יוני  $NH_4^+(aq)$  לא יכולים להיות תוצרים של התגובה הנתונה.

**סעיף ז' (הציון בשאלון 037381 52)**

**(הציון בשאלון 037387 42)**

פירות מכילות הרבה מים. הגז אתילן,  $C_2H_4(g)$ , הנפלט בעת הבשלת פירות, אינו מתמוסס במים ולכן הוא מצטבר באריות של פירות. הסבירו מדוע אתילן אינו מתמוסס במים.

### התשובה

(אתילן הוא חומר מולקולרי ובין המולקולות שלו יכולות להיווצר אינטראקציות ון-דר-ולס. מים הם חומר מולקולרי ובין המולקולות שלו קשרי מימן.)  
בין מולקולות האתילן למולקולות המים לא נוצרים קשרי מימן.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך בשני השאלונים. חלק ניכר מהתלמידים התקשו ליישם את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים במים. הטעויות האופייניות:

- ◆ אי-התייחסות ליצירת קשרי מימן בין מולקולות האתילן לבין מולקולות המים:
- "אתילן אינו מתמוסס במים כי הוא ומים שייכים לסוגי חומרים שונים."
- "אתילן אינו מתמוסס במים כי הוא חומר אורגני."
- ◆ התייחסות ליצירת קשרים בין חומרים ולא בין מולקולות שלהם:
- "אתילן אינו מתמוסס במים בגלל שהוא לא יכול לתקשר איתם."
- "אתילן לא יוצר קשרים עם מים."
- ◆ ציון סוגי הקשרים בין מולקולות המים וסוגי הכוחות בין מולקולות האתילן, ללא התייחסות לכך שלא נוצרים קשרי מימן בין מולקולות האתילן לבין מולקולות המים:
- "בין מולקולות האתילן יש אינטראקציות ון-דר-ולס ובין מולקולות המים יש קשרי מימן."
- ◆ תשובות חלקיות:
- "לא נוצרים קשרים בין מולקולות המים לבין מולקולות האתילן." ללא ציון של סוג הקשרים.
- "במולקולות האתילן אין מוקדים להיווצרות קשרי מימן."

### המלצות

- להבהיר לתלמידים שבהסבר המסיסות של חומר מולקולרי אחד בחומר מולקולרי שני יש להתייחס לכוחות הנוצרים בין מולקולות הממס לבין מולקולות המומס.
- לבצע עם התלמידים משימה דיאגנוסטית בעזרת ערכה להוראה מותאמת אישית [המסה של חומרים מולקולריים](#) המשימה: תיאור המסה של חומר מולקולרי במים, ברמת הסמל וברמת המיקרו.
- להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר [Campus II](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה - הרישום חינם), לפרק חומרים מולקולריים, ולבצע תרגול בשיעור 4.13 - המסה של חומרים מולקולריים.
- לבנות יחד עם התלמידים טבלאות על פי התבנית המופיעה בעמוד 16 בחוברת [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#). דוגמה לתבנית מסוג זה המקשרת בין סוג הכוחות הבין מולקולריים למסיסות החומרים אחד בשני. דוגמה לטבלה לקביעת המסיסות של אתילן במים לסעיף ז':

הממס : מים $H_2O_{(l)}$	המומס : אתילן $C_2H_{4(g)}$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס חלשים	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
	אין	האם במולקולות המומס יש מוקדים ליצירת קשרי מימן?
אין אפשרות להיווצרות קשרי מימן		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממש למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של אתילן במים זניחה.		המסקנה

– מומלץ לשלב במהלך ההוראה של כוחות בין מולקולריים - טמפרטורות היתוך ורתיחה ותהליכי ההמסה, את הסרטון [molecular interaction](#) ללא כתוביות ולבצע את [פעילות לסיום הנושא כוחות בין מולקולריים](#).  
ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.8, ב.2, ג.11, ו.18, ו.19 בטבלה בעמ' 5-7.

## שאלות לתרגול

### שאלה 1

פרופאן,  $CH_3CH_2CH_3_{(g)}$ , אינו מתמוסס במים. הסבירו עובדה זו.

### התשובה

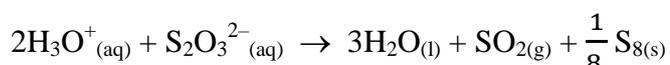
פרופאן הוא חומר מולקולרי ובין המולקולות שלו יכולות להיווצר אינטראקציות ון-דר-ולס. מים הם חומר מולקולרי ובין המולקולות שלו נוצרים בעיקר קשרי מימן. בין מולקולות האתילן למולקולות המים לא נוצרים קשרי מימן, לכן הוא לא מתמוסס במים.

טבלה לקביעת המסיסות של פרופאן במים:

הממס : מים $H_2O_{(l)}$	המומס : פרופאן $C_3H_{8(g)}$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס חלשים	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
	אין	האם במולקולות המומס יש מוקדים ליצירת קשרי מימן?
אין אפשרות להיווצרות קשרי מימן		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממש למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של פרופאן במים זניחה.		המסקנה

### שאלה 2

נתונה התגובה שבוצעה בכלי פתוח.



קבעו אם בתום התגובה הנוזל בכלי התגובה יהיה עכור או צלול. נמקו את קביעתכם.

**התשובה**

**קביעה:** בתום התגובה הנוזל בכלי התגובה יהיה עכור.

**נימוק:**

תוצרי התגובה הם מים, גופרית דו-חמצנית,  $SO_2(g)$ , שמשתחררת לאוויר, וגופרית מוצקה. בין מולקולות הגופרית יש אינטראקציות ון-דר-ולס. בין מולקולות המים יש קשרי מימן. אין אפשרות להיווצרות קשרי מימן בין מולקולות הגופרית לבין מולקולות המים. לכן יתקבל נוזל עכור (תערובת הטרוגנית של גופרית ומים). עם הזמן הגופרית תשקע.

טבלה לקביעת המסיסות של גופרית במים:

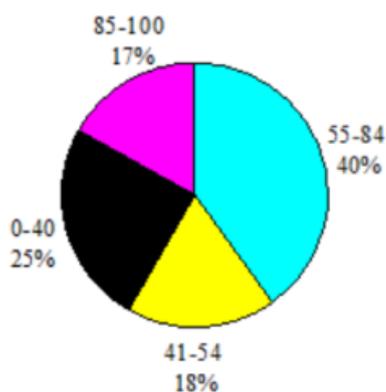
הממס: מים $H_2O(l)$	המומס: גופרית $S_{8(s)}$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס חלשים	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
	אין	האם במולקולות המומס יש מוקדים ליצירת קשרי מימן?
אין אפשרות להיווצרות קשרי מימן		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות מומס למולקולות מומס במהלך ההמסה
המסיסות של גופרית במים זניחה.		המסקנה

## ניתוח שאלה 10

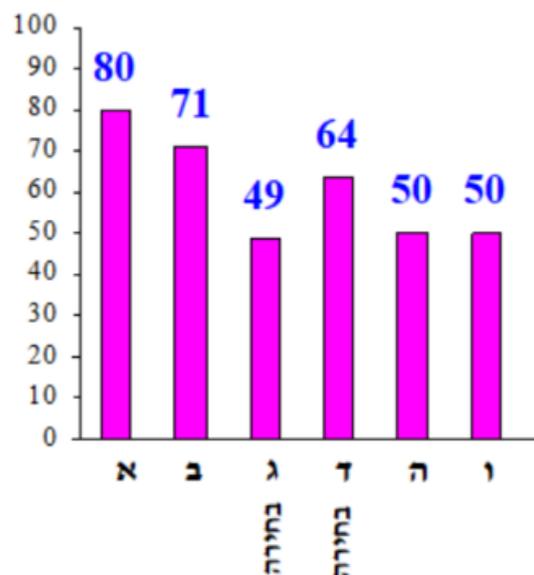
### מבנה האטום, מבנה וקישור

שאלון 037381

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 61% מהתלמידים

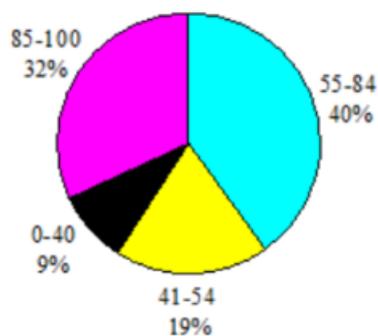


**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 58**  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

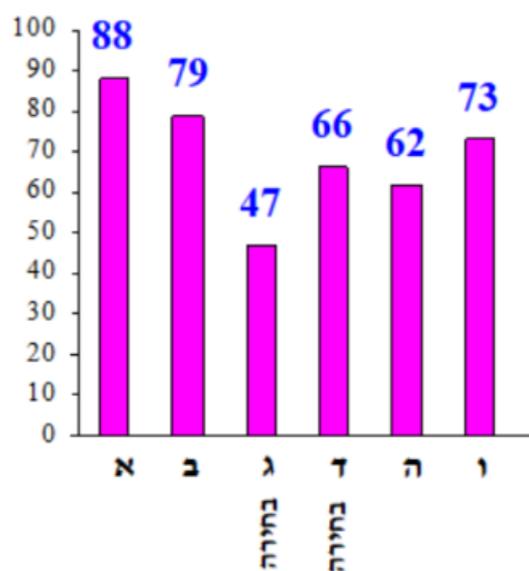


שאלון 037387

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 66% מהתלמידים



**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 70**  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



## רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

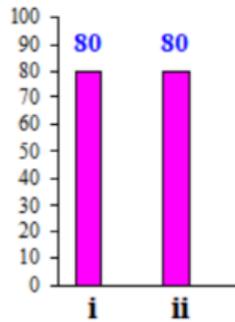
- להגדיר וליישם את המושג "איזוטופים".
- לקבוע אילו אטומים הם איזוטופים על פי סמלים של אטומי היסוד.
- לרשום היערכות אלקטרוניים על פי הסמל של אטום היסוד.
- לקבוע אם קשרים בתוך מולקולה הם קשרים קוולנטיים טהורים או קשרים קוולנטיים קוטביים.
- לקבוע את מספר האלקטרוניים ברמת האנרגיה האחרונה של אטום.
- להסיק, על פי מספר האלקטרוניים ברמת האנרגיה האחרונה (רמת הערכיות), על יכולת הקישור של האטום.
- לקבוע את סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומר מולקולרי במצב מוצק.
- לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומר, כגון טמפרטורת הרתיחה וטמפרטורת ההיתוך.
- להשוות חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות של חומרים מולקולריים שונים.
- לחשב את גודל ענני האלקטרוניים במולקולות החומר על פי נוסחת החומר.
- לקשר בין גודל ענני האלקטרוניים במולקולות החומר לבין חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס שבין מולקולות החומר.
- להסביר את כללי המסיסות של חומר מולקולרי אחד בחומר מולקולרי אחר במצב נוזל.
- לקבוע נוסחה אמפירית של חומר יוני המתקבל בתגובה בין היסודות.
- לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניים ליונים חד-אטומיים.
- לרשום ניסוח מאוזן לתגובה בין יסודות ליצירת חומר יוני.
- לרשום ניסוח מאוזן לתגובת שריפה של יסוד בנוכחות חמצן כשהתוצר נתון.

### פתיח לשאלה

השאלה עוסקת ביסוד גופרית.

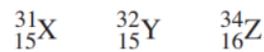
**סעיף א' (הציון בשאלון 037381 80)**

**(הציון בשאלון 037387 80)**



**תת-סעיף i (הציון בשאלון 037381 80)**

שלושה חלקיקים שונים סומנו באופן שרירותי באותיות X, Y, Z.



קבעו איזה מן החלקיקים הוא איזוטופ של אטום הגופרית,  ${}_{16}^{32}\text{S}$ , נמקו את קביעתכם.

**התשובה**

**קביעה:**  ${}_{16}^{34}\text{Z}$

**נימוק:** לאיזוטופ זה יש אותו מספר אטומי כמו לגופרית (S), אך מספר מסה שונה.

**או:** לאיזוטופ זה יש אותו מספר פרוטונים כמו לגופרית (S), אך מספר נויטרונים שונה.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את האיזוטופ של אטום הגופרית. יחד עם זאת חלק מן התלמידים טעו. הסיבה העיקרית לטעויות היא חוסר הבנה מהן איזוטופים שונים של אותו יסוד. הטעויות האופייניות:

- קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
    - "  ${}_{15}^{31}\text{X}$  הוא האיזוטופ, מכיוון שיש להם אותו מספר אלקטרונים."
    - "האיזוטופ הוא  ${}_{15}^{31}\text{X}$ , כי מספר פרוטונים וניטרונים משתנה."
    - "  ${}_{15}^{32}\text{Y}$  - איזוטופ, כי מספר המסה שווה."
  - קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי:
    - "... כי יש להם אותו מספר מסה אך מספר נויטרונים שונה."
    - "...כי יש להם אותו מספר פרוטונים."
    - "...כי יש להם אותו מספר אטומי."
    - "...כי יש להם הפרוטונים לא שווה למספר הנויטרונים."
- זוהי שגיאה שמקורה בטעות המשגה מחטיבת הביניים.

**תת-סעיף ii (הציון בשאלון 037381 80)**

רשמו את היערכות האלקטרונים של אטום הגופרית,  ${}_{16}^{32}\text{S}$

**התשובה**

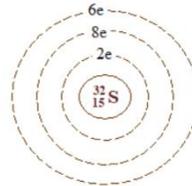
2,8,6

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את היערכות האלקטרונים של אטום הגופרית. יחד עם זאת אותרו טעויות הנובעות מחוסר ידע והבנה מה היא היערכות האלקטרונים וכיצד יש לרשום אותה. הטעויות האופייניות:

- ♦ רישום כל רמת אנרגייה בנפרד:
- ♦ "רמה ראשונה: 2, רמה שנייה: 8, רמה שלישית: 6."
- ♦ "רישום נוסחת ייצוג אלקטרונים של גופרית."
- ♦ כתיבה מפורטת של היערכות אלקטרונים באורביטלים (כפי הנראה אלה תלמידים י"ב שלומדים כימיה פיזיקלית):
- ♦ "  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$  "
- ♦ שרטוט איור הכולל עיגולים:



### המלצות לסעיף א'

- ללמד את התלמידים את ההגדרה המדויקת למושג איזוטופ, המתייחסת למספר האטומי (או למספר הפרוטונים) השווה ולמספר המסה (או למספר הנויטרונים) השונה.
  - מומלץ לתת לתלמידים שיעורי בית: לראות את הסרטון [היערכות אלקטרונים באטום](#) ולבצע את התרגילים ולהקשיב להסבר.
  - ניתן למצוא שאלות מסוג זה עם תשובות מפורטות בחוברת: [מאגר שאלות בנושא מבנה האטום](#).
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.11, ב.1 בטבלה בעמ' 5-8.

### שאלה לתרגול לסעיף א'

השלימו את הטבלה הבאה:

מיקום היסוד בטבלה מחזורית		נוסחת ייצוג אלקטרונים עבור האטום	הערכות אלקטרונים על פי רמות אנרגייה	מספר אלקטרונים	מספר אטומי	סמל כימי	אטום היסוד
מספר טור	מספר שורה						
					6		
						Ca	
			2,8,8				
7	3						
							צורן
				15			

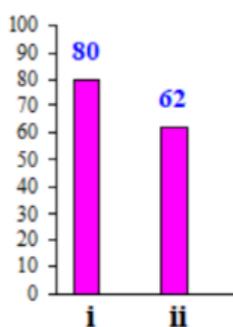
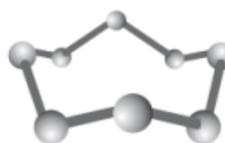
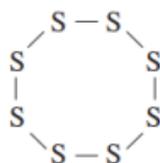
## התשובה

מיקום היסוד בטבלה מחזורית		נוסחת ייצוג אלקטרוניים עבור האטום	היערכות אלקטרוניים על פי רמות אנרגייה	מספר אלקטרוניים	מספר אטומי	סמל כימי	אטום היסוד
מספר טור	מספר שורה						
4	2	$\cdot\ddot{C}\cdot$	2,4	6	6	C	פחמן
2	4	$\cdot\text{Ca}\cdot$	2,8,8,2	20	20	Ca	סידן
8	3	$\cdot\ddot{\text{Ar}}\cdot$	2,8,8	18	18	Ar	ארגון
7	3	$\cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot$	2,8,7	17	17	Cl	כלור
4	3	$\cdot\ddot{\text{Si}}\cdot$	2,8,4	14	14	Si	צורן
5	3	$\cdot\ddot{\text{P}}\cdot$	2,8,5	15	15	p	זרחן

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 71)

(הציון בשאלון 037387 79)

במולקולת גופרית,  $S_8$ , יש שמונה אטומים והמבנה שלה הוא טבעתי.  
האיורים הסכמתיים שלפניכם מתארים את מולקולת הגופרית



תת-סעיף i (הציון בשאלון 037381 80)

האם הקשרים בין אטומי הגופרית במולקולה  $S_8$  הם קשרים קוולנטיים טהורים או קשרים קוולנטיים קוטביים?  
נמקו את תשובתכם.

## התשובה

קביעה: הקשרים בין אטומי הגופרית הם קשרים קוולנטיים טהורים.

**נימוק:**

אטומי הגופרית זהים, אין ביניהם הפרשי אלקטרושליליות.  
 או כל האטומים הם של אותו יסוד.  
 או בין אטומים הקשורים אחד לשני, אין אטום המושך אליו יותר את אלקטרוני הקשר.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה. רוב התלמידים זיהו את הקשרים בין אטומי הגופרית במולקולה  $S_8$  כקשרים קוולנטיים טהורים, אך חלק מהתלמידים טעו כי התקשו לקבוע אם קשר קוולנטי הוא טהור או קוטבי. הטעויות האופייניות:

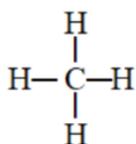
1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
  - "קשרים קוולנטיים קוטביים כי לגופרית יש אלקטרוני חופשיים ונוצרים קטבים  $\delta+$  ו- $\delta-$ ".
  - "קשרים קוולנטיים קוטביים. אמנם האלקטרושליליות זהה בין כל האטומים אך בגלל שהקשר הקוולנטי בצורה גיאומטרית של מבנה זוויתי, אז מבנה זוויתי תמיד קוטבי בגלל הדחייה בין זוגות האלקטרוני הלא קושרים." בלבול בין גורמים המשפיעים על קוטביות קשר לגורמים המשפיעים על קוטביות מולקולות.
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
  - "קשרים קוולנטיים טהורים. לקשר קוולנטי קוטבי נדרש הפרש אלקטרושליליות גדול מ-0.4".
  - על פי תכנית הלימודים, עבור כל הפרש באלקטרושליליות (גם קטן מ-0.4) ייווצר קשר קוולנטי קוטבי.
  - "קשרים קוולנטיים טהורים. גופרית נמצאת בטור 6, לכן כל אטום גופרית יוצר שני קשרים."
  - "קשרים טהורים, כי אין אלקטרושליליות או אלקטרושליליות שווה ל-0".
  - במקום להתייחס להפרש באלקטרושליליות.
  - "קשרים קוולנטיים טהורים מפני שהם סימטריים."
  - "קשרים קוולנטיים טהורים כי אלה אינטראקציות ון-דר-ולס" - בלבול בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים.

**המלצות**

- לחדד לתלמידים את ההבדל בין קוטביות של קשרים קוולנטיים לבין קוטביות של מולקולות.
  - קוטביות קשרים מתייחסת להפרש באלקטרושליליות ואילו קוטביות מולקולות נובעת מחלוקת מטען שונה על פני המולקולה. לפיכך ייתכן שקשר קוולנטי בתוך מולקולה יהיה קוטבי ואילו המולקולה לא.
  - מומלץ להיעזר בחוברת **סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"** - בחומר תיאורטי ובשאלות מתאימות בחוברת זו ובחוברת המשך.
  - לחדד לתלמידים את ההבדל בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים.
  - להראות לתלמידים סרטונים: **קשרים כימיים: קשרים קוולנטיים**, **שינוי מצבי צבירה**.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' 2, 9, 12, 11, 10, 8-5 בטבלה בעמ' 8-5.

**שאלות לתרגול****שאלה 1**

- השאלה עוסקת במבנה של מולקולת מתאן,  $CH_4$ . למולקולה זו מבנה טטראדר.
- א. קבעו עבור כל אחד מן הקשרים במולקולה אם הוא קשר קוולנטי טהור או קשר קוולנטי קוטבי.
  - ב. קבעו אם המולקולה קוטבית. נמקו את קביעתכם.

**התשובה**

ייצוג מלא של נוסחת המבנה של מולקולת מתאן (במקרה זה זהה לנוסחת ייצוג אלקטרוניים):

**סעיף א'**

הקשר C-H הוא קשר קוולנטי קוטבי מכיוון שלאטומים C ו-H אלקטרושליליות שונה.

**סעיף ב'**

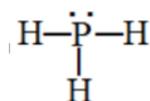
למולקולה מבנה טטראדר שבו מסביב לאטום הפחמן המרכזי, C, נמצאים אטומי המימן, H, זהים. זהו מבנה סימטרי. לכן המולקולה סימטרית. על פני מולקולה סימטרית חלוקת המטען שווה, ולכן המולקולה אינה קוטבית (למולקולה זו יש קוטביות רגעית בלבד).

**שאלה 2**

השאלה עוסקת במבנה של מולקולת פוספין,  $\text{PH}_3$ . למולקולה זו מבנה פירמידה משולשת.

א. קבעו עבור כל אחד מן הקשרים במולקולה אם הוא קשר קוולנטי טהור או קשר קוולנטי קוטבי.

ב. קבעו אם המולקולה קוטבית. נמקו את קביעתכם.

**התשובה**

נוסחת ייצוג אלקטרוניים של מולקולת פוספין:

**סעיף א'**

הקשר P-H הוא קשר קוולנטי לא קוטבי מכיוון שלאטומים P ו-H אלקטרושליליות שווה.

**סעיף ב'**

למולקולה מבנה של פירמידה משולשת. לכן המולקולה אינה סימטרית. על פני מולקולה לא סימטרית חלוקת המטען לא שווה ולכן המולקולה קוטבית (למולקולה יש קוטביות קבועה).

**תת-סעיף ii (הציון בשאלון 037381 62)**

הסבירו מדוע לכל אטום גופרית במולקולה  $\text{S}_8$  יש שני קשרים קוולנטיים יחידים.

**התשובה**

לכל אטום גופרית (S) יש 2 קשרים קוולנטיים על מנת ליצור היערכות אלקטרונית בה רמות האנרגיה מאוכלסות באופן מלא (היערכות זו גורמת ליציבות האטום).

**או**

לכל אטום גופרית (S) יש שני אלקטרוניים בודדים (לא מזווגים) ולכן כל אטום ייצור 2 קשרים קוולנטיים (יחידים) עם שני אטומים נוספים (כדי להגיע להיערכות אלקטרוניים מלאה).

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר מדוע במולקולת גופרית לכל אטום גופרית יש שני קשרים קוולנטיים יחידים. הטעויות האופייניות:

- ◆ התייחסות למיקום היסוד בטבלה המחזורית :
- "הגופרית נמצאת בטור 6 ולכן אטום גופרית יוצר שני קשרים."
- "גופרית נמצאת בטור 6, כלומר יש לו 2 אלקטרוני ערכיות. כל אלקטרון ערכיות יוצר קשר קוולנטי עם אלקטרון ערכיות."
- ◆ לבלול בין אלקטרוניים בלתי קושרים לבין אלקטרוני ערכיות :
- "לכל אטום גופרית יש שני אלקטרוניים בלתי קושרים ואלקטרוני ערכיות אלה יוצרים קשרים קוולנטיים."
- ◆ לבלול בין המושג אלקטרוניים למושג אטומים :
- "כיוון שהגופרית בטור 6 יש לה שני אטומים לא קושרים שיכולים לקשור אטומים אחרים."

## המלצות

- בעת הוראה של יכולת הקישור הקוולנטי של אטומים שונים, חשוב להתייחס לנושא ההשלמה של רמת אנרגייה אחרונה כדי שאטומים יגיעו למצב אנרגטי יציב - כלל האוקטט.
  - חשוב שהתלמידים יקשרו בין המיקום של היסוד בטבלה המחזורית למספר אלקטרוני הערכיות שיש לאטום היסוד ולמספר האלקטרוניים שאטום צריך לקבל או לשתף כדי להגיע לרמת ערכיות מלאה. ברוב היסודות האל מתכתיים נדרש אכלוס של 8 אלקטרוניים ברמת הערכיות. יש לציין את אטום המימן בנפרד מכיוון שהוא מגיע ליציבות כאשר רמת האנרגייה הראשונה שלו (והיחידה המאוכלסת) מלאה בשני אלקטרוניים.
  - להפנות את התלמידים לצפות בשיעור במסגרת מערכת השידורים הלאומית בנושא: [מבנה וקישור - קשר קוולנטי - סוגי קשרים](#).
  - להפנות את התלמידים לצפות בשיעור בשפה הערבית במסגרת מערכת השידורים הלאומית בנושא: [מבנה וקישור - קשר קוולנטי - סוגי כוחות](#).
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.7, א.13 בטבלה בעמ' 5-8.

**סעיף ג' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 49)**

**(הציון בשאלון 037387 47)**

בטמפרטורת החדר החומרים גופרית,  $S_{8(s)}$ , וזרחן לבן,  $P_{4(s)}$ , הם מוצקים. הסבירו מדוע טמפרטורת ההיתוך של גופרית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של זרחן לבן.

## התשובה

- (שני החומרים הם חומרים מולקולריים שהמולקולות שלהם לא קוטביות).
  - בין המולקולות של כל אחד משני החומרים מתקיימות אינטראקציות ון-דר-ולס.
  - ענן האלקטרוניים של מולקולת גופרית,  $S_8$  (128 אלקטרוניים), גדול מענן האלקטרוניים של מולקולת זרחן לבן,  $P_4$  (60 אלקטרוניים).
  - בין מולקולות גופרית יש אינטראקציות ון-דר-ולס חזקות יותר מאשר אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות הזרחן.
  - לכן, האנרגייה הדרושה על מנת להפריד בין מולקולות הגופרית גדולה יותר מאשר האנרגייה הדרושה להפרדת מולקולות הזרחן.
- (לכן טמפרטורת ההיתוך של גופרית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של זרחן לבן.)

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך מאוד בשני השאלונים. כמחצית התלמידים התקשו להסביר את ההבדל בטמפרטורות ההיתוך של גופרית וזרחן לבן. הטעויות האופייניות:

- ♦ התייחסות לגורם המשפיע שהוא גודל ענני האלקטרוניים של מולקולות בלבד, מבלי להתייחס להשפעה של גודל ענני האלקטרוניים של מולקולות על חוזק הכוחות הבין מולקולריים בכלל ועל חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס בפרט:
- "ענני האלקטרוניים של מולקולות הגופרית גדולים מאלה של הזרחן, ולכן טמפרטורת ההיתוך של גופרית גבוהה יותר."
- ♦ בלבול בין חוזק כוחות בין מולקולריים לבין חוזק קשרים קוולנטיים:
- "בגופרית ענן אלקטרוניים גדול יותר, לכן הקשרים הקוולנטיים בין מולקולות חזקים יותר."
- "הקשרים הבין מולקולריים בגופרית הם קשרים קוולנטיים טהורים, שהם חזקים יותר מהקשרים הבין מולקולריים של בזרחן."
- "בגופרית קשרים קוולנטיים חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס בזרחן."
- ♦ טעויות בקביעת הגודל של ענני האלקטרוניים של מולקולות החומרים:
- חישוב מסה מולרית של חומר במקום גודל ענן אלקטרוניים.
- חישוב מספר אטומים במולקולת החומר במקום גודל ענן אלקטרוניים.
- ♦ התייחסות לגורמים שאינם משמעותיים כגון שטח פנים וסיעוף:
- מולקולת הגופרית גדולה יותר ולכן שטח הפנים שלה גדול יותר."
- ♦ בלבול במושגים:
- "לגופרית אלקטרושיליות גבוהה יותר."
- "לגופרית אלקטרוניים גדולים יותר." - במקום גודל ענן אלקטרוניים.

## המלצות

- לחדד לתלמידים את ההבדל בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים, ולהדגיש שטמפרטורת ההיתוך וטמפרטורת הרתיחה של חומרים מולקולריים תלויות בחוזק הכוחות הבין מולקולריים.
- לבצע עם התלמידים את המשימה הדיאגנוסטית: [מי גבוהה יותר?](#) ולבצע פעילויות עם תלמידים מתוך הערכה להוראה מותאמת אישית. המשימה: הבנת הגורמים המשפיעים על חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס ועל טמפרטורת הרתיחה.
- חשוב להרגיל את התלמידים לכתוב הסברים מלאים ומדויקים, במיוחד בשאלות הדורשות השוואה בין תכונות של חומרים שונים, בהן יש להתייחס לכל אחד מהחומרים.
- לבנות יחד עם התלמידים טבלאות על פי התבנית המופיעה בעמוד 10 בחוברת: [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#). דוגמה לטבלה מסוג זה עבור הסעיף הנוכחי:

חומרים	גופרית	זרחן לבן
נוסחאות מולקולריות	$S_8$	$P_4$
נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של מולקולות החומרים	במקרה זה התלמידים לא נדרשים לדעת לשרטט נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של המולקולות של החומרים הנתונים	
המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולות החומרים	128 אלקטרוניים במולקולה	60 אלקטרוניים במולקולה
קוטביות של מולקולות החומרים	מולקולות לא קוטביות	מולקולות לא קוטביות
סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב מוצק	אינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס
ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב מוצק	ענני האלקטרוניים של מולקולות $S_8$ גדולים בהרבה מענני האלקטרוניים של מולקולות $P_4$ . לכן, אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $S_8$ חזקות מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $P_4$ .	
השוואת טמפרטורות ההיתוך של החומרים (נתון)	נדרשת אנרגייה רבה יותר להחלשת הכוחות בין המולקולות של $S_{8(s)}$ בעת השינוי ממצב צבירה מוצק למצב צבירה נוזל. לכן טמפרטורת ההיתוך של $S_{8(s)}$ גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של $P_{4(s)}$ .	

ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' 2, ג. 7 בטבלה בעמ' 5-8.

**סעיף ד' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 64)**  
**(הציון בשאלון 037387 66)**

הסבירו מדוע לגופרית,  $S_{8(s)}$ , יש מסיסות גבוהה בהקסאן,  $C_6H_{14(l)}$ .

**התשובה**

- (שני החומרים הם חומרים מולקולריים שהמולקולות שלהם לא קוטביות.)
- בין מולקולות גופרית,  $S_{8(s)}$ , מתקיימות אינטראקציות ון-דר-ולס.
  - בין מולקולות הקסאן,  $C_6H_{14(l)}$ , מתקיימות אינטראקציות ון-דר-ולס.
  - בין מולקולות גופרית,  $S_{8(s)}$ , למולקולות הקסאן,  $C_6H_{14(l)}$ , נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני בשני השאלונים. חלק ניכר מהתלמידים לא הבינו שעיקר התשובה הנדרשת היא ציון הכוחות הנוצרים בין מולקולות הממס למולקולות המומס. הטעויות האופייניות:

- ♦ התייחסות לאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות של כל אחד מהחומרים, ללא ציון אינטראקציות ון-דר-ולס הנוצרים בין מולקולות הממס למולקולות המומס:
- "בין מולקולות הגופרית יש אינטראקציות ון-דר-ולס ובין מולקולות ההקסאן יש אינטראקציות ון-דר-ולס, לכן יש מסיסות."
- ♦ התייחסות ליצירת כוחות בין החומרים ולא בין מולקולות החומרים:
- "גופרית והקסאן יוצרים אינטראקציות ון-דר-ולס משותפים."
- ♦ טעות בקביעת סוג הכוחות הבין מולקולריים – כנראה תלמידים אלה סבורים שחומר מולקולרי מתמוסס בממס מולקולרי רק אם בין מולקולות של שני החומרים נוצרים קשרי מימן:
- "גופרית מתמוססת בהקסאן כי בין המולקולות שלהם נוצרים קשרי מימן."
- ♦ כתיבת סיסמאות:
- "כדי שחומר יתמוסס בחומר צריך שיהיו להם אותם קשרים."

**המלצות**

- לחדד לתלמידים את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים מולקולריים שאינם מים. יש להדגיש לתלמידים שהנימוק לגבי מסיסות חייב להתייחס ליצירת הכוחות בין מולקולות הממס למולקולות המומס.
- בתשובות לשאלות העוסקות בכוחות בין מולקולריים מומלץ להיעזר בהסברים בעמודים 9-17 ובשאלות מתאימות בחוברת **סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"** ובחוברת המשך.
- מומלץ לבנות עם התלמידים טבלה כגון הטבלה הבאה אשר מציגה מסיסות של גופרית בהקסאן.

הממס: הקסאן, $C_6H_{14(l)}$	המומס: גופרית, $S_{8(s)}$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס	אינטראקציות ון-דר-ואלס	הכוחות בין מולקולות החומר
בין מולקולות גופרית למולקולות הקסאן נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות ממס למולקולות מומס במהלך ההמסה
לגופרית, $S_{8(s)}$ , יש מסיסות גבוהה בהקסאן, $C_6H_{14(l)}$ .		המסקנה

**ראו את הפרטים בקישור לחומר מס' ב.2 בטבלה בעמ' 5-8.**

## שאלה לתרגול

- א. קבעו אם אצטון,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$ , מתמוסס במים,  $\text{H}_2\text{O}(l)$ . נמקו את קביעתכם.
- ב. קבעו אם אצטון,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$ , מתמוסס בפחמן ארבע כלורי,  $\text{CCl}_4(l)$ . נמקו את קביעתכם.

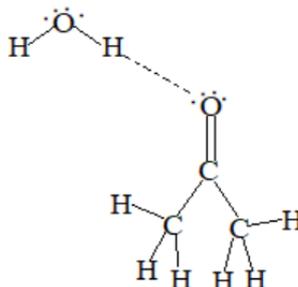
## התשובה

## סעיף א'

טבלה לריכוז המידע:

הממס: מים, $\text{H}_2\text{O}(l)$	המומס: אצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן	אינטראקציות ון-דר-ואלס	הכוחות בין מולקולות החומר
	יש	האם במולקולות המומס יש מוקדים ליצירת קשרי מימן?
בין מולקולות האצטון למולקולות המים נוצרים קשרי מימן.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות מומס למולקולות מומס במהלך ההמסה
לאצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$ , יש מסיסות גבוהה במים, $\text{H}_2\text{O}(l)$ .		המסקנה

אצטון מתמוסס במים. (לכל מולקולת אצטון יש חלק הידרופובי - שיירים פחמימניים,  $-\text{CH}_3$ , קטנים יחסית, וקבוצה הידרופילית, אטום O). לאטום החמצן יש שני זוגות אלקטרוניים בלתי קושרים המהווים מוקד ליצירת קשרי מימן עם מולקולות המים:



מולקולות אצטון יכולות ליצור קשרי מימן חדשים עם מולקולות המים. (השיירים הפחמימניים קטנים ולכן אינם מפריעים ליצירת קשרי המימן החדשים). לכן אצטון מתמוסס במים.

## סעיף ב'

טבלה לריכוז המידע:

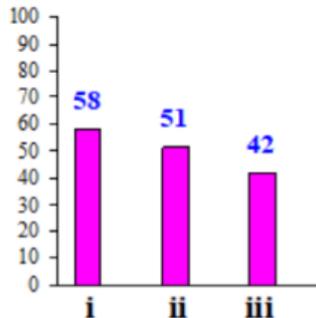
הממס: פחמן ארבע כלורי, $\text{CCl}_4(l)$	המומס: אצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
בין מולקולות אצטון למולקולות פחמן ארבע כלורי נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות מומס למולקולות מומס במהלך ההמסה
לאצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$ , יש מסיסות גבוהה בפחמן ארבע כלורי, $\text{CCl}_4(l)$ .		המסקנה

אצטון מתמוסס בפחמן ארבע כלורי. מולקולות אצטון יכולות ליצור אינטראקציות ון-דר-ולס עם מולקולות פחמן ארבע כלורי. לכן החומר מתמוסס בפחמן ארבע כלורי.

**סעיף ה' (הציון בשאלון 037381 50)**

**(הציון בשאלון 037387 62)**

בתגובה בין גופרית,  $S_{8(s)}$ , לנתרן,  $Na_{(s)}$ , התקבל תוצר יחיד, מוצק - נתרן גופרי.



**תת-סעיף i (הציון בשאלון 037381 58)**

רשמו את הנוסחה האמפירית של נתרן גופרי.

**התשובה**



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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים רשמו נוסחאות אמפיריות שגויות המבוססות על מבנה מולקולות הגופרית במקום על מבנה היוני של התרכובת המתקבלת. טעות נוספת היא יחסים שגויים בין יונים בנוסחה אמפירית. דוגמאות לנוסחאות שגויות:



הופיעה גם נוסחה אמפירית הפוכה, כלומר היון החיובי מימין ליון השלילי:



רישום מטעני היוני מעל נוסחה אמפירית:



**המלצות**

חשוב לתרגל רישום נוסחאות אמפיריות של חומרים יוניים המתקבלים בתגובה בין היסודות.

**כיצד רושמים נוסחה אמפירית של תרכובת יונית?**

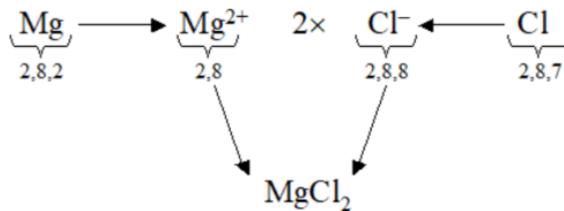
היונים הם חלקיקים טעונים, אולם התרכובות היוניות הן חסרות מטען. יצירת תרכובת יונית תיעשה על פי ההערכות האלקטרוניים ביונים (על פי מטען היון) כדי להגיע לרמת אנרגייה חיצונית מלאה לכל יון. **שלבים של חשיבה/פעולה:**

1. יש לזהות מהו היסוד המתכתי ומהו היסוד האל-מתכתי שמהם מתקבלת תרכובת יונית (מהמתכת יתקבל יון חיובי - קטיון, מהאל-מתכת יתקבל יון שלילי - אניון).

2. יש לקבוע את המטען של כל יון אשר מתקבל ביצירת התרכובת היונית.

יון מתכת - בהתאם למספר הטור. (מספר הטור מייצג את מספר האלקטרוניים ברמת האנרגייה האחרונה.)

- יון אל-מתכת - בהתאם לנוסחה: **מספר הטור - 8** (המשמעות: מספר האלקטרונים שיש להוסיף כדי להשלים לרמת אנרגייה חיצונית מלאה).
3. יש לקבוע יחס של מספרים קטנים ושלמים בין היונים החיוביים ליונים השליליים כך שהמטען הכולל יהיה 0. (כדי שהמטען הכולל יהיה 0, סכום כל המטענים החיוביים צריך להיות שווה לסכום כל המטענים השליליים).
4. רושמים נוסחה אמפירית כך שהסמל של היון החיובי יופיע משמאל לסמל של היון השלילי. מספר היונים בתרכובת, לפי היחס הקטן שנקבע קודם לכן, יירשם אחרי סמלי היונים. בנוסחה אמפירית לא רושמים את מטעני היונים.
- דוגמה: רשמו את הנוסחה האמפירית של תרכובת הנוצרת בתגובה בין מגנזיום,  $Mg_{(s)}$ , לכלור,  $Cl_{2(g)}$ .  
 המגנזיום הוא מתכת מטור 2, ולכן היון היציב האופייני שלו במטען  $+2$ .  
 הכלור הוא אל-מתכת מטור 7, ולכן היון היציב האופייני שלו במטען  $-1$ .  
 כדי שהמטען הכולל יהיה 0, היחס בין היון החיובי ליון השלילי יהיה 1:2 ולכן הנוסחה האמפירית של מגנזיום כלורי היא  $MgCl_2$ .



### שאלה לתרגול

רשמו נוסחאות אמפיריות לתרכובות היוניות הבאות:

1. אשלגן יודי (תרכובת שמתקבלת בתגובה בין אשלגן,  $K_{(s)}$ , ויוד,  $I_{2(s)}$ ).
2. מגנזיום חמצני (תרכובת שמתקבלת בתגובה בין מגנזיום,  $Mg_{(s)}$ , וחמצן,  $O_{2(g)}$ ).
3. בריום כלורי (תרכובת שמתקבלת בתגובה בין בריום,  $Ba_{(s)}$ , וכלור,  $Cl_{2(g)}$ ).
4. נתרן חנקני (תרכובת שמתקבלת בתגובה בין נתרן,  $Na_{(s)}$ , וחנקן,  $N_{2(g)}$ ).
5. מגנזיום זרחתי (תרכובת שמתקבלת בתגובה בין מגנזיום,  $Mg_{(s)}$ , וזרחן,  $P_{4(s)}$ ).
6. אלומיניום גופרי (תרכובת שמתקבלת בתגובה בין אלומיניום,  $Al_{(s)}$ , וגופרית,  $S_{8(s)}$ ).

### התשובה

1. KI    2. MgO    3. BaCl<sub>2</sub>    4. Na<sub>3</sub>N    5. Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>    6. Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>

### תת-סעיף ii (הציון בשאלון 037381 51)

רשמו נוסחת ייצוג אלקטרוני של החלקיקים המרכיבים את התרכובת נתרן גופרי.

### התשובה

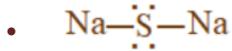


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלוס היא יישום.

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים רשמו נוסחת ייצוג אלקטרוניים שגויה של היונים המרכיבים את התרכובת נתרן גופרי. הטעויות האופייניות:

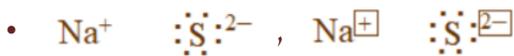
♦ רישום נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של תרכובות מולקולריות:



♦ רישום נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של אטומים, לעיתים בסוגריים:



♦ רישום נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של יונים ללא סוגריים מרובים:



♦ רישום מספר שגוי של האלקטרוניים הערכיים ביונים.

♦ רישום מטען היות בתוך סוגריים.

♦ רישום מצבי צבירה ליונים.

♦ הוספת מקדמים לנוסחאות ייצוג אלקטרוניים של יונים.

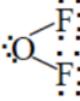
## המלצות

- להבהיר לתלמידים את כללי הרישום של נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של חלקיקים שונים, כולל יונים חד-אטומיים.
  - לחדד את ההבדל בין נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של אטומים לבין נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של יונים.
  - להרגיל את התלמידים לרישום נוסחת ייצוג אלקטרוניים של יון בשני שלבים: לקבוע את מטען היות ורק לאחר מכן לרשום נוסחת ייצוג אלקטרוניים.
  - להיעזר נספח 3 לסילבוס: [רמות הבנה בכימיה](#) - דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות (מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל):
  - לתרגל עם התלמידים צורות ייצוג של חלקיקים: אטומים, יונים, מולקולות, וגם מעברים בין צורות והבדלים ביניהן. מומלץ להיעזר ב- [מונחון לנוסחאות של חומרים](#).
  - לבקש מהתלמידים לפתור שאלה 10 מבחינת הברורות תשע"ט ושאלה 10 מבחינת הברורות תשפ"ג, ולדון בפתרונות המופיעים בחוברות ניתוח ברות תשע"ט ותשפ"ג: [חוברות ניתוח ברות](#).
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' 2, א, 3, ב. בטבלה בעמ' 5-8.

## שאלות לתרגול

### שאלה 1

איזו מבין נוסחאות ייצוג האלקטרוניים המוצגות בטבלה אינה מתאימה לנוסחת החומר שהיא אמורה לתאר? מומלץ להיעזר בנספח 3 לסילבוס: [רמות הבנה בכימיה](#) - דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות.

F	CaCl <sub>2</sub>	OF <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
$\cdot \ddot{\text{F}} \cdot$	$\cdot \ddot{\text{Cl}} : \text{Ca} : \ddot{\text{Cl}} \cdot$		$\cdot \ddot{\text{O}} = \text{C} = \ddot{\text{O}} \cdot$
ד	ג	ב	א

**התשובה**

התשובה הנכונה היא ג'. נוסחת ייצוג האלקטרונים שאינה מתאימה לנוסחת החומר, כאשר היא אמורה לתאר חומר יוני. לכן נוסחת ייצוג האלקטרונים צריכה להיות של היונים המרכיבים את החומר:

**שאלה 2**

איזו מבין נוסחאות ייצוג האלקטרונים המוצגות בטבלה אינה מתאימה לנוסחת החומר שהיא אמורה לתאר?

O	CCl <sub>4</sub>	PH <sub>3</sub>	MgCl <sub>2</sub>
$\cdot\ddot{\text{O}}\cdot$	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{Cl}}: \\   \\ :\ddot{\text{Cl}}-\text{C}-\ddot{\text{Cl}}: \\   \\ :\ddot{\text{Cl}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{P}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$:\ddot{\text{Cl}}:\text{Mg}:\ddot{\text{Cl}}:$
ד	ג	ב	א

**התשובה**

התשובה הנכונה היא א'.

נוסחת ייצוג האלקטרונים שאינה מתאימה לנוסחת החומר כאשר היא אמורה לתאר חומר יוני. לכן נוסחת ייצוג האלקטרונים צריכה להיות של היונים המרכיבים את החומר:

**תת-סעיף iii (הציון בשאלון 037381 42)**

נסחו את התגובה של גופרית עם נתרן שבה מתקבל נתרן גופרי.

**התשובה**

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך מאוד. יותר ממחצית התלמידים התקשו לנסח את התגובה של גופרית עם נתרן שבה מתקבל נתרן גופרי. הטעויות האופייניות:

- ◆ רישום מטעני היונים במגיבים מעל נוסחאות היסודות:
- ◆ רישום שגוי של מצבי צבירה של המרכיבים או אי-רישום אותם כלל:
  - $16\text{Na}^+_{(s)} + \text{S}_8^{2-}_{(s)} \rightarrow 8\text{Na}_2\text{S}_{(s)}$
  - $16\text{Na}_{(l)} + \text{S}_{8(g)} \rightarrow 8\text{Na}_2\text{S}_{(s)}$
  - $16\text{Na} + \text{S}_8 \rightarrow 8\text{Na}_2\text{S}$
- ◆ רישום ניסוחים לא מאוזנים או עם מקדמים כפולים:
  - $\text{Na}_{(s)} + \text{S}_{8(s)} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_{(s)}$
  - $32\text{Na}_{(s)} + 2\text{S}_{8(s)} \rightarrow 16\text{Na}_2\text{S}_{(s)}$
- ◆ תלמידים שרשמו בתת-סעיף ה i נוסחה אמפירית שגויה, ניסו להתאים את ניסוח התגובה לתוצר השגוי:
  - $\text{Na}_{(s)} + \text{S}_{8(s)} \rightarrow \text{NaS}_{8(s)}$

## המלצות

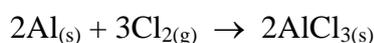
- לתרגל עם התלמידים ניסוח ואיזון של תגובות בין מתכת ואל-מתכת ליצירת חומרים יוניים.
- חשוב להדגיש לתלמידים כי כל תגובה חייבת להיות מאוזנת, גם אם לא נרשם במפורש בשאלה שיש לאזן את ניסוח התגובה.
- להבהיר לתלמידים את כללי הרישום של נוסחאות אמפיריות של חומרים יוניים - על פי היחס הפשוט בין היונים שמרכיבים את התרכובת (ללא קשר לנוסחאות של היסודות המגיבים ליצירתה).
- לתרגל עם התלמידים רישום נוסחאות של תרכובות יוניות המורכבות מיונים חד-אטומיים, ולהקפיד לרשום יון חיובי משמאל ליון שלילי.

## שאלה לתרגול

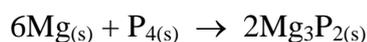
- א. נסחו ואזנו את התגובה של אלומיניום,  $Al_{(s)}$  עם כלור,  $Cl_{2(g)}$ , שבה מתקבל אלומיניום כלורי.
- ב. נסחו ואזנו את התגובה של מגנזיום,  $Mg_{(s)}$  עם זרחן,  $P_{4(s)}$ , שבה מתקבל מגנזיום זרחני.

## התשובה

סעיף א'



סעיף ב'



**סעיף ו' (הציון בשאלון 037381 50)**

**(הציון בשאלון 037387 73)**

בשרפה של דלק עשיר בגופרית אחד התוצרים הוא גז גופרית דו-חמצנית,  $SO_{2(g)}$ , הגורם לזיהום אוויר. נסחו את התגובה של שרפת גופרית,  $S_{8(s)}$ , שבה נוצר הגז גופרית דו-חמצנית.

## התשובה



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

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך בשאלון 037381 וציון בינוני בשאלון 037387. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לנסח את התגובה של שרפת גופרית שבה נוצר הגז גופרית דו-חמצנית. הטעויות האופייניות:

- ♦ ניסוחים שגויים עקב רישום נוסחה של אטום גופרית במקום נוסחת מולקולה:
  - $S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$
- ♦ ניסוחים שגויים המכילים חומרים נוספים כגון פחמימנים או מים (בלבול עם תגובות שריפה של פחמימנים):
  - $CH_{4(g)} + S_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} + CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$
- ♦ ניסוחים לא מאוזנים או עם מקדמים כפולים.
  - $S_{8(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$
  - $2S_{8(s)} + 16O_{2(g)} \rightarrow 16SO_{2(g)}$
- ♦ רישום תוצרים עם אטומים שאינם קיימים במגיבים:
  - $S_{8(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$
- ♦ אי-רישום מצבי צבירה או רישום מצבי צבירה שגויים:
  - $S_{8(g)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 8SO_{2(s)}$



### המלצות

- לתרגל עם תלמידים ניסוח ואיזון של תגובות שונות. חשוב להבהיר לתלמידים את ההבדל בין תגובות שריפה של פחמימנים לבין תגובות שריפה של חומרים אחרים בנוכחות חמצן.
- להדגיש לתלמידים שאותם האטומים שמופיעים במגיבים צריכים להופיע גם בתוצרים - על פי חוק שימור החומר.
- חשוב להדגיש לתלמידים כי כל תגובה חייבת להיות מאוזנת גם אם לא נרשם במפורש בשאלה שיש לאזן את ניסוח התגובה.

### שאלות לתרגול

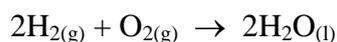
- א. רשמו ניסוח לתגובת השריפה של מימן בנוכחות חמצן לקבלת מים במצב נוזל.
- ב. רשמו ניסוח לתגובת השריפה של פוספין,  $\text{PH}_3(\text{g})$ , בנוכחות חמצן לקבלת זרחן חמצני,  $\text{P}_2\text{O}_5(\text{s})$ , ואדי מים.
- ג. רשמו ניסוח לתגובת השריפה המלאה של בנזן,  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$ .

### הערות לשאלה:

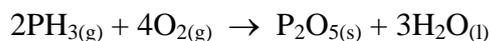
- בסעיף א' התלמידים נדרשים לדעת שהיסודות מימן וחמצן מופיעים בצורה של מולקולות דו-אטומיות, לכן מידע זה לא מופיע בשאלה.
- בסעיף ב' מופיע חלק מהמידע.
- בסעיף ג' התלמידים נדרשים לדעת מהם תוצרי שריפה מלאה של פחמימנים, לכן הם לא נתונים בשאלה.

### התשובה

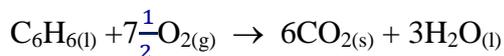
סעיף א'



סעיף ב'



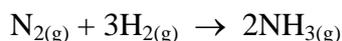
סעיף ג'



### שאלה מסכמת

תהליך קיבוע חנקן אטמוספרי לקבלת אמוניה היה אחד האתגרים החשובים בתחילת המאה העשרים. תהליך זה זיכה את הכימאי פריץ הבר (יהודי גרמני) בפרס נובל.

לפניכם ניסוח התגובה ליצירת אמוניה מהיסודית:



א. נתונות אנתלפיות הקשר של הקשרים הקולנטיים:

קשר	אנתלפיית קשר ( $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ )
N–H	391
H–H	436
N≡N	945

- i. ציינו את הגורם / הגורמים לכך שאנתלפיית הקשר H–H גבוהה מאנתלפיית הקשר N–H.
  - ii. ציינו את הגורם / הגורמים לכך שאנתלפיית הקשר N–H גבוהה מאנתלפיית הקשר N≡N.
- ב. שלושת החומרים המופיעים בתגובה ליצירת אמוניה נמצאים במצב צבירה גז בטמפרטורת החדר.

- אם יקררו את תערובת הגזים, איזה מבין שני החומרים,  $N_2(g)$  או  $NH_3(g)$ , יהפוך לנוזל ראשון? (כלומר לאיזה מבין שני החומרים צפויה להיות טמפרטורת עיבוי גבוהה יותר?) **נמקו את קביעתכם.**
- ג. אמוניה הינה חומר גלם חשוב בייצור דשנים שונים כגון אמון חנקתי,  $NH_4NO_3(s)$ .
- חלק מהחומרים הבאים:  $NH_3(g)$ ,  $N_2(g)$ ,  $H_2(g)$  מסיסים במים.
- עבור כל אחד מן החומרים שמסיסים במים רשמו את הניסוח לתהליך ההמסה של החומר במים.
  - קבעו עבור כל אחת מן התמיסות המימיות, שעבורן ניסחתם את תהליך ההמסה, אם היא מוליכה חשמל.
- נמקו את קביעותיכם.**
- ד. גז חנקן,  $N_2(g)$ , מגיב עם ליתיום מוצק,  $Li(s)$ , ליצירת תרכובת ליתיום חנקני.
- רשמו ניסוח מאוזן לתגובה בין חנקן לליתיום ליצירת ליתיום חנקני.
  - רשמו נוסחאות ייצוג אלקטרוניים לחלקיקים המרכיבים את אמוניה,  $NH_3(g)$ , ולחלקיקים המרכיבים את ליתיום חנקני.

## התשובה

### סעיף א'

שלושה גורמים משפיעים על אנתלפיית הקשר: רדיוס האטומים המשתתפים בקשר, סדר הקשר, קוטביות הקשר.

### תת-סעיף i

מבחינת רדיוס האטומים המשתתפים בקשר: בקשר H-H שני אטומי H ואילו בקשר N-H יש אטום N שהרדיוס שלו גדול מזה של אטום H. אנתלפיית הקשר H-H גדולה יותר כי בקשר זה אטומים קטנים יותר מאשר בקשר N-H. מבחינת סדר הקשר: שני הקשרים הם קשרים יחידית, לכן גורם זה אינו משפיע. מבחינת קוטביות הקשר: הקשר N-H קוטבי ואילו הקשר H-H טהור. לפי גורם זה אנתלפיית הקשר N-H הייתה אמורה להיות גדולה יותר, אך הדבר אינו תואם לנתונים. לכן הגורם המשפיע על כך שאנתלפיית הקשר H-H גדולה מזו של הקשר N-H הוא רדיוס האטומים המשתתפים בקשר.

### תת-סעיף ii

מבחינת רדיוס האטומים המשתתפים בקשר: בקשר  $N \equiv N$  שני אטומי N ואילו בקשר N-H אטום N ואטום H. רדיוס אטום N גדול מרדיוס אטום H. מכיוון שבקשר  $N \equiv N$  הרדיוסים של האטומים גדולים מאשר בקשר N-H, אנתלפיית הקשר אמורה להיות קטנה יותר. אך הדבר אינו תואם לנתונים. מבחינת סדר הקשר: הקשר  $N \equiv N$  משולש ואילו הקשר N-H יחיד. לפי גורם זה אנתלפיית הקשר  $N \equiv N$  גדולה מהקשר N-H (כי קשר משולש חזק מקשר יחיד).

מבחינת קוטביות הקשר: הקשר N-H קוטבי ואילו הקשר  $N \equiv N$  טהור. לפי גורם זה אנתלפיית הקשר N-H הייתה אמורה להיות גדולה יותר, אך הדבר אינו תואם לנתונים.

לכן הגורם המשפיע על כך שאנתלפיית הקשר  $N \equiv N$  גדולה מאנתלפיית הקשר N-H הוא סדר הקשר.

### סעיף ב'

שני החומרים הם מולקולריים. ענני האלקטרוניים של מולקולות החנקן גדולים מעט מענני האלקטרוניים של מולקולות האמוניה. מולקולות אמוניה קוטביות ומולקולות חנקן אינן קוטביות. הגורם העיקרי המשפיע על חוזק הכוחות הבין מולקולריים הוא הסוג של הכוחות האלה. בין מולקולות האמוניה קיימים קשרי מימן שהם חזקים מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין מולקולות החנקן. לכן תידרש אנרגייה רבה יותר לניתוק הקשרים הבין המולקולות של  $NH_3(l)$  בעת השינוי ממצב נוזל למצב צבירה גז.

לכן טמפרטורת הרתיחה של  $\text{NH}_3(\text{l})$  גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של  $\text{N}_2(\text{l})$ . בעת קירור תערובת הגזים החומר שיהפוך ראשון לנוזל יהיה החומר שטמפרטורת הרתיחה, השווה לטמפרטורת העיבוי, שלו גבוהה יותר כלומר האמוניה.  
או:

חנקן	גופרית	החומרים
$\text{N}_2$	$\text{NH}_3$	נוסחאות מולקולריות
$:\text{N}\equiv\text{N}:$	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	נוסחאות ייצוג אלקטרוניים של מולקולות החומרים
14 אלקטרוניים במולקולה	10 אלקטרוניים במולקולה	המספר הכולל של אלקטרוניים במולקולות החומרים
מולקולות לא קוטביות	מולקולות קוטביות	קוטביות של מולקולות החומרים
אינטראקציות ון-דר-ולס חלשות	קשרי מימן	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
למרות שענני האלקטרוניים של מולקולות החנקן גדולים מעט מענני האלקטרוניים של מולקולות האמוניה. קשרי המימן בין מולקולות האמוניה חזקים מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות החנקן.		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
נדרשת אנרגיה רבה יותר לניתוק קשרי המימן בין מולקולות האמוניה בעת השינוי ממצב צבירה נוזל למצב צבירה גז. לכן טמפרטורת הרתיחה של האמוניה גבוהה מזו של החנקן, וכך גם טמפרטורת העיבוי		השוואת טמפרטורות הרתיחה/העיבוי של החומרים

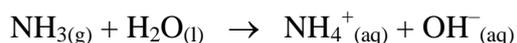
### סעיף ג'

#### תת-סעיף i

החומר  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$  מתמוסס במים:



החומר  $\text{NH}_3(\text{g})$  מגיב עם מים בתגובת חומצה בסיס:

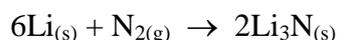


#### תת-סעיף ii

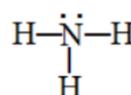
שתי התמיסות מוליכות חשמל כי בשתי התגובות מתקבלים יונים ממוימים ניידים.

### סעיף ד'

#### תת-סעיף i



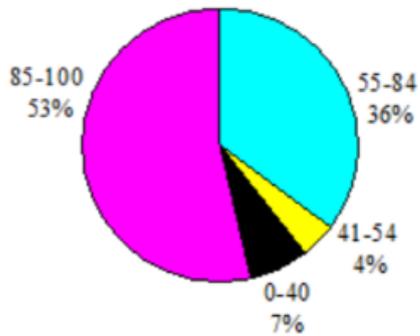
#### תת-סעיף ii



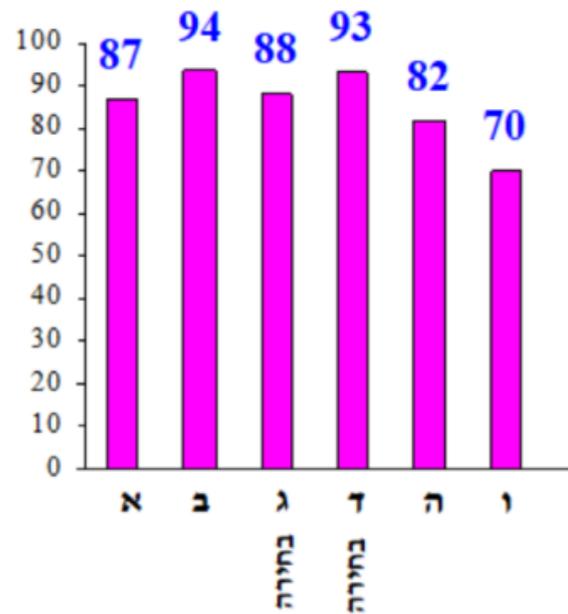
## ניתוח שאלה 11 חומצות שומן

שאלון 037381

פיזור ציונים  
בחרו בשאלה 91% מהתלמידים

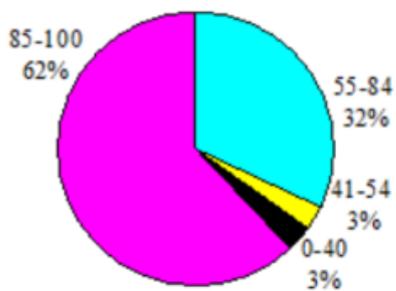


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 80  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

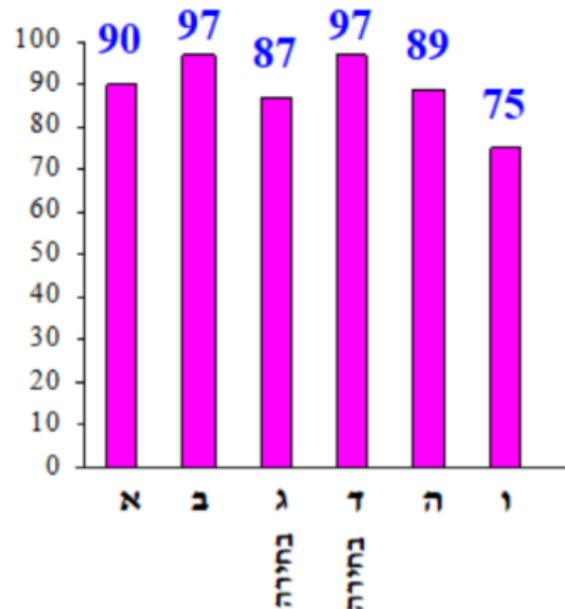


שאלון 037387

פיזור ציונים  
בחרו בשאלה 87% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 85  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

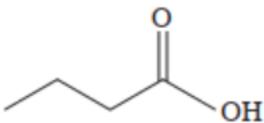
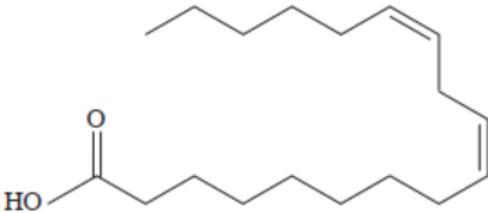
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום		א
יישום		ב
יישום		ג (בחירה)
יישום		ד (בחירה)
יישום		ה
יישום	i	ו
אנליזה	ii	
יישום	iii	

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לרשום צורות ייצוג שונות של חומצות שומן: נוסחה מולקולרית, רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה.
- לזהות סוגים שונים של חומצות שומן ולהבחין בין סוגים אלה: חומצת שומן רוויה, חומצת שומן חד בלתי רוויה, חומצת שומן רב בלתי רוויה.
- להשוות בין טמפרטורות היתוך של חומצות שומן שונות על פי הגורמים המשפיעים על טמפרטורת היתוך:
  - השוואה בין חומצות שומן רוויות - על פי אורך השרשרת הפחמימנית במולקולה של חומצת השומן, או מספר אטומי הפחמן במולקולה של חומצת שומן, או גודל ענן אלקטרוניים של מולקולת חומצת השומן.
  - השוואה בין דרגת הריוויון של חומצות שומן, או מספר הקשרים הכפולים במולקולה של חומצת השומן.
- ליישם את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים, בפרט חומצות שומן, במים.
- לזהות חומצות שומן שעשויות לעבור תהליך הידרוגנציה.
- ליישם את הכללים של ביצוע תהליך הידרוגנציה של חומצת שומן לא רוויה.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור תהליך הידרוגנציה.
- לנבא אילו חומצות שומן יוצרו בתהליך ההידרוגנציה כאשר בכלי יש תערובת של חומצות שומן.

### פתיח לשאלה

- חומצה מיריסטית היא חומצת שומן רוויה שבה בכל מולקולה יש 14 אטומי פחמן.
- החומצה הופקה לראשונה מאגוז מוסקט (*Myristica fragrans*) ולכן היא נקראת על שמו.
- לפניכם טבלה ובה מידע חלקי על כמה חומצות שומן. פרטי המידע החסרים מסומנים בספרות 1-5.

שם חומצת שומן	ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה של המולקולה	רישום מקוצר של חומצת השומן
חומצה מיריסטית	1	2
חומצה בוטירית		3
חומצה אולאית	4	C18:1 $\omega$ 9cis
חומצה לינולאית		5

**סעיף א' (הציון בשאלון 037381 87)**

**(הציון בשאלון 037387 90)**

כתבו במחברתכם את פרטי המידע 1, 2, 3, 4, 5 החסרים בטבלה.

### התשובה

	1
C14:0	2
C4:0	3
	4
C18:2 $\omega$ 6 all cis או C18:2 $\omega$ 6 cis,cis	5

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים כתבו נכון את פרטי המידע החסרים. יחד עם זאת, אותרו טעויות אחדות:

- רישום נוסחה מולקולרית במקום רישום מקוצר.
- רישום נוסחה מולקולרית במקום ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה.

- ◆ טעויות במספר אטומי הפחמן במולקולה: C17:2 $\omega$ 6 cis,cis - 5, C3:O - 3, C13:O - 2
- ◆ טעויות במיקום הקשר הכפול: C18:2 $\omega$ 9 cis,cis - 5
- ◆ אי-ציון שלתבנית הקשר הכפול או טעויות בתבנית הקשר הכפול: C18:2 $\omega$ 6 all trans - 5
- ◆ רישום סיומת -COOH- בייצוג מקוצר של נוסחת המבנה.
- ◆ טעויות במספר קשרים כפולים.
- ◆ אי-רישום של קבוצה קרבוקסילית בייצוג מקוצר של נוסחת המבנה.
- ◆ רישום ייצוג מלא של נוסחת המבנה במקום ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה.
- ◆ רישום ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה ללא קשר כפול (קשר יחיד במקום קשר כפול).

**סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 94)**

**(הציון בשאלון 037387 97)**

מבין חומצות השומן הנתונות בטבלה, איזו חמצת שומן היא **חד-בלתי רוויה**?

**התשובה**

חומצה אולאית היא חומצת שומן חד בלתי רוויה.

או C18:1 $\omega$ 9 cis

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה מאוד בשני השאלונים. התלמידים הצליחו לזהות חומצת שומן חד-בלתי רוויה. תלמידים מעטים בחרו בנוסחה הנכונה והוסיפו נוסחאות שגויות.

**סעיף ג' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 88)**

**(הציון בשאלון 037387 87)**

קבעו לאיזו מן החומצות - אולאית או לינולאית - טמפרטורת היתוך גבוהה יותר. ציינו את הגורם המשפיע על כך.

**התשובה**

**קביעה:** טמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית.

**הגורם המשפיע:** מספר הקשרים הכפולים או דרגת ריוויון.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים קבעו נכון את סוג חומצת השומן שטמפרטורת ההיתוך שלה גבוהה יותר, ואת הגורם המשפיע לכך שטמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית.

יחד עם זאת אותרו טעויות. הטעויות האופייניות:

1. קביעה שגויה הנובעת מקושי בהבנת הגורם המשפיע.
  - "לחומצה לינולאית טמפרטורת ההיתוך גבוהה יותר מכיוון שיש לה יותר קשרים כפולים במולקולות."
  - "לחומצה לינולאית יש יותר קשרים כפולים בכל מולקולה, לכן קשה יותר להתיך אותה."
  - "לחומצה לינולאית יותר קשרים כפולים, לכן תידרש יותר אנרגייה לפירוק הקשרים."
- הנימוקים השגויים הנ"ל ("ככל שיש יותר קשרים במולקולות חומצת השומן, כך טמפרטורת ההיתוך שלה גבוהה יותר") מביאים לקביעה שגויה.
  - "לחומצה לינולאית שטח פנים גדול יותר, לכן טמפרטורת ההיתוך שלה גבוהה יותר."
  - בחירה בגורם של גודל ענני אלקטרונים במקום מספר הקשרים הכפולים, שהוא הגורם המשפיע במקרה זה.
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
  - "לחומצה אולאית טמפרטורת ההיתוך גבוהה יותר. במולקולה שלה יש רק קשר כפול אחד, לכן יש לה יותר מוקדים ליצירת אינטראקציות ון-דר-ולס."

**סעיף ד' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 93)**

**(הציון בשאלון 037387 97)**

קבעו לאיזו מן החומצות - מיריסטית או בוטירית - טמפרטורת היתוך גבוהה יותר. ציינו את הגורם המשפיע על כך.

### התשובה

**קביעה:** טמפרטורת ההיתוך של חומצה מיריסטית גבוהה מזו של חומצה בוטירית.  
**הגורם המשפיע:** אורך השרשרת הפחמימנית או מספר אטומי הפחמן או גודל ענן האלקטרונים.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד בשני השאלונים. התלמידים המעטים שטעו קבעו נכון שטמפרטורת ההיתוך של חומצת שומן מיריסטית גבוהה יותר מזו של חומצה בוטירית, אך קבעו שהגורם המשפיע הוא שטח פנים, או בתיאור הגורם המשפיע השתמשו במונחים לא מדויקים:

- "הגורם המשפיע הוא אורך השרשרת" - המונח הנכון הוא אורך השרשרת הפחמימנית.
- "הגורם המשפיע הוא ענן האלקטרונים" - המונח הנכון הוא גודל ענן האלקטרונים.

**סעיף ה' (הציון בשאלון 037381 82)**

**(הציון בשאלון 037387 89)**

רק אחת מארבע חומצות השומן הנתונות בטבלה היא חומצה מסיסה במים. קבעו איזו חומצה מסיסה במים.

### התשובה

"חומצת השומן בוטירית או C4:0."

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים בחרו בחומצת שומן בוטירית. התלמידים שטעו בחרו בחומצות שומן אחרות:

- "חומצה אולאית מסיסה במים מכיוון שיש לה 5 מוקדים אפשריים ליצירת קשרי מימן עם המים."
  - "חומצה לינולאית מסיסה במים מכיוון שיש לה הרבה קשרים כפולים."
  - "חומצה מיריסטית מסיסה במים מכיוון שאין לה זנב הידרופובי."
- למרות שהתלמידים לא התבקשו לנמק, חלקם כתבו נימוק לתשובה השגויה, וכך ניתן להבין מהיכן הטעות נבעה.

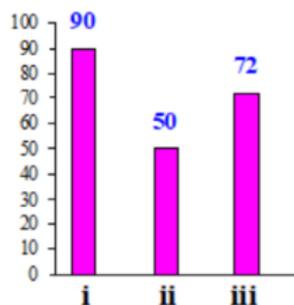
### סעיף ו' (הציון בשאלון 037381 70)

### (הציון בשאלון 037387 75)

הכינו תערובת של כל ארבע חומצות השומן הנתונות בטבלה.

התערובת הכילה 1 מול של כל אחת מן החומצות.

הזרימו לתערובת מימן,  $H_2(g)$ , בכמות גדולה ובתנאים מתאימים לתגובת ההידרוגנציה. בתום התגובה התקבלה תערובת של חומצות שומן רוויות בלבד.



### תת-סעיף i (הציון בשאלון 037381 90)

מבין חומצות השומן הנתונות בטבלה, אילו חומצות הגיבו עם  $H_2(g)$  בתגובת ההידרוגנציה? נמקו את תשובתכם.

### התשובה

**קביעה:** חומצה אולאית וחומצה לינולאית יגיבו בתגובת ההידרוגנציה.

**נימוק:** מכיוון שרק שתי חומצות אלו הן בעלות קשר כפול  $C=C$  או מכיוון שרק שתי חומצות אלה הן לא רוויות.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון מהן חומצות השומן שהגיבו עם  $H_2(g)$  בתגובת ההידרוגנציה. התלמידים המעטים שטעו ציינו רק חומצת שומן אחת מבין השתיים או ציינו את שתי חומצות השומן ללא נימוק.

### תת-סעיף ii (הציון בשאלון 037381 50)

כתבו רישום מקוצר של חומצות השומן שהיו בתערובת בתום תגובת ההידרוגנציה.

## התשובה

C18:0 , C14:0 , C4:0

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. מחצית התלמידים טעו. הטעויות האופייניות:

- ♦ רישום נוסחאות מולקולריות או ייצוג מקוצר של נוסחאות המבנה של מולקולות חומצות השומן שנשארו בתערובת בתום תגובת ההידרוגנציה - התעלמות מהוראה שיש לכתוב רישום מקוצר של חומצות השומן.
- ♦ התייחסות רק לחומצות שומן שעברו הידרוגנציה והתעלמות משאר חומצות השומן הרוויות שבכלי:
- "בכלי תהיה רק חומצת שומן C18:0".

### תת-סעיף iii (הציון בשאלון 037381 72)

כמה מול של  $H_{2(g)}$  הגיבו בתגובה המלאה עם תערובת החומצות? נמקו את תשובתכם.

## התשובה

קביעה: 3 מול

נימוק:

- 1 מול חומצה לינולאית הגיבה עם 2 מול מימן.
- 1 מול חומצה אולאית הגיבה עם 1 מול מימן.
- סה"כ בתגובת הידרוגנציה מלאה ידרשו 3 מול מימן.

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הבינו את מהות תגובת ההידרוגנציה אך היו שטעו ביישום התגובה עצמה. חלק מהתלמידים התקשו לקשר בין מספר קשרים כפולים במולקולת חומצת השומן לבין מספר מולי המימן הדרושים לסיפוח בתגובת הידרוגנציה מלאה. הטעויות האופייניות:

- ♦ אי-התייחסות לכך שבחומצה לינולאית יש שני קשרים כפולים:
- "הגיבו 2 מול מימן מכיוון שהגיבו רק שתי חומצות שומן, 1 מול מכל חומצה."
- ♦ קביעה נכונה המלווה בנימוק חלקי - ללא פירוט כמה מול מימן הגיבו עם כל חומצת שומן:
- "הגיבו 3 מול מימן כיוון שיש סה"כ 3 קשרים כפולים."
- ♦ כתיבת נימוק ללא קביעה, אי-התייחסות לחומצות שומן עצמן:
- "צריך 1 מול מימן על כל 1 מול קשרים כפולים."
- "1 מול חומצה לינולאית הגיבה עם 2 מול מימן. 1 מול חומצה אולאית הגיבה עם 1 מול מימן."
- ♦ כתיבת נימוק באמצעות ניסוח תגובה בעזרת רישום מקוצר.

## המלצות לשאלה 11

- לחזור על הנושא "מבנה וקישור" לפני לימוד הנושא "חומצות שומן". חזרה זו תעזור בלימוד המושגים החדשים בנושא החדש, כולל בהשוואת טמפרטורות היתוך של חומצות שומן. אפשר לבנות עם התלמידים מפת מושגים בנושא חומצות שומן ולבקש לתת הגדרות לכל מושג כדי לוודא שהם הפנימו את החומר.
- בלימוד המושג איזומרים, מומלץ להוסיף עוד סוג של איזומריה - ציס/טרנס סביב הקשר הכפול ולחזור על סוג איזומריה זה בחזרה על הנושא "מבנה וקישור".
- אפשר להמחיש את איזומריית ציס/טרנס בעזרת פעילות של בניית מודל של חומצת שומן C18:1ω6 על ידי התלמידים וכך חלק מהקבוצות מקבלות ציס וחלק טרנס. כך מתפתח דיון.
- לשאול את התלמידים בכל שאלה בנושא חומצות שומן, מהו סוג חומצת השומן, לקבוע אם היא חומצת שומן רוויה, חומצת שומן חד בלתי רוויה, חומצת שומן רב בלתי רוויה. במידה וחומצת השומן היא בלתי רוויה, לשאול מהי תבנית הקשר הכפול (ציס/טרנס). כך התלמידים יתרגלו לבחון את סוג חומצת השומן הנתונה בכל פעם שיתקלו בה.
- לתרגל עם התלמידים שאלות שבהן יש השוואה בין טמפרטורת ההיתוך של חומצות שומן שונות עם גורמים שונים (דרגת הריוויון, אורך השרשרת הפחמימנית, תבנית הקשר הכפול ציס/טרנס) ולבקש מהם לכתוב נימוק מלא, כולל הסברים.
- ליידע את התלמידים שכאשר הם אינם מתבקשים לנמק את התשובה, חבל שישקיעו בכך מאמץ וזמן שהם משאבים חשובים בזמן מבחן ובחינת בגרות.
- מומלץ להבהיר לתלמידים שתגובת הידרוגנציה היא תגובת סיפוח מימן לקשרים כפולים בין אטומי פחמן במולקולות חומצות שומן לא רוויות.
- לתרגל עם התלמידים תגובות הידרוגנציה של חומצות שומן שונות, כולל יחסי מולים וחישובים סטויכיומטריים בתגובות אלו.
- להיעזר בתיאורים ובשאלות בספר לימוד דיגיטלי: [טעם של כימיה](#).
- להציג לתלמידים את הכתבה: [מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס?](#) בכתבה מוצגות דוגמאות לאריות המולקולות של חומצות שומן שונות. לכתבה מצורף סרטון המתייחס להיבטים שונים של הנושא.
- לבקש מהתלמידים לענות על השאלות של [דף עבודה לפרק השומנים](#).
- לתרגל עם התלמידים צורות ייצוג שונות של חומצות שומן. מומלץ להיעזר ב- [מונחון לנוסחאות של חומרים](#).
- לתרגל עם התלמידים דף עבודה - [רישום נוסחאות מבנה של טריגליצרידים](#).
- לעבור עם התלמידים על נספח: קבוצות פונקציונליות לתרכובות פחמן ב- [דף נוסחאות](#) לבחינת הבגרות. חלק מהקבוצות מופיעות בדף נוסחאות וחלק יש לזכור בעל פה.
- לבצע עם התלמידים [פעילות מתוקשבת בנושא חומצות שומן](#).
- להראות לתלמידים סרטון: [טמפרטורת התכה של חומצות שומן](#).
- להיעזר במצגת [שומנים ושומנים - עובדות מפתיעות](#).
- להראות לתלמידים סרטון: [חומצות שומן חלק א, חומצות שומן חלק ב](#).
- לבצע פעילויות שפותחו על ידי קבוצת מורים: [כימיה של מזון](#).
- לבקש מהתלמידים לפתור שאלות בנושא חומצות שומן בחוברות של ניתוח בגרות: בגרות תשפ"ג שאלה 11, בגרות תשפ"ב שאלה 12, בגרות תשפ"א שאלה 10, בגרות תש"ף שאלה 12 ושאלות מחוברות נוספות.
- מומלץ לדון עם התלמידים בפתרונות המופיעים בחוברות ניתוח בגרות: [חוברות ניתוח בגרות](#).
- להראות לתלמידים סרטון בערבית: [הכנה לבגרות - שומנים](#)

– להיעזר במצגת [שמנים ושומנים, חומצות שומן](#).

ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א, 2, א, 5, א, 10, א, 12, ב, 5, ב, 20, ד, 2, ד, 4, ד, 5, ד, 6, ד, ה, 1, ה, 6, ו, 3, ו, 4, ו, 6. בטבלה בעמ' 5-8.

## שאלות לתרגול לשאלה 11

### שאלות 1-2 הן שאלות חזרה על פרק מבנה וקישור

#### שאלה 1

- מסיסותו של הברום,  $\text{Br}_2(\text{l})$ , במים מזוקקים,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , נמוכה מאוד ואילו מסיסותו במתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ , גבוהה. א. הסבירו מדוע הברום  $\text{Br}_2(\text{l})$  אינו מסיס במים  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , אבל מסיס במתאנול  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ . ב. נסחו את תהליך ההמסה של ברום  $\text{Br}_2(\text{l})$  במתאנול  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ .

#### התשובה

##### סעיף א'

מסיסותו של הברום,  $\text{Br}_2(\text{l})$ , במים מזוקקים,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ , נמוכה מאוד כי אין אפשרות להיווצרות קשרי מימן בין המולקולות של שני החומרים. (בין מולקולות הברום יש אינטראקציות ון-דר-ולס, ובין מולקולות המים יש קשרי מימן.)

מסיסותו של הברום,  $\text{Br}_2(\text{l})$ , במתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ , גבוהה, כי בין המולקולות של שני החומרים יכולות להיווצר אינטראקציות ון-דר-ולס. (בין מולקולות הברום יש אינטראקציות ון-דר-ולס, ובין מולקולות המתאנול יש אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן.)

##### סעיף ב'



#### שאלה 2

- מתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ , מתמוסס במים, בעוד שמסיסות במים של 1-הקסאנול,  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}(\text{l})$ , נמוכה. מהי המסקנה שניתן להסיק מעובדות אלה?
- א. בין מולקולות המתאנול יש אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן ובין מולקולות 1-הקסאנול יש רק אינטראקציות ון-דר-ולס.
- ב. קשרי מימן בין מולקולות המתאנול חזקים מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 1-הקסאנול.
- ג. אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות המתאנול חזקות, ולכן נוצרים קשרים רבים עם מולקולות המים והמסיסות המתאנול במים טובה.
- ד. הודות לחלק הפחמימני הגדול במולקולות 1-הקסאנול, אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 1-הקסאנול חזקות מאלה שבין מולקולות המתאנול. הדבר מפריע להיווצרות קשרי מימן בין מולקולות 1-הקסאנול למולקולות המים.

## הנימוק

**התשובה הנכונה היא ד'.** למולקולות מתאנול שייר הידרופובי קטן בהרבה מאשר למולקולות 1-הקסאנול. בין השיירים הפחמימניים יש אינטראקציות ון-דר-ולס. השייר הפחמימני הגדול של 1-הקסאנול מפריע ליצירת קשרי מימן עם מולקולות המים, לכן המסיסות של 1-הקסאנול במים נמוכה. (אפשר להוסיף כהעמקה התייחסות ל"כדאיות" האנרגטית: כשאורך השרשרת עולה מסיסות הכוהל במים יורדת, מכיוון שכדי שיתרחש ערבוב יש לפרק את אינטראקציות ון-דר-ולס החזקות יותר בין מולקולות הכוהל ואת קשרי המימן בין מולקולות המים ומנגד מתקבלים מעט קשרי מימן בין מולקולות הכוהל ומולקולות המים. כלומר הערבוב "לא משתלם" מבחינה אנרגטית. כתוצאה מכך מולקולות המים תשארנה קשורות עם עצמן ומולקולות הכוהל תשארנה קשורות עם עצמן עם מעט קשרים ביניהן, כך שהמסיסות יורדת. **מסיח א'** אינו נכון, מכיוון שבין המולקולות של שני החומרים יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. **מסיח ב'** אינו נכון מכיוון שקשרי מימן בין מולקולות המתאנול חלשים מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 1-הקסאנול.

**מסיח ג'** אינו נכון מכיוון שאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות המתאנול חלשות מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 1-הקסאנול. בנוסף, חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס אינו משפיע על מספר קשרי המימן שנוצרים עם המים.

## שאלה 3

אחת מהאטרקציות הקולינריות בביקור של תיירים בתאילנד עוסקת בקינוח הקרוי בננה לוטי. את הבננה לוטי מכינים בעיקר בדוכני רחוב על בסיס בצק שטוח ודק שמחומם על מעין מחבת גדול עם גזיה (שלה עוצמת חימום חלשה). על הבצק שמים בננות, מקפלים, ועל זה מורחים שוקולד וחמאת קוקוס שניתכת די בקלות. הרכב חומצות השומן בחמאת הקוקוס מפורט בטבלה הבאה:

שם חומצת השומן	אחוז חומצת השומן בחמאת הקוקוס	רישום מקוצר של חומצת השומן	טמפרטורת ההיתוך של חומצת השומן (°C)
קפרילית	6%	C8:0	17
קפריית	10%	C10:0	31
לאורית	46%	C12:0	44
מיריסטית	19%	C14:0	54
פלמיטית	11%	C16:0	63
אולאית	8%	C18:1ω9cis	19

טמפרטורת ההיתוך של חמאת הקוקוס היא 24°C.

- מהו אחוז חומצות השומן הרוויות המצויות בחמאת הקוקוס?
- רשמו ייצוג מקוצר לחומצת שומן פלמיטית ולחומצת שומן אולאית.
- במדינות רבות שבהן ישנם מוצרי מזון המכילים את חמאת הקוקוס, המוצקים נוטים להפוך לנוזלים באופן חלקי. כדי למנוע זאת מבצעים תגובת הידרוגנציה של חמאת הקוקוס.

i. איזו/אילו מבין חומצות השומן, המרכיבות את חמאת הקוקוס, תעבור/יעברו את תגובת ההידרוגנציה. **נמקו.**

ii. נסחו ואזנו את תגובת/תגובות ההידרוגנציה שמתרחשת/שמתרחשות. השתמשו בייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה.

ד. בתגובת ההידרוגנציה של חמאת הקוקוס הגיבו 141 גרם של חומצת/חומצות השומן. כמה מול מימן הגיבו בתהליך? **פרטו את חישוביכם.**

ה. טמפרטורת ההיתוך של חמאת הקוקוס, שהיא תוצר תגובת ההידרוגנציה, היא  $30^{\circ}\text{C}$ . הסבירו מדוע חלה עלייה בטמפרטורת ההיתוך של חמאת הקוקוס, ומדוע השינוי בטמפרטורת ההיתוך הוא קטן ( $6^{\circ}\text{C}$ ).  
ו. חומצת השומן המיריסטית מתמוססת באחד מהנוזלים הנתונים:

- הקסאן,  $\text{C}_6\text{H}_{14(l)}$
- מים,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

קבעו באיזה משני הנוזלים מתמוססת חומצת השומן המיריסטית. **נמקו את קביעתכם.**

### התשובה

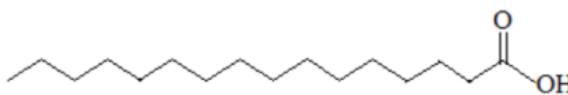
#### סעיף א'

בחמאת הקוקוס יש רק חומצת שומן אחת בלתי רוויה - חומצה אולאית. שאר חומצות השומן הן רוויות. אחוז חומצות השומן הרוויות המצויות בחמאת הקוקוס:

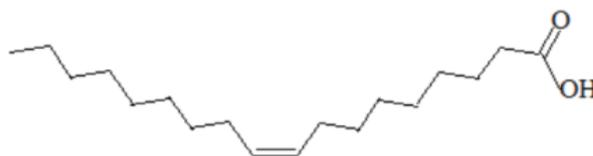
$$6 + 10 + 46 + 19 + 11 = 92\%$$

#### סעיף ב'

חומצה פלמיטית



חומצה אולאית

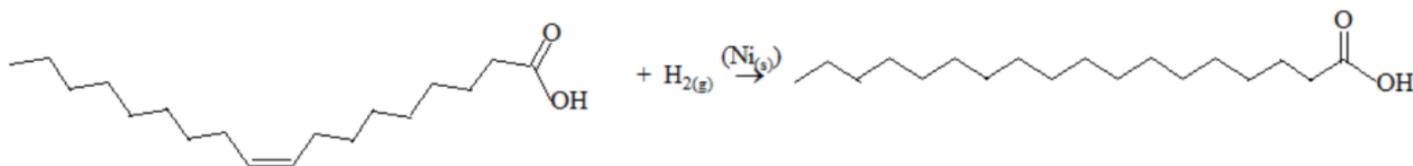


#### סעיף ג'

#### תת-סעיף i

בחמאת הקוקוס יש רק חומצת שומן אחת בלתי רוויה - חומצה אולאית, והיא תעבור תגובת ההידרוגנציה.

#### תת-סעיף ii



#### סעיף ד'

הנוסחה המולקולרית של החומצה האולאית:  $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ .

המסה המולרית של החומצה האולאית:

$$282 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$\frac{141 \text{ gr}}{282 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.5 \text{ mol}$$

מספר המולים של החומצה האולאית שהגיבה:

על פי הניסוח של תגובת ההידרוגנציה, יחס המולים בין החומצה האולאית למימן הוא 1:1, לכן מספר מול מימן שהגיבו הוא 0.5 mol.

### סעיף ה'

בתגובת ההידרוגנציה, חומצת השומן האולאית מגיבה והופכת לחומצת שומן רוויה. לחומצת שומן הרוויה יש טמפרטורת היתוך גבוהה יותר מאשר לחומצת השומן האולאית מכיוון שבמולקולות שלה אין קשרים כפולים. קשר כפול במבנה ציס של החומצה האולאית גורם למולקולה להיות בעלת כיפוף, לכן האריזה של המולקולות תהיה פחות צפופה, אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות יהיו חלשות יותר, וטמפרטורת ההיתוך של חומצת השומן האולאית תהיה נמוכה משל חומצת השומן הרוויה עם מספר אטומי פחמן זהה במולקולה. לכן, טמפרטורת ההיתוך של חמאת הקוקוס לאחר תגובת ההידרוגנציה, שבו אין חומצת שומן בלתי רוויה תהיה גבוהה יותר משל חמאת הקוקוס שיש בה חומצת השומן האולאית. טמפרטורת ההיתוך עולה רק ב-  $6^{\circ}\text{C}$  מכיוון שאחוז החומצה האולאית בחמאת הקוקוס הוא 8%, אחוז קטן יחסית, לכן השפעת השינוי אינה גדולה.

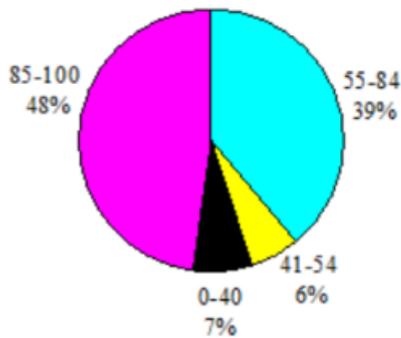
### סעיף ו'

חומצת השומן המיריסטית מתמוססת בהקסאן,  $\text{C}_6\text{H}_{14(l)}$ . בין המולקולות של חומצת השומן המיריסטית יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. במולקולות של חומצת השומן המיריסטית יש חלק הידרופובי גדול יחסית (או: שייר פחמימני גדול או: שרשרת אטומי פחמן ארוכה) וחלק הידרופילי קטן. בין השיירים הפחמימניים נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס. השייר הפחמימני מפריע ליצירת קשרי מימן עם מולקולות המים. לכן המסיסות של חומצת השומן המיריסטית במים נמוכה מאוד. לעומת זאת, בין מולקולות ההקסאן, יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד. חלק מאינטראקציות ון-דר-ולס מתפרקים, ונוצרו אינטראקציות ון-דר-ולס חדשות בין מולקולות ההקסאן לבין מולקולות חומצת השומן המיריסטית. לכן חומצת השומן המיריסטית מתמוססת בהקסאן.

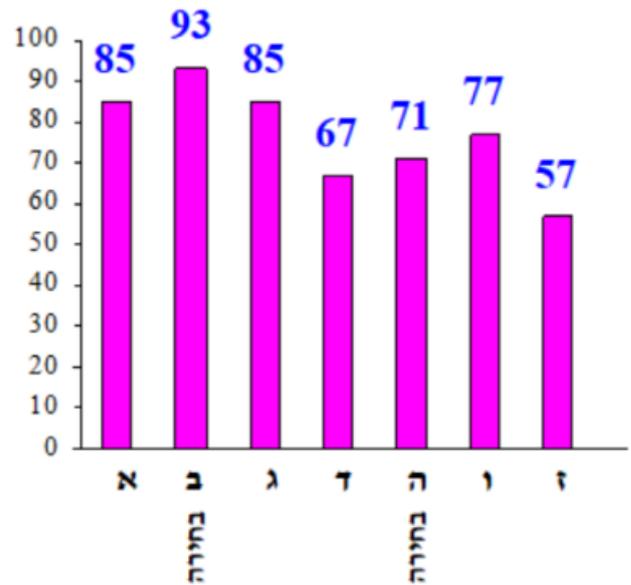
## ניתוח שאלה 12 חומצות ובסיסים, חישובים

### שאלון 037381

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 84% מהתלמידים

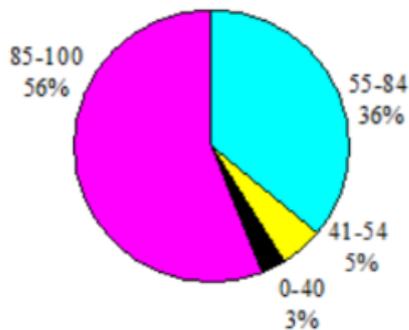


**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 77**  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

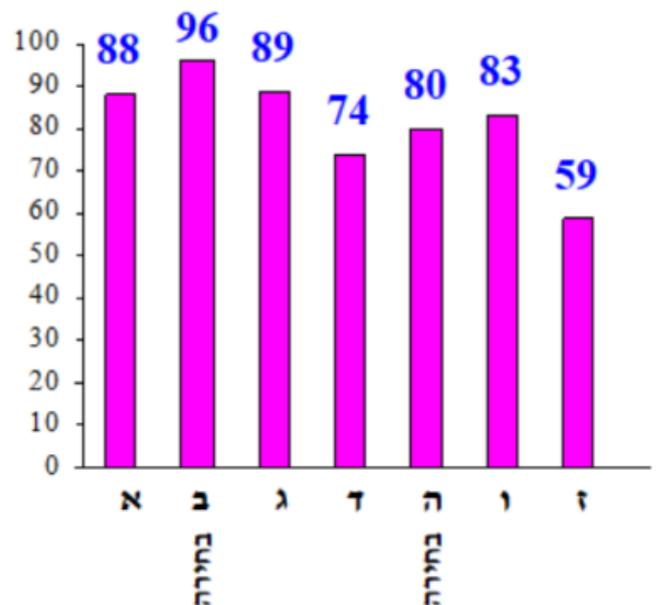


### שאלון 037387

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 78% מהתלמידים



**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 81**  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



## רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

רמת חשיבה לפי בלום	סעיף
הבנה	א
יישום	ב (בחירה)
הבנה	ג
הבנה	ד
יישום	ה (בחירה)
יישום	ו
יישום	ז

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לנסח תגובה של חומר מולקולרי עם מים ליצירת תמיסה חומצית.
- ◀ לנסח תגובת ההמסה של בסיס שהוא חומר יוני.
- ◀ לנסח תגובת סתירה.
- ◀ לבצע חישובים סטויכיומטריים:
  - חישוב מספר המולים של החומר המומס על פי ריכוז התמיסה ונפח התמיסה הנתונים.
  - חישוב המסה המולרית של החומר.
  - חישוב המסה של החומר המומס על פי מספר המולים שלו בתמיסה והמסה המולרית שלו.
  - חישוב מספר המולים של יוני הידרוניום ויוני הידרוקסיד שהגיבו בתגובת הסתירה.
  - חישוב הריכוז המולרי של נתרן הידרוקסידי בתמיסת מסיר השומנים על פי נפח התמיסה ומספר המולים של נתרן הידרוקסידי בתמיסת מסיר השומנים.
- ◀ לזהות קבוצות פונקציונליות בייצוג מלא לנוסחת מבנה של מולקולת תרכובת פחמן.
- ◀ לקבוע אילו קבוצות פונקציונליות מאפשרות לחומצת לימון להגיב כחומצה.
- ◀ לקבוע את תחום ה-pH של התמיסה החומצית על פי נוכחות יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , בתמיסה זו.
- ◀ לקשר בין ריכוז יוני הידרוניום בתמיסה לבין pH התמיסה.

### פתיח לשאלה

- רבים מחומרי הניקוי לשימוש ביתי מכילים חומצות או בסיסים.  
כדי להכין נוזל מסוים לניקוי אסלות מערבבים מים ומימן כלורי,  $\text{HCl}(\text{g})$ .

**סעיף א' (הציון בשאלון 037381 85)**

**(הציון בשאלון 037387 88)**

נסחו את התגובה של  $\text{HCl}(\text{g})$  עם מים.

## התשובה

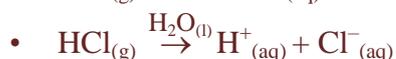
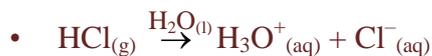


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

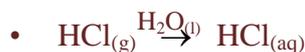
## ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים נסחו נכון את התגובה של  $\text{HCl}_{(g)}$  עם מים. יחד עם זאת אותרו טעויות:

- ניסוחים שגויים הנובעים מחוסר ידע והבנה של מהלך התגובה בין מים לגז מימן כלורי שהוא חומר מולקולרי המגיב עם מים. התייחסות למים כאל ממס בלבד:

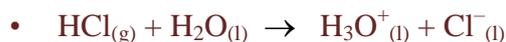


- ניסוח המתאים להמסה במים של חומר מולקולרי שלא מגיב עם מים:



- אי-ציון של מטעני היונים או רישום מטענים שגועים.

- אי-רישום מצבי צבירה ומצבי הופעה או רישום מצבי צבירה ומצבי הופעה שגויים:



**סעיף ב' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 93)**

**(הציון בשאלון 037387 96)**

הריכוז של  $\text{HCl}_{(aq)}$  בנוזל מסוים לניקוי אסלות הוא 2.5M.

חשבו מהי מסת המימן הכלורי,  $\text{HCl}_{(g)}$ , שיש ב- 100 מ"ל של נוזל זה. **פרטו את חישוביכם.**

## התשובה

נפח התמיסה: 0.1 liter

ריכוז התמיסה:  $2.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$

מספר המולים:  $0.1 \text{ liter} \times 2.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.25 \text{ mol}$

המסה המולרית של  $\text{HCl}_{(g)}$ :  $36.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

המסה של  $\text{HCl}_{(g)}$ :  $0.25 \text{ mol} \times 36.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 9.125 \text{ gr}$

HCl	יחידות	גדלים
2.5	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$ (M)	ריכוז מולרי של $\text{HCl}_{(\text{aq})}$
0.1	liter	נפח התמיסה של $\text{HCl}_{(\text{aq})}$
0.25	mol	מספר מולים של $\text{HCl}_{(\text{g})}$
36.5	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית של $\text{HCl}_{(\text{g})}$
<b>9.125</b>	gr	מסה נדרשת של $\text{HCl}_{(\text{g})}$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד בשני השאלונים. רוב התלמידים בחרו בסעיף בחירה זה. כמעט כל התלמידים ביצעו נכון את החישובים הנדרשים.

הופיעו טעויות מעטות בחישוב המסה המולרית של  $\text{HCl}_{(\text{g})}$  ומספר המולים שלו בתמיסה.

### שאלה לתרגול

ערכו שני ניסויים. בכל אחד מן הניסויים לקחו 200 מ"ל תמיסה.

בניסוי הראשון התמיסה התקבלה בתהליך ההמסה במים של 2 גרם מימן ברומי,  $\text{HBr}_{(\text{g})}$ .

בניסוי השני התמיסה התקבלה בתהליך ההמסה במים של 2 גרם חומצה גופרתית,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{l})}$ .

א. חשבו את הריכוז המולרי של  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$  בתמיסה שהתקבלה בניסוי הראשון. **פרטו את חישוביכם.**

ב. קבעו אם הריכוז של  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ , בתמיסה שהתקבלה בניסוי השני, גבוה מהריכוז של  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$  בתמיסה שהתקבלה בניסוי הראשון, נמוך ממנו או שווה לו. **נמקו את קביעתכם.**

ג. קבעו אם ערך ה-pH של תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ , גבוה מערך ה-pH של תמיסת  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ , נמוך ממנו או שווה לו. **נמקו את קביעתכם.**

### התשובה

#### סעיף א'

$$81 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$\frac{2 \text{ gr}}{81 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.025 \text{ mol}$$

$$\frac{0.025 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = \mathbf{0.125} \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$$

המסה המולרית של  $\text{HBr}_{(\text{g})}$ :

מספר המולים של  $\text{HBr}_{(\text{g})}$ :

נפח התמיסה: 0.2 liter

הריכוז המולרי של  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ :

סעיף ב'

קביעה:

הריכוז של  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$  בתמיסה שהתקבלה בניסוי השני, נמוך מהריכוז של  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$  בתמיסה שהתקבלה בניסוי הראשון.

נימוק:

$$98 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \quad \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{l})} \text{ של המסה המולרית של}$$

$$\frac{2 \text{ gr}}{98 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.02 \text{ mol} \quad \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{l})} \text{ של מספר המולים של}$$

נפח התמיסה: 0.2 liter

$$\frac{0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)} \quad \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} \text{ של הריכוז המולרי של}$$

או הסבר מילולי:

המסה המולרית של חומצה גופרתית גדולה משל חומצת מימן ברומי. המסה של שתי החומצות זהה בשני הניסויים. לכן מספר המולים של החומצה הגופרתית קטן יותר. הנפח של שתי התמיסות זהה. לכן הריכוז של החומצה הגופרתית בתמיסה נמוך יותר.

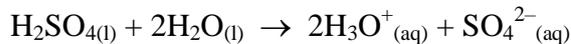
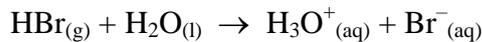
סעיף ג'

קביעה:

ערך ה-pH של תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ , נמוך מערך ה-pH של תמיסת  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ .

נימוק:

התגובות עם המים של  $\text{HBr}_{(\text{g})}$  ו- $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{l})}$ :



ערך ה-pH של התמיסה הוא פונקציה של ריכוז יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ , בתמיסה.

ככל שריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה גבוה יותר, ערך ה-pH של התמיסה נמוך יותר.

בניסוי הראשון ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה שווה לריכוז  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$  (לפי יחס המולים) והוא 0.125M.

בניסוי השני ריכוז בתמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$  הוא 0.1M, אך ריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה זו (לפי יחס המולים) הוא 0.2M.

ניתן לסכם את החישובים בסעיפים א'-ג' בטבלה:

גדלים	יחידות	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
המסה של החומר המומס	gr	2	2
המסה המולרית של החומר המומס	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	81	98
מספר המולים של החומר המומס	mol	0.025	0.02
נפח התמיסה	liter	0.2	0.2
הריכוז המולרי של החומצה	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$ (M)	0.125	0.1
הריכוז המולרי של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$ (M)	0.125	0.2

ככל שריכוז יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  בתמיסה גבוה יותר, ערך ה-pH של התמיסה נמוך יותר.

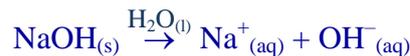
לכן ערך ה-pH של תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ , נמוך מערך ה-pH של תמיסת  $\text{HBr}(\text{aq})$ .

**סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 85)**

**(הציון בשאלון 037387 89)**

מסיר שומנים מסוים הוא תמיסה מימית המכילה נתרן הידרוקסידי. נסחו את תגובת ההמסה של נתרן הידרוקסידי,  $\text{NaOH}(\text{s})$ , במים.

**התשובה**



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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים ניסחו נכון את תגובת ההמסה במים של בסיס שהוא חומר יוני. יחד עם זאת אותרו טעויות אופייניות אחדות:

- ♦ ניסוח המתאים להמסה במים של חומר מולקולרי:
  - $\text{NaOH}(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{NaOH}(\text{aq})$
- ♦ אי-ציון של מטעני היונים או רישום מטענים שגועים:
  - $\text{NaOH}(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{Na}(\text{aq}) + \text{OH}(\text{aq})$
  - $\text{NaOH}(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{Na}^-(\text{aq}) + \text{OH}^+(\text{aq})$
- ♦ אי-רישום  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  על החץ.
- ♦ רישום מים במגיבים:
  - $\text{NaOH}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- ♦ אי-רישום מצבי צבירה ומצבי הופעה או רישום מצבי צבירה ומצבי הופעה שגויים.

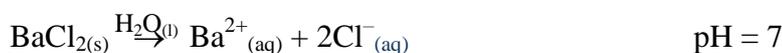
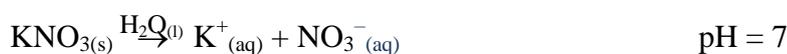
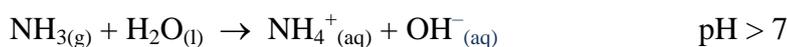
**שאלה לתרגול**

נסחו את תגובות ההמסה במים של החומרים הבאים:



קבעו את תחום ה-pH של כל אחת מן התמיסות המתקבלות (גבוה מ-7, שווה ל-7 או נמוך מ-7).

**התשובה**



**סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 67)**

**(הציון בשאלון 037387 74)**

כדי לקבוע את הריכוז של  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בתמיסת מסיר השומנים הוסיפו לתמיסה חומצה גופרתית,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$ . רשמו ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה.

### התשובה



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני בשני השאלונים. חלק מהתלמידים התקשו לנסח תגובת סתירה. הטעויות האופייניות:

- ♦ רישום נוסחאות אמפיריות של החומרים בניסוח התגובה "המולקולרי":
- $2\text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- $\text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow 2\text{Na}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- ♦ חוסר הבחנה בין ניסוח נטו של תגובת סתירה לבין ניסוח יוני כולל של תגובה זו:
- $2\text{Na}^+_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow 2\text{Na}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- ♦ ניסוחים המצביעים על אי-הבחנה בין מספר המולים של כל חומר בניסוח לבין המקדמים בניסוח התגובה:
- $2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$
- ♦ איזון שגוי של ניסוחים:
- $2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- $2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- ♦ אי-רישום מצבי צבירה ומצבי הופעה או רישום מצבי צבירה ומצבי הופעה שגויים:
- $\text{H}_3\text{O}^+_{(l)} + \text{OH}^-_{(l)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(aq)}$

### שאלות לתרגול

#### שאלה 1

ארבע קבוצות תלמידים ביצעו ניסוי בשיעור מעבדה: לתמיסה מימית של בריום הידרוקסיד,  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$ , הוסיפו תמיסה מימית של חומצה חנקתית,  $\text{HNO}_{3(aq)}$ .

תמיסת $\text{HNO}_{3(aq)}$		תמיסת $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$		קבוצה
נפח התמיסה	ריכוז התמיסה	נפח התמיסה	ריכוז התמיסה	
100 ml	1M	50 ml	1M	1
200 ml	1M	100 ml	1M	2
50 ml	1M	50 ml	1M	3
100 ml	1M	25 ml	1M	4

כל קבוצה התבקשה לבדוק את תחום ה-pH של התמיסה שהתקבלה בתגובה בין התמיסות, ולרשום ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה.

בדיון המסכם בכיתה כל קבוצת תלמידים הציגה את עבודתה. התוצאות רוכזו בטבלה:

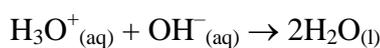
ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה בניסוי - כפי שנרשם ע"י הקבוצה	תחום ה-pH של התמיסה שהתקבלה בניסוי	תמיסת HNO <sub>3(aq)</sub>		תמיסת Ba(OH) <sub>2(aq)</sub>		קבוצה
		נפח התמיסה	ריכוז התמיסה	נפח התמיסה	ריכוז התמיסה	
$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	ניטרלי	100 ml	1M	50 ml	1M	1
$2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	ניטרלי	200 ml	1M	100 ml	1M	2
$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{OH}^-(\text{aq})$	בסיסי	50 ml	1M	50 ml	1M	3
$2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	חומצי	100 ml	1M	25 ml	1M	4

א. קבעו עבור ניסוח נטו שנרשם ע"י כל אחת מן הקבוצות אם הוא נכון או לא נכון.

ב. הסבירו עבור כל אחד מן הניסוחים השגויים מהי הטעות של תלמידי קבוצה זו.

### התשובה

ניסוח נטו של תגובת סתירה (כמו של כל תגובה אחרת) מציג רק את החלקיקים שהשתנו במהלך התגובה, על פי יחס המולים של המגיבים והתוצרים. המקדמים המספריים בניסוח התגובה נקבעים לפי היחס הפשוט ביותר. התלמידים שטעו לא הפנימו את ההגדרה של ניסוח נטו – בכל הקבוצות ניסוח נטו זהה והוא:



**קבוצה 1:** הניסוח נכון.

**קבוצה 2:** הניסוח אינו נכון. תלמידי קבוצה זו החליטו שבניסוי שלהם מספר כל סוגי היונים במגיבים כפול מזה שבניסוי של קבוצה 1, ולכן יש לרשום ניסוח עם המקדמים הכפולים.

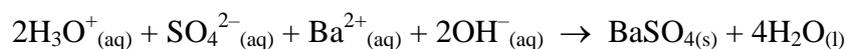
**קבוצה 3:** הניסוח אינו נכון. תלמידי קבוצה זו החליטו שיש לרשום יוני  $\text{OH}^-(\text{aq})$  בתוצרים כי חלק מיונים אלה נשאר בעודף.

**קבוצה 4:** הניסוח אינו נכון. תלמידי קבוצה זו החליטו שיש לרשום יוני  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  בתוצרים כי חלק מיונים אלה נשאר בעודף.

### שאלה 2

בתגובה בין תמיסה מימית של חומצה גופרתית,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ , ותמיסה מימית של בריום הידרוקסיד,  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ , נוצר מלח בריום גופרתי,  $\text{BaSO}_{4(\text{s})}$ , קשה תמס. רשמו את ניסוח התגובה שהתרחשה.

### התשובה



**סעיף ה' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 71)**

**(הציון בשאלון 037387 80)**

נדרשו 12.5 מ"ל תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$  בריכוז 1M לתגובה מלאה עם 20 מ"ל מתמיסת מסיר השומנים. חשבו את הריכוז המולרי של  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$  בתמיסת מסיר השומנים. **פרטו את חישוביכם.**

### התשובה

חישוב מספר המולים של  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ :  $1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.0125 \text{ liter} = 0.0125 \text{ mol}$

יחס המולים בין חומצה גופרתית לבין יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ , הוא 1:2.

חישוב מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ :  $0.0125 \text{ mol} \times 2 = 0.025 \text{ mol}$

יחס המולים בין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  לבין יוני הידרוקסיד,  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ , בתגובת סתירה הוא 1:1.

מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ :  $0.025 \text{ mol}$

יחס המולים בין יוני הידרוניום לנתרן הידרוקסידי הוא 1:1.

ריכוז התמיסה של נתרן הידרוקסידי:  $\frac{0.025 \text{ mol}}{0.02 \text{ liter}} = 1.25 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$

### או פתרון בעזרת טבלאות

גזלים	יחידות	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$	$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$
יחס המולים בניסוח התגובה		2	1
מספר מולים	mol	0.025	0.0125
נפח התמיסה	liter		0.0125
ריכוז מולרי	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$ (M)		1

### תגובת הסתירה



גזלים	יחידות	$\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
יחס המולים בניסוח התגובה		1	1
מספר מולים של יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	mol	0.025	0.025

המסת נתון הידרוקסידי במים :



גדלים	יחידות	$\text{OH}^-_{(aq)}$	$\text{NaOH}_{(s)}$
יחס המולים בניסוח התגובה		1	1
מספר מולים	mol	0.025	0.025
נפח התמיסה	liter		0.02
ריכוז מולרי	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$		1.25

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

### ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני בשני השאלונים. מעט תלמידים בחרו בסעיף בחירה זה. חלק מהתלמידים התקשו לחשב את הריכוז המולרי של  $\text{NaOH}_{(aq)}$  בתמיסת מסיר השומנים. הטעויות האופייניות :
- אי-התייחסות לכך שיחס המולים בין חומצה גופרתית לבין יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ , הוא 1:2, וחישוב לפי היחס 1:1.
  - טעות ברישום הערכים של נפח תמיסה - הצבת נפח במ"ל במקום לעבור לליטרים.

### שאלה לתרגול

לתגובה מלאה עם 50 מ"ל תמיסת חומצה חנקתית,  $\text{HNO}_3_{(aq)}$ , בריכוז 0.2M, נדרשו 40 מ"ל תמיסת בריום הידרוקסיד,  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$ . חשבו את הריכוז המולרי של תמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$ . **פרטו את הישוביכם.**

### התשובה

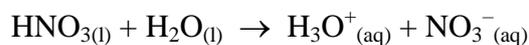
$$0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.05 \text{ liter} = 0.01 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{HNO}_3_{(aq)}$ :

ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה :



יחס המולים בין חומצה חנקתית לבין יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ , הוא 1:1.



תגובה של חומצה חנקתית עם מים :

לכן מספר המולים של יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  בתמיסת  $\text{HNO}_3_{(aq)}$  : 0.01 mol

יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$  לבין יוני הידרוקסיד,  $\text{OH}^-_{(aq)}$ , בתגובת סתירה הוא 1:1.

לכן מספר המולים של יוני  $\text{OH}^-_{(aq)}$  בתמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$  : 0.01 mol

יחס המולים בין בריום הידרוקסיד ליוני הידרוקסיד הוא 2:1.



המסת בריום הידרוקסיד במים :

$$0.005 \text{ mol}$$

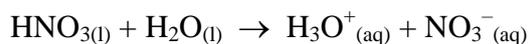
לכן מספר המולים של בריום הידרוקסיד בתמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$  :

$$\frac{0.005 \text{ mol}}{0.04 \text{ liter}} = 0.125 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$$

ריכוז התמיסה של בריום הידרוקסיד :

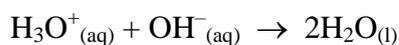
## או פתרון בעזרת טבלאות

תגובה של חומצה חנקתית עם מים:



$\text{HNO}_3(\text{aq})$	$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	יחידות	גדלים
1	1		יחס המולים בניסוח התגובה
0.01	0.01	mol	מספר מולים
0.05		liter	נפח התמיסה
0.2		$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$ (M)	ריכוז מולרי

תגובת הסתירה:



$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	$\text{OH}^-(\text{aq})$	יחידות	גדלים
1	1		יחס המולים בניסוח התגובה
0.01	0.01	mol	מספר מולים של יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$

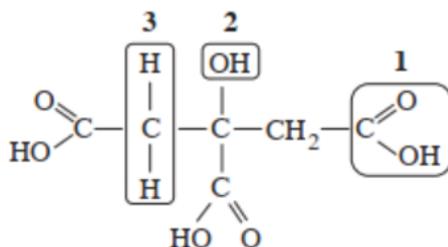
המסת בריום הידרוקסידי במים:



$\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{s})$	$\text{OH}^-(\text{aq})$	יחידות	גדלים
1	2		יחס המולים בניסוח התגובה
0.005	0.01	mol	מספר מולים
0.04		liter	נפח התמיסה
0.125		$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$ (M)	ריכוז מולרי

## פתיח לסעיפים ו-ז

לפניכם ייצוג מלא של נוסחת מבנה של מולקולת חומצת לימון, ובו מסומנות שלוש קבוצות אטומים 3-1.



**סעיף ו' (הציון בשאלון 037381 77)**

**(הציון בשאלון 037387 83)**

מבין קבוצות האטומים 1, 2, 3 במולקולה זו, קבעו איזו קבוצה מאפשרת לחומצת הלימון להגיב כחומצה.

### התשובה

קבוצה 1

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני בשאלון 037381 וציון גבוה בשאלון 037387. חלק מהתלמידים לא הצליחו לזהות את קבוצה המאפשרת לחומצת הלימון להגיב כחומצה ובחרו בקבוצה 2 או בקבוצה 3, למרות שהתלמידים חייבים להכיר את הקבוצות הפונקציונליות האלה.

### שאלה לתרגול

חומצה טרטריית מופיעה בטבע בצמחים רבים, כגון ענבים, בננות, תמר הודי. חומצה זו מוספת למזונות כדי לתת להם טעם חמוץ. לפניכם ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של חומצה טרטריית:  $\text{HOOC-CHOH-CHOH-COOH}$

א. רשמו ייצוג מלא לנוסחת המבנה של מולקולת חומצה טרטריית.

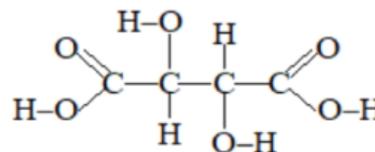
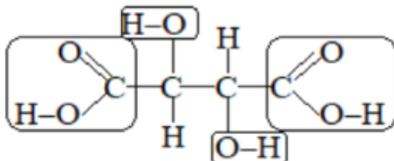
ב. סמנו את הקבוצות הפונקציונליות בנוסחה שרשמם בסעיף א'.

ג. כתבו את השמות של הקבוצות הפונקציונליות שסימנתם בסעיף ב'.

ד. הסבירו מדוע מוסיפים חומצה טרטריית למזונות כדי לתת להם טעם חמוץ.

### התשובה

סעיפים א'-ב'



סעיף ג'

-COOH חומצה קרבוקסילית

-OH כוהל

סעיף ד'

חומצה טרטריית נותנת למזונות טעם חמוץ כי בכל מולקולה שלה יש שתי קבוצות פונקציונליות של חומצה קרבוקסילית.

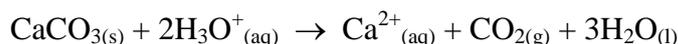
**סעיף ז' (הציון בשאלון 037381 57)**

**(הציון בשאלון 037387 59)**

חומצת לימון יכולה לשמש להסרת אבנית שמצטברת במכשירים ביתיים שונים.

המרכיב העיקרי של אבנית הוא סידן פחמתי,  $\text{CaCO}_3(s)$ .

המיסו חומצת לימון במים ונוצרה תמיסה. את התמיסה שפכו לתוך קומקום שהצטברה בו אבנית. נתון ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה:



קבעו אם בתום התגובה שהתרחשה בקומקום ערך ה-pH של התמיסה היה גבוה מערך ה-pH של תמיסת חומצת הלימון שהכינו, נמוך ממנו או שווה לו. **נמקו את קביעתכם.**

### התשובה

**קביעה:** ערך ה-pH גבוה יותר.

**נימוק:**

(ככל שריכוז יוני ההידרוניום נמוך יותר ה-pH גבוה יותר.)

יוני ההידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ , שמקורם בחומצת הלימון הגיבו עם האבנית (הסידן הפחמתי). לכן ריכוזם ירד.

**או:** בסיום התגובה ריכוז יוני ההידרוניום נמוך יותר מריכוזם בתמיסה שהכינו.

(לכן ה-pH בתום התגובה היה גבוה מה-pH של התמיסה המקורית.)

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך בשני השאלונים. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להעריך את השתנות ה-pH התמיסה. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

- ◆ קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
- "pH ירד משום שמוסיפים חומצה לחומצה."
- "לא היה שינוי ב-pH התמיסה, כי לא היה מעבר פרוטון."
- "ערך ה-pH לא השתנה כי הוסיפו מוצק ניטרלי שלא השפיע על pH התמיסה."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי ללא התייחסות לריכוז יוני ההידרוניום בתמיסה:
- "ערך ה-pH היה גבוה יותר, כי התרחשה תגובת סתירה מלאה ו-pH התמיסה יגיע ל-7."
- "ערך ה-pH היה גבוה יותר, כי בתוצרים כבר לא היה חומר חומצי."
- "ערך ה-pH היה גבוה יותר, כי בסוף נוצרו מולקולות מים."
- ◆ קביעת השינוי של ערך ה-pH ללא התייחסות לנתונים כמותיים. התייחסות לתגובה הנתונה כאל התגובה שהתרחשה עד תום ללא התייחסות לנתוני השאלה.
- ◆ קביעת השינוי של ערך ה-pH על פי שינוי מספר המולים של יוני ההידרוניום במקום על פי שינוי הריכוז של יוני ההידרוניום.

### שאלה לתרגול

תמיסה של חומצה טרטריית,  $\text{HOOC-CHOH-CHOH-COOH}$ , הגיבה עם 16.8 גרם מגנזיום פחמתי,  $\text{MgCO}_{3(s)}$ , על פי התגובה:



- א. קבעו אם בתום התגובה הנתונה ערך ה-pH של התמיסה היה גבוה מערך ה-pH של תמיסת החומצה הטרטרית לפני התגובה, נמוך ממנו או שווה לו. **נמקו את קביעתכם.**
- ב. חשבו את מספר המולים של החומצה הטרטרית שהגיבה בתגובה הנתונה. **פרטו את חישוביכם.**

### התשובה

#### סעיף א'

**קביעה:** ערך ה-pH גבוה יותר.

**נימוק:** ככל שריכוז יוני ההידרוניום נמוך יותר ה-pH גבוה יותר.

יוני ההידרוניום,  $H_3O^+$  (aq), שמקורם בחומצה הטרטרית הגיבו עם  $MgCO_3(s)$ . לכן ריכוזם ירד.

או: בסיום התגובה ריכוז יוני ההידרוניום נמוך יותר מריכוזם בתמיסת החומצה הטרטרית לפני התגובה.

לכן ה-pH בתום התגובה היה גבוה מה-pH של התמיסה המקורית.

#### סעיף ב'

המסה המולרית של  $MgCO_3(s)$ :

$$84 \frac{gr}{mol}$$

$$\frac{16.8 gr}{84 \frac{gr}{mol}} = 0.2 mol$$

מספר המולים של  $MgCO_3(s)$ :

יחס המולים בתגובה הנתונה בין יוני  $H_3O^+$  (aq) לבין  $MgCO_3(s)$  הוא 1:2.

$$0.2 mol \times 2 = 0.4 mol$$

לכן מספר המולים של יוני  $H_3O^+$  (aq) שהגיבו:

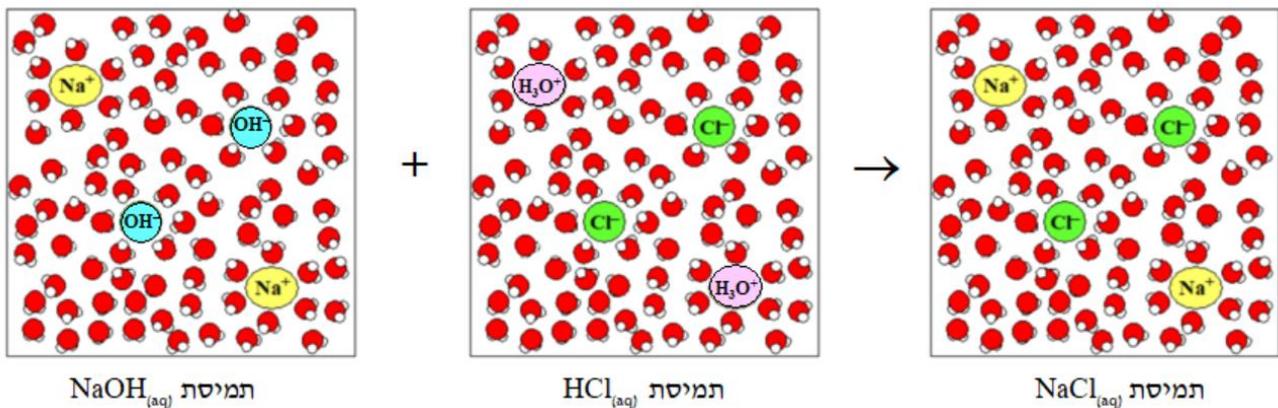
בתהליך ההמסה במים של חומצה טרטרית, מ-1 מול חומצה מתקבלים 2 מול יוני  $H_3O^+$  (aq).

$$\frac{0.4 mol}{2} = 0.2 mol$$

לכן מספר המולים של החומצה הטרטרית שהגיבו:

## המלצות לשאלה 12

- לערוך עם התלמידים ניסוי מעבדה שבו מבצעים את תגובת הסתירה המתוארת בסעיף ד' (ללא עודפים) ולמדוד את pH של כל אחת מתמיסות המגיבים ושל התמיסה הסופית. לאחר מכן מומלץ לבקש מהתלמידים לצייר איורים המציגים את שלושת התמיסות ברמה מיקרוסקופית. דוגמאות לאיורים:



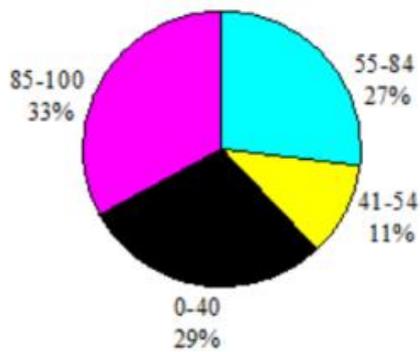
- להבהיר לתלמידים שבתמיסה מימית לא קיים חלקיק  $H^+$  אלא הוא קשור למולקולת מים ומופיע כ-  $H_3O^+$ .

- לתרגל רישום של ניסוח תגובת סתירה, כולל התייחסות לעודפים של חומצה או בסיס בניסויים. מומלץ להבהיר לתלמידים שבמקרה ונשאר עודף של אחד מן המגיבים אין לרשום אותו בניסוח התגובה גם כמגיב וגם כתוצר.
  - לתרגל עם התלמידים רישום ניסוח נטו וניסוח יוני כולל של אותה תגובה, ולדון בהבדלים של ניסוחים אלה.
  - לבצע עם התלמידים משימה: [סקלת pH - מדד לחומציות חומרים](#).
  - להיעזר בחוברת [סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים"](#) ובחוברת המשך בהוראת הנושא ובתרגול. לבצע עם התלמידים משימות דיאגנוסטיות בעזרת ערכות להוראה מותאמת אישית:
  - [מה יש בתמיסה](#) - מטרת המשימה לבדוק לעומק תפיסות שגויות אצל תלמידים בנושאים: חומצות ובסיסים ומבנה וקישור, בהקשר של תמיסות מימיות של חומצה חזקה.
  - [משימה דורשת ריכוז](#) - בדיקת תפיסות שגויות אצל תלמידים בנושא ריכוזים של תמיסת אם ותמיסות שנגזרות מתמיסת אם.
  - [סתירה - מה היא מסתירה?](#) - ערבוב נפחים שונים של תמיסת חומצה עם תמיסת בסיס. לתמיסות ריכוז זהה.
  - להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר [Campus IL](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה קמפוס IL - הרישום חינם), לפרק חומצות ובסיסים.
  - לעבוד עם התלמידים על [סרטונים המציגים את התגובות בחומצות ובסיסים](#) בהתאם לדף התגובות שפורסם על ידי הפיקוח על הוראת הכימיה: [דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור](#) שיינתנו לתלמידים, לפי הצורך, כנתון בשאלות הברורות.
  - לתרגל עם התלמידים תגובות המסה של חומרים יוניים וחומרים מולקולריים לקבלת תמיסות בסיסיות.
  - לתרגל זיהוי של קבוצות פונקציונליות בייצוג מלא לנוסחת מבנה של מולקולות תרכובות פחמן המכילות נוסחאות פונקציונליות שונות.
  - לחדד לתלמידים את ההגדרה של מושג ריכוז והגורמים המשפיעים על ריכוז התמיסה.
  - להיעזר ביישומונים: [תגובות חומצה בסיס](#), [pH scale](#), [מעבדה וירטואלית בנושא חומצות ובסיסים](#), [סולם pH](#).
  - להציג לתלמידים יישומון שהוא [סרט אינטראקטיבי - תגובות חומצה בסיס](#) שאליו מצורפות משימות מתוקשבות.
  - להציג לתלמידים מעבדת היכרות עם חומצות ובסיסים: [מעבדת היכרות עם חומצות ובסיסים Google Slides](#).
  - סרטון המציג שיעור בחומצות ובסיסים [כימיה, כיתות יא-יב - פורטל עובדי הוראה | מרחב פדגוגי](#).
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.1, א.8, א.14, ב.3, ב.10, ב.11, ב.17, ג.4, ג.5, ג.8, ד.3, ה.2, ה.3, ו.5, ו.17. בטבלה בעמ' 5-7.

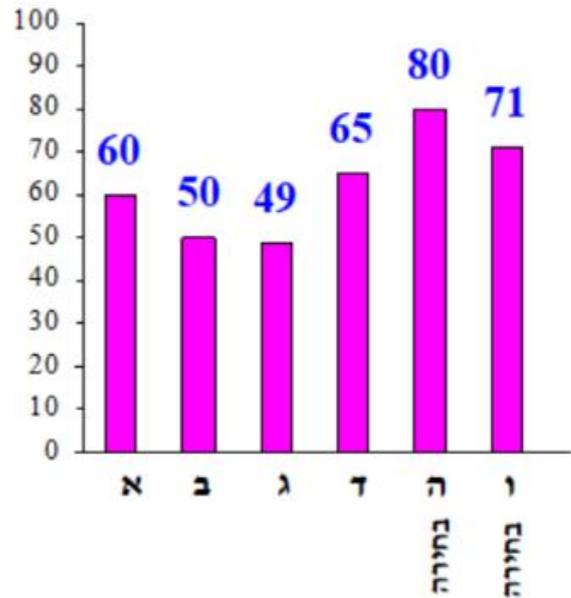
## ניתוח שאלה 13 חמצון-חיזור, מבנה וקישור

### שאלון 037381

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 38% מהתלמידים

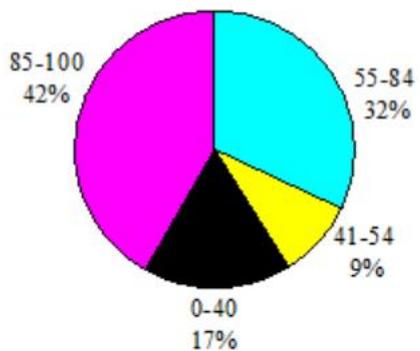


**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 62**  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

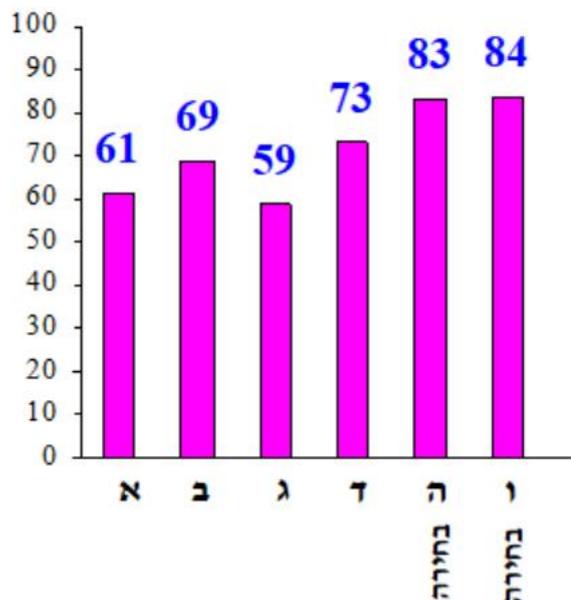


### שאלון 037387

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 34% מהתלמידים



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



### רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לזהות את סוג החומר והמבנה שלו על פי נוסחת החומר.
- לקבוע מוליכות חשמלית של חומרים מסוגים שונים: מתכתי, יוני, אטומרי, על פי תכונותיהם.
- לקבוע שיונים ניידים אחראים למוליכות חשמלית בתמיסה.
- לפרש את תוצאות הניסויים על פי התיאור המילולי של הניסויים.
- לקבוע על פי תיאור השינויים הנצפים בניסוי אם תתרחש תגובה בין מתכת ליונים ממוימים של מתכת אחרת.
- לרשום ניסוח נטו של תגובת חמצון-חיזור בין מתכת ליונים ממוימים של מתכת אחרת.
- לסדר את המתכות על פי הכושר היחסי שלהן לחזור, בהתבסס על תוצאות הניסויים.
- לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולות וביונים רב-אטומיים על פי הכללים.
- להבחין בין המושגים: מחמצן, מחזור, חמצון, חיזור, תוצר חמצון, תוצר חיזור.
- לקבוע מהו החלקיק המחמצן ומהו החלקיק המחזור, ומהו החומר המחמצן ומהו החומר המחזור.

### פתיח לשאלה

נערכו ניסויים עם מתכות ותמיסות יוניות.

המתכות הן:

נחושת,  $\text{Cu}_{(s)}$ , כסף,  $\text{Ag}_{(s)}$ , ברזל,  $\text{Fe}_{(s)}$ , מגנזיום,  $\text{Mg}_{(s)}$ .

היונים החיוביים בתמיסות הם:

יוני נחושת,  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ , יוני כסף,  $\text{Ag}^{+}_{(aq)}$ , יוני ברזל,  $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$ , יוני מגנזיום,  $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$ , יוני הידרוניום,  $\text{H}_3\text{O}^{+}_{(aq)}$ .

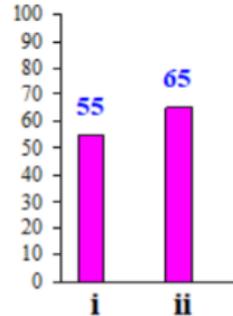
**נתונים:**

– תמיסה מימית של כסף חנקתי,  $\text{AgNO}_{3(aq)}$ , שהיא חסרת צבע.

– סליל נחושת,  $\text{Cu}_{(s)}$ , שצבעו חום-כתום.

**סעיף א' (הציון בשאלון 037381 60)****(הציון בשאלון 037387 61)**

בבדיקת מוליכות חשמלית נמצא שגם סליל הנחושת וגם התמיסה מוליכים חשמל.

**תת-סעיף i (הציון בשאלון 037381 55)**

הסבירו מדוע סליל הנחושת מוליך חשמל.

**התשובה**

(תנאי למוליכות חשמלית הוא הימצאות מטענים חשמליים ניידים.)

נחושת מוליכה חשמל כי היא מתכת המכילה אלקטרונים בלתי מאותרים (או אלקטרונים ניידים).

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא שתלמידים מתארים את מבנה המתכת ברמה מיקרוסקופית, אך לא מסבירים ממה נובעת המוליכות החשמלית. הטעויות האופייניות:

- ♦ ציון סוג החומר במקום הסבר מיקרוסקופי למוליכות החשמלית:
- "נחושת היא מתכת, לכן היא מוליכה חשמל."
- ♦ תיאור מבנה הנחושת כמבנה של חומר יוני:
- "נחושת היא מוליכה חשמל כי היא חומר יוני. יונים טעונים מוליכים חשמל."
- ♦ ציון חלקיקים שלא מתאימים למבנה המתכת:
- "למתכת יש מטענים." - ללא ציון אילו מטענים.
- "מתכת מכילה יונים ניידים." - במקום אלקטרונים בלתי מאותרים (או אלקטרונים ניידים).
- "במתכת יש אלקטרונים." - במקום אלקטרונים בלתי מאותרים (או אלקטרונים ניידים).
- "מתכת מכילה אלקטרונים חופשיים." - במקום אלקטרונים בלתי מאותרים (או אלקטרונים ניידים).

**המלצות**

- להיעזר בחוברת [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#) ובחוברת המשך.
- לחזור על שאלה לתרגול ניתוח בחינת בגרות 2023 שאלה 10 סעיף א' - [חוברות ניתוח בגרות](#).
- להשתמש בערכה להוראה מותאמת אישית: הערכה בודקת תפיסות שגויות וקשיים אצל התלמידים בנושא

הולכת חשמל במוצקים .

- לתרגל תיאור של חומרים שונים, כולל מתכות, ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית.
- להיעזר בנספח לסילבוס: המונחון לנוסחאות של חומרים (מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל), וב-דוגמאות נוספות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות - דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות - דוגמאות להעשרה.

ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.2, ב.2, ב.5, ב.12, ג.9 בטבלה בעמ' 5-8.

**תת-סעיף ii (הציון בשאלון 037381 65)**

הסבירו מדוע תמיסת הכסף החנקתי מוליכה חשמל.

**התשובה**

תנאי למוליכות חשמלית הוא הימצאות מטענים חשמליים ניידיים. תמיסת כסף חנקתי מוליכה חשמל כי היא מכילה יונים (ממוימים) ניידיים.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני. התלמידים שטעו לא הפנימו מהם החלקיקים האחראים למוליכות חשמלית של תמיסה מימית של חומר יוני. רוב הטעויות נובעות מחוסר ידע והבנה מה הם התנאים למוליכות חשמלית בתמיסה, ומחוסר הבנה של המבנה המיקרוסקופי של התמיסה המימית של חומר יוני. הטעויות האופייניות:

- ◆ חוסר התייחסות לניידות היונים:
- "בתמיסה זו יש יונים חיוביים ויונים שליליים, ולכן התמיסה מוליכה חשמל."
- ◆ בלבול בין מוליכות חשמלית בתמיסה לבין מוליכות חשמלית במתכת, בלבול בין יונים ניידיים לאלקטרונים ניידיים:
- "בשל נוכחות היונים, בתמיסה יש תנועה של אלקטרונים המאפשרות מוליכות חשמלית."
- ◆ קביעה שמוליכות חשמלית בתמיסה נגרמת על ידי תנועה של יונים שליליים בלבד.
- "בתמיסה יש יונים שליליים, לכן היא מוליכה חשמל."

**המלצות**

- ללמד את התלמידים כיצד לקבוע ולהסביר מוליכות חשמלית של חומרים יוניים בתמיסה מימית.
- להקרין לתלמידים סרטון המסת מלח והולכת זרם בתמיסה מימית של מלח בסרטון יש התייחסות מאקרוסקופית ומיקרוסקופית להמסת מלח במים וכן למוליכות חשמלית של מלח.
- לתרגל שאלות מלומדה של מבנה וקישור: חומרים יוניים - מבנה וקישור. הלומדה מאפשרת לימוד פעיל, אינטראקטיבי ועצמאי.
- לבצע את המשימה הדיאגנוסטית - הפעילות הולכת חשמל בחומר יוני.
- למלא עם התלמידים טבלה הנמצאת בעמודים 23-24 בחוברת סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור".
- להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר Campus II (השימוש בקורס מחייב הרשמה קמפוס IL - הרישום חינם), לפרק 5 - "סריגים" הן במוליכות חשמלית של חומרים אטומריים, חומרים יוניים וחומרים מתכתיים.
- לבנות עם התלמידים את הטבלה הבאה ולדון בה:

חלקיקים ה"אחראים" למוליכות חשמלית בחומרים ובתמיסות

דוגמאות	חלקיקים ה"אחראים" למוליכות חשמלית	סוג החומר או התמיסה	
		מוצק	חומר מתכתי
$K_{(s)} \quad Fe_{(s)} \quad Cu_{(s)}$	אלקטרונים ניידים	נוזל	חומר יוני במצב נוזל
$K_{(l)} \quad Fe_{(l)} \quad Cu_{(l)}$			
$KBr_{(s)} \rightarrow K^+_{(l)} + Br^-_{(l)}$	יונים ניידים		תמיסה מימית של חומר יוני
$KBr_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$	יונים ממוימים ניידים		תמיסה המכילה תוצרי תגובת חומצה בסיס של חומר מולקולרי עם מים
$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ $NH_3_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NH_4^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	יונים ממוימים ניידים		חומר אטומרי מוצק (חומרים כאלה כמעט ולא קיימים במצב נוזל)
גרפיט $C$	אלקטרונים מיידיים		

ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' 8.א, 2.ב, 8.ב, 12.ג, ו.13 בטבלה בעמ' 5-8.

## שאלות לתרגול לסעיף א'

### שאלה 1

לפניכם חמישה היגדים V-I:

- I. חומר יוני לא מוליך חשמל במצב צבירה מוצק כי במצב זה אין יונים.
- II. החומר אלומיניום כלורי,  $AlCl_3$ , מוליך חשמל במצב צבירה נוזל כי הוא מכיל מתכת.
- III. כל תמיסה מוליכה חשמל.
- IV. מתכת מוליכה חשמל בזכות התנועה המכוונת של יונים שליליים.
- V. מתכת מוליכה חשמל בזכות התנועה המכוונת של אלקטרונים ניידים.
  - א. עבור כל אחד מן ההיגדים קבעו אם הוא נכון או לא נכון.
  - ב. הסבירו את ההיגדים הנכונים ותקנו את ההיגדים השגויים.

## התשובה

### סעיפים א-ב

#### I היגד

ההיגד שגוי. חומר יוני לא מוליך חשמל במצב צבירה מוצק כיוון שהיונים בו קשורים בקשרים יוניים חזקים שאינם מאפשרים ניידות של היונים.

#### II היגד

ההיגד שגוי. אלומיניום כלורי הוא חומר יוני שמוליך חשמל במצב צבירה נוזל היות שהקשר בין היונים מתרופף וקיימת ניידות של היונים.

**היגד III**

ההיגד שגוי. רק תמיסה המכילה יונים ניידים מוליכה חשמל.

**היגד IV**

ההיגד שגוי. מתכת מוליכה חשמל בזכות התנועה המכוונת של אלקטרונים ניידים (ולא של יונים שליליים).

**היגד V**

ההיגד נכון. מתכת מוליכה חשמל בזכות התנועה המכוונת של אלקטרונים ניידים.

**שאלה 2**

נתונים שני חומרים: אשלגן, K, ואשלגן יודי, KI.

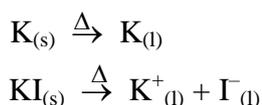
- קבעו אם שני החומרים הנתונים הם מוצקים בתנאי החדר. **נמקו את קביעתכם** בעזרת המבנה החלקיקי של כל אחד מן החומרים.
- קבעו אם שני החומרים הנתונים מוליכים זרם חשמלי בטמפרטורת החדר. **נמקו**.
- נסחו את תהליך ההיתוך של כל אחד מן החומרים הנתונים. הקפידו על איזון נכון של ניסוח התהליך ועל רישום מצבי צבירה מתאימים.
- מכניסים כל אחד משני החומרים לכוס כימית המכיל מים. שני החומרים מתמוססים במים ושתי התמיסות המתקבלות מוליכות חשמל. נסחו את התהליך המתרחש בעת ההמסה במים של כל אחד מן החומרים והסבירו את המוליכות החשמלית של התמיסות.  
היעזרו במסמך: [דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור](#).

**התשובה****סעיף א'**

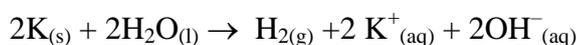
שני החומרים הם מוצקים בתנאי החדר. אשלגן,  $K_{(s)}$ , הוא חומר מתכתי. בין יונים חיוביים לבין אלקטרונים בלתי מאותרים בסריג המתכתי יש משיכה חשמלית חזקה - קשר מתכתי. דרושה אנרגייה רבה כדי לנתק קשר זה. בטמפרטורת החדר אין מספיק אנרגייה כדי לנתק קשר זה, כתוצאה מכך, אשלגן,  $K_{(s)}$ , מוצק בתנאי החדר. אשלגן יודי,  $KI_{(s)}$ , הוא חומר יוני. בין היונים החיוביים לבין היונים השליליים בסריג היוני יש משיכה חשמלית חזקה - קשרים יוניים. דרושה אנרגייה רבה כדי לנתק קשרים אלה. בטמפרטורת החדר אין מספיק אנרגייה כדי לנתק קשרים אלה. כתוצאה מכך, אשלגן יודי,  $KI_{(s)}$ , מוצק בתנאי החדר.

**סעיף ב'**

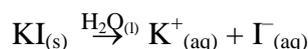
אשלגן,  $K_{(s)}$ , מוליך זרם חשמלי בטמפרטורת החדר כי בסריג המתכתי שלו יש אלקטרונים ניידים. אשלגן יודי,  $KI_{(s)}$ , הוא חומר יוני. בין היונים החיוביים לבין היונים השליליים בסריג היוני יש משיכה חשמלית חזקה (קשרים יוניים), שאינה מאפשרת את תנועת היונים, ולכן אשלגן יודי אינו מוליך זרם חשמלי בטמפרטורת החדר.

**סעיף ג'****סעיף ד'**

אשלגן,  $K_{(s)}$ , מגיב עם מים על פי התגובה:



אשלגן יודי,  $KI_{(s)}$ , הוא חומר יוני קל תמס, הוא מתמוסס במים ומתקבלים יונים ממוימים - כתוצאה מהתרופפות הקשר היוני:



שתי התמיסות המימיות המתקבלות מוליכות זרם חשמלי כי יש בהן יונים ממוימים ניידים.

**סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 50)**

**(הציון בשאלון 037387 69)**

### ניסוי 1

טבלו את סליל הנחושת בתמיסה המימית של כסף חנקתי,  $AgNO_{3(aq)}$ . אחרי זמן מה הבחינו בציפוי כסוף מנצנץ על סליל הנחושת, וצבע התמיסה הפך לתכלת. התגובה התרחשה עד תום. רשמו ניסוח נטו לתגובה שהתרחשה בניסוי 1.

### התשובה

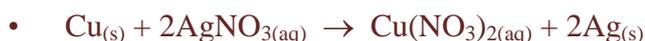


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

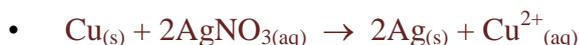
### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך בשאלון 037381 וציון בינוני בשאלון 037387. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע, על פי תיאור השינויים הנצפים בניסוי, איזו תגובה תתרחש בין מתכת ליונים ממוימים של מתכת אחרת, ולרשום ניסוח נטו נכון של התגובה. הטעויות האופייניות:

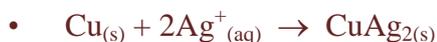
♦ רישום ניסוח מולקולרי במקום ניסוח נטו:



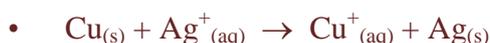
♦ רישום חלק מהניסוח מולקולרי וחלק יוני במקום ניסוח נטו:



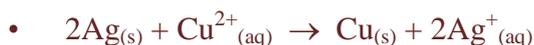
♦ רישום ניסוח שגוי - יצירת סגסוגת:



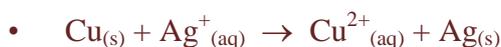
♦ רישום שגוי של מטען יוני נחושת:



♦ רישום ניסוח התגובה בכיוון הפוך:



♦ רישום ניסוח לא מאוזן:



♦ רישום של מטעני היונים מתחת נוסחאות החומרים כמו דרגות חמצון. הדבר מצביע על בלבול בין מטען לדרגת חמצון.

♦ אי-רישום של מצבי צבירה ומצבי הופעה.

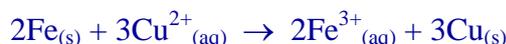
**סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 49)**

**(הציון בשאלון 037387 59)**

## ניסוי 2

הוציאו את סליל הנחושת המצופה מן התמיסה שהתקבלה בניסוי 1, וסיננו אותה להוצאת המוצקים. התקבלה תמיסה צלולה בצבע תכלת. טבלו בתוך התמיסה בצבע תכלת, צמר פלדה המכיל בעיקר ברזל,  $Fe_{(s)}$ . לאחר זמן מה הבחינו בציפוי בגוון חום-כתום על צמר הפלדה ובשינוי בצבע התמיסה. רשמו ניסוח נטו לתגובה שהתרחשה בניסוי 2.

## התשובה

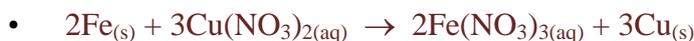


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.

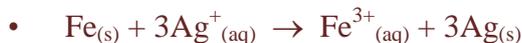
## ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך בשני השאלונים (הציון בשאלון 037387 גבוה יותר). גם בסעיף זה, חלק מהתלמידים לא הצליחו לקבוע, על פי תיאור השינויים הנצפים בניסוי דו-שלבי, איזו תגובה תתרחש בין מתכת ליונים ממוימים של מתכת אחרת, ולרשום ניסוח נטו נכון של התגובה. הטעויות האופייניות:

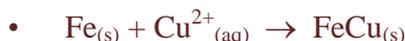
♦ רישום ניסוח מולקולרי במקום ניסוח נטו:



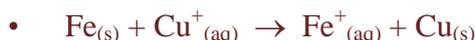
♦ רישום ניסוח התגובה עם יוני כסף במקום יוני נחושת:



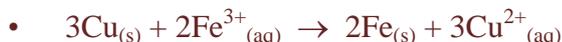
♦ רישום ניסוח שגוי - יצירת סגסוגת:



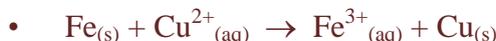
♦ רישום שגוי של מטעני היונים:



♦ רישום ניסוח התגובה בכיוון הפוך:



♦ רישום ניסוח לא מאוזן:



♦ רישום של מטעני היונים מתחת נוסחאות החומרים כמו דרגות חמצון. הדבר מצביע על בלבול בין מטען לדרגת חמצון.

♦ אי-רישום של מצבי צבירה ומצבי הופעה.

## פתיח לסעיפים ד'-ו'

נתונים:

— מי ים המלח עשירים ביוני מגנזיום,  $Mg^{2+}_{(aq)}$ .

— אי אפשר להפיק מגנזיום מתכתי,  $Mg_{(s)}$ , ממי ים המלח באמצעות המתכות: ברזל,  $Fe_{(s)}$ , כסף,  $Ag_{(s)}$ ,

או נחושת,  $Cu_{(s)}$ .

**סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 65)**

**(הציון בשאלון 037387 73)**

לפניכם שלושה דירוגים III-I של המתכות לפי יכולתן לחזור. התבססו על נתונים בשאלה כולה וקבעו מהו הדירוג הנכון. **נמקו את קביעתכם.**



### התשובה

**קביעה:** הדירוג הנכון: I או  $Mg_{(s)} > Fe_{(s)} > Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$   
**נימוק:**

- על פי ניסוי 1 המתכת נחושת הגיבה עם יוני הכסף, לכן נחושת היא מתכת מחזרת טובה מכסף.
- או על פי ניסוי 1 המתכת נחושת הגיבה עם יוני הכסף, לכן  $Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$ .
- על פי ניסוי 2 המתכת ברזל הגיבה עם יוני הנחושת, לכן ברזל הוא מתכת מחזרת טובה מנחושת.
- או על פי ניסוי 2 המתכת ברזל הגיבה עם יוני הנחושת, לכן  $Fe_{(s)} > Cu_{(s)}$ .
- היות שאף מתכת מבין המתכות המופיעות בשאלה לא מחזרת יוני מגנזיום, נסיק מכך כי מגנזיום הוא המתכת המחזרת הטובה ביותר מבין המתכות המופיעות בשאלה.
- או מגנזיום הוא המתכת המחזרת הטובה ביותר:  $Mg_{(s)} > Fe_{(s)} > Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$

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

### ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני בשני השאלונים. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לסדר נכון את המתכות על פי הכושר היחסי שלהן לחזור, בהתבסס על תוצאות הניסויים. הסיבה העיקרית לטעויות היא חוסר הבחנה בין הכושר היחסי של המתכות לחזור לבין הכושר היחסי של היונים הממוימים לחמצן. הופיעו ניסיונות לנמק את הדירוג על פי הבדלים באלקטרושליליות המתכות. ניתן למיין את הטעויות האופייניות למספר סוגים עיקריים:
1. דירוג המתכות שגוי על פי הכושר היחסי שלהן לחזור ונימוק המתבסס על מסקנה שגויה מתוצאות הניסויים:
    - "מתכת כסף היא מחזר חזק משום שיוני כסף הגיבו בשלמות עם נחושת."
    - "נחושת היא מחזר חזק מברזל, כי היונים שלה מגיבים עם ברזל."
    - "דירוג המתכות:  $Ag_{(s)} > Cu_{(s)} > Fe_{(s)}$ , כי יוני נחושת מגיבים עם ברזל ויוני כסף מגיבים עם נחושת."
    - "ברזל מחזר את נחושת, לכן היא חזקה ממנו כמחזר." - חוסר הבחנה בין מתכת ליוני מתכת.
    - " $Fe_{(s)} > Mg_{(s)} > Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$ " - דירוג המתכות לפי גודל מטען היונים שלהן.
  2. דירוג המתכות נכון על פי הכושר היחסי שלהן לחזור, אך הנימוק שגוי:
    - "דירוג המתכות:  $Fe_{(s)} > Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$ . יוני כסף מסרו את האלקטרונים החופשיים שלהם לנחושת, ויוני נחושת מסרו את האלקטרונים החופשיים שלהן לברזל."
    - "דירוג המתכות:  $Fe_{(s)} > Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$ . בשלב הראשון יוני נחושת הגיבו עם כסף, ובשלב השני יוני נחושת הגיבו עם ברזל."
  3. בחירת התשובה הנכונה על בסיס נימוק חלקי בלבד.

## המלצות לסעיפים ב', ג', ד'

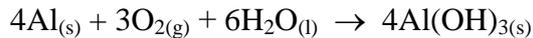
- לתת לתלמידים לבצע ניסויים הדומים לניסויים המתוארים בשאלה זו, ולבקש מהתלמידים לערוך טבלה לאיסוף התצפיות, לנסח את התגובות המתרחשות ולהסביר מדוע מתרחשת או לא מתרחשת תגובה בכל אחד מן הניסויים.
  - לבקש מהתלמידים לכתוב הסבר גם בהתייחס לכושר היחסי של המתכות לחזור וגם בהתייחס לכושר היחסי של יוני המתכות לחמצן.
  - לבצע עם התלמידים ניסוי "משחקי חמצון-חיזור" מפרק א' בספר הלימוד כימיה... זה בתוכנו.
  - לבצע עם התלמידים פעילות עם סימולציה של ניסוי שבו מתכות שונות טובלות בתמיסות המכילות יונים של מתכות אחרות, אשר פותחה במסגרת התוכנית "כימיה... זה בתוכנו". הפעילות מלווה בדפי העבודה.
  - לתרגל עם התלמידים שאלות מחוברת: תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור" ומחוברת המשך. מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה 1' ה' מבחינת הברורות תשע"א 2011.
  - לבצע עם התלמידים ערכה להוראה מותאמת אישית "מי מחזר כאן?". המשימה: בדיקת תפיסות שגויות מגוונות אצל התלמידים בנושא חמצון-חיזור.
  - להיעזר בקורס "כימיה לעניין" Campus II (השימוש בקורס מחייב הרשמה לקמפוס IL - הרישום חנם): פרק "חמצון-חיזור", שיעור 7.2: מתכות ויוני מתכות - השורה האלקטרוכימית, כולל שאלות, ושיעור 7.3: השורה אלקטרוכימית- אסטרטגיה לפתרון שאלות.
  - לעבור בכיתה על משימת גוגל מתכות משתנות לנגד עינינו.
  - להראות לתלמידים סרטונים: Reaction of Potassium and Water, תגובות מתכות אלקליות עם מים, Reaction of Sodium and Water, Reaction of Lithium and Water.
  - הערה: יש חובת עטיית כפפות ומשקפי מגן בעת ביצוע ניסויים המתוארים בסרטונים.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.8, ב.6, ב.19, ג.6, ג.10, ד.1, ו.7, ו.10, ו.14, ו.16 בטבלה בעמ' 5-8.**

## שאלה לתרגול לסעיפים ב', ג', ד'

- במרבית המטבחים מבשלים בשני סוגי סירים: חלקם עשויים מאלומיניום ואחרים מנירוסטה.
- א. לפניכם תהליך שבו אלומיניום מגיב עם חמצן ומים ליצירת אלומיניום הידרוקסידי:
- $$\text{Al}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_{3(s)}$$
- i. אזנו את התגובה.
  - ii. קבעו איזה חומר עובר חמצון ואיזה חומר עובר חיזור. **נמקו**.
- ב. נירוסטה היא חומר המורכב, בין היתר, מתערובת של ברזל,  $\text{Fe}_{(s)}$ , וכרום,  $\text{Cr}_{(s)}$ . כרום מגן על ברזל מפני קורוזיה. לאיזו מתכת נטייה גדולה יותר לעבור חמצון, לברזל או לכרום? **הסבירו**.
- ג. כאשר מכניסים אלומיניום לתמיסה המכילה יוני כרום,  $\text{Cr}^{3+}_{(aq)}$ , מסת האלומיניום יורדת.
- i. רשמו ניסוח נטו מאוזן לתגובה המתרחשת בכלי.
  - ii. מדוע מסת האלומיניום יורדת?
  - iii. דרגו את המתכות:  $\text{Al}_{(s)}$ ,  $\text{Fe}_{(s)}$ ,  $\text{Cr}_{(s)}$ , לפי נטייה עולה לעבור חמצון. היעזרו בנתוני השאלה.
- נמקו את קביעתכם.**

## התשובה

### סעיף א' ii-i



**קביעה:** אלומיניום עובר חמצון. חמצן עובר חיזור.

**נימוק:**

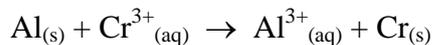
במהלך התגובה דרגת החמצון של אלומיניום עולה מ-0 ל-+3. אטומי אלומיניום במתכת מאבדים אלקטרונים והופכים ליוני  $\text{Al}^{3+}$  בתרכובת  $\text{Al}(\text{OH})_{3(s)}$ . לכן אלומיניום הוא החומר שעובר חמצון (חומר מחזר).  
במהלך התגובה דרגת החמצון של חמצן יורדת מ-0 ל-2-. אטומי חמצן במולקולות מקבלים אלקטרונים והופכים ליוני  $\text{O}^{2-}$  בתרכובת  $\text{Al}(\text{OH})_{3(s)}$ . לכן חמצן הוא החומר שעובר חיזור (חומר מחמצן).

**סעיף ב'**

משמעות המשפט "כרום מגן על ברזל מפני קורוזיה" היא שהכרום מחזר טוב יותר מהברזל, ולכן לכרום יש נטייה גדולה יותר לעבור חמצון.

**סעיף ג'**

**תת-סעיף i**



**תת-סעיף ii**

אלומיניום הוא מגיב בתגובה שהתרחשה, לכן מסתו יורדת במהלך התגובה.

**תת-סעיף iii**

על פי התשובה לסעיף ב', לכרום יש נטייה גדולה יותר לעבור חמצון מאשר לברזל.  
על פי התשובה לתת-סעיף ג' i, לאלומיניום יש נטייה גדולה יותר לעבור חמצון מאשר לכרום.  
לכן דירוג המתכות לפי הנטייה עולה לעבור חמצון הוא:  $\text{Al}_{(s)} > \text{Cr}_{(s)} > \text{Fe}_{(s)}$ .

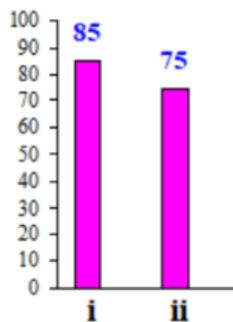
**סעיף ה' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 80)**

**(הציון בשאלון 037387 83)**

מגנזיום מתכתי,  $\text{Mg}_{(s)}$ , הגיב עם תמיסה מימית של חומצת מימן כלורי,  $\text{HCl}_{(aq)}$ .  
נתון ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה.



התבססו על מידע זה וקבעו עבור כל אחד מן ההיגדים שלפניכם אם הוא נכון או לא נכון. **נמקו את קביעותיכם.**



**תת-סעיף i (הציון בשאלון 037381 85)**

הגז מימן,  $\text{H}_{2(g)}$ , המתקבל בתגובה הוא תוצר של תהליך חיזור.

**התשובה**

קביעה: נכון.

נימוק: ירידה בדרגות החמצון. אטומי המימן שינו דרגת חמצון מ- (+1) ל- (0).

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו שההיגד נכון. יחד עם זאת אותרו טעויות. הסיבה העיקרית לטעויות היא בלבול בין תוצר חמצון לתוצר חיזור, בין תוצר חמצון לחומר שעבר תהליך חמצון, בין תוצר חיזור לחומר שעבר תהליך חיזור. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

- קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
  - "ההיגד לא נכון. זהו תהליך חמצון-חיזור, ואטומי החמצן האלקטרושליליים ביוני ההידרוניום הם המחמצנים."
  - "לא נכון. אין שינוי בדרגת החמצון של מימן בין יוני ההידרוניום למים."
- קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי:
  - "ההיגד נכון.  $H_2(g)$  מקבל אלקטרונים, לכן הוא תוצר של חיזור."
  - "ההיגד נכון. מימן עובר חיזור, לכן הוא תוצר של חיזור."

**תת-סעיף ii (הציון בשאלון 037381 75)**אטומי החמצן ביוני ההידרוניום,  $H_3O^+(aq)$ , הם המחמצנים.**התשובה**

קביעה: לא נכון.

נימוק: אטומי החמצן לא שינו את דרגת החמצון במהלך התגובה. או אטומי המימן ביוני ההידרוניום הם המחמצן.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו שההיגד לא נכון, אך חלק מהתלמידים טעו עקב בלבול בין חומר מחמצן לחומר מחזור. הטעויות האופייניות:

- קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
  - "ההיגד נכון. היה שינוי בדרגות חמצון של חמצן."
  - "נכון. אטומי החמצן הם המחמצן, כי חמצן הוא מחמצן חזק."
- קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
  - "ההיגד לא נכון.  $H_2(g)$  הוא המחמצן."
  - "ההיגד לא נכון. חמצן עובר חמצון, לכן הוא הוא המחזור."

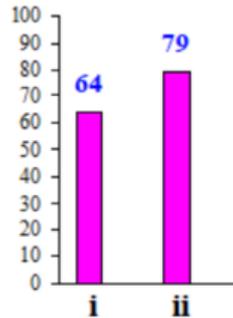
**סעיף ו' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 71)**

**(הציון בשאלון 037387 84)**

מגנזיום מתכתי,  $Mg_{(s)}$ , הגיב עם תמיסה מימית של חומצת מימן כלורי,  $HCl_{(aq)}$ . נתון ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה.



התבססו על מידע זה וקבעו עבור כל אחד מן ההיגדים שלפניכם אם הוא נכון או לא נכון. **נמקו את קביעותיכם.**



**תת-סעיף i (הציון בשאלון 037381 64)**

מולקולות המים,  $H_2O_{(l)}$ , הן תוצר של תהליך חיזור.

**התשובה**

**קביעה:** לא נכון.

**נימוק:** אטומי החמצן והמימן במולקולות המים לא שינו את דרגות החמצון במהלך התגובה.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע שמולקולות המים אינן התוצר של תהליך חיזור. הטעויות האופייניות:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
- "ההיגד נכון. דרגת החמצון של החמצן ירדה, לכן מולקולות המים שמכילים אותו הן התוצר של חיזור."
- "ההיגד נכון. המימן בתוך המים מוסר אלקטרונים, לכן המים הם תוצר החיזור."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
- "ההיגד לא נכון. המים לא שינו את דרגת החמצון שלהם."
- "ההיגד לא נכון. רק אטומים מסוג אחד יכולים להיות תוצר של חיזור."

**תת-סעיף ii (הציון בשאלון 037381 79)**

יוני המגנזיום,  $Mg^{2+}_{(aq)}$ , הם תוצר של תהליך חמצון.

## התשובה

קביעה: נכון.

נימוק: אטומי המגנזיום שינו את דרגת החמצון מ-0, ביסוד המתכתי, לדרגת החמצון +2, ביונים הממוימים ועברו תהליך חמצון.

לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישוב.

## ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לקבוע שיוני המגנזיום,  $Mg^{2+}_{(aq)}$ , הם תוצר של תהליך חמצון. הטעויות האופייניות:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
  - "ההיגד לא נכון. המגנזיום מסר אלקטרונים, לכן היונים שלו הם תוצר של תהליך חיזור."
  - "ההיגד לא נכון. מגנזיום הוא מחזור, ז.א. יוני מגנזיום הם תוצר החיזור."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
  - "ההיגד נכון. יוני מגנזיום עברו חמצון כי מגנזיום הוא חומר מתכתי."

## טעויות אופייניות לתשובות לשני הסעיפים ה'-ו'

- ♦ טעויות בהבנת המושגים: מחמצן, מחזור, תהליך חמצון, תהליך חיזור, תוצר חמצון, תוצר חיזור.
- ♦ טעויות הנובעות מקביעת דרגות חמצון שגויות, חוסר הבחנה בין עלייה בדרגת חמצון לירידה בדרגת חמצון.
- ♦ קשיים בכתיבת הסברים לקביעה נכונה.

## המלצות לסעיפים ה'-ו'

- לתרגל עם התלמידים תגובות חמצון-חיזור, כולל התייחסות למעבר אלקטרונים במהלך התגובות. ניתן לתרגל את השאלות מחוברת: [תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור"](#).
  - לבצע עם התלמידים ערכה להוראה מותאמת אישית "[מי מחזור כאן?](#)". המשימה: בדיקת תפיסות שגויות מגוונות אצל התלמידים בנושא חמצון-חיזור.
  - לחדד לתלמידים את התפקיד של כל אחד מהמושגים בנושא חמצון-חיזור: מחמצן, מחזור, תהליך חמצון, תהליך חיזור, תוצר חמצון, תוצר חיזור.
  - מומלץ להיעזר בקורס "כימיה לעניין" [Campus II](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה לקמפוס II - הרישום חינם): פרק "חמצון-חיזור", שיעור 7.4: דרגות חמצון, שיעור 7.5: קביעת מחזור ומחמצן בתגובה על פי דרגות חמצון.
  - לצפות עם התלמידים בסרטון ובשאלות אליו: [דרגות חמצון של ונדיום](#).
  - מומלץ לתת לתלמידים לשחק ב- [משחק החזרה על דרגות חמצון, מחזור מחמצן, תהליך חיזור ותהליך חמצון](#).
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.8, ב.6, ג.6, ו.2, ו.8 בטבלה בעמ' 5-8.

## שאלות לתרגול לסעיפים ה'-ו'

## שאלה 1

הטבלה שלפניכם מציגה מגיבים ותוצרים של חמש תגובות. השלימו את הטבלה.

תפקיד החלקיק בתגובה: מחמצן / מחזור / לא מחמצן ולא מחזור	תהליך שעבר החלקיק במהלך התגובה: חמצון / חיזור / לא חמצון ולא חיזור	החלקיק הרלוונטי בתוצר		התוצר	החלקיק הרלוונטי במגיב		המגיב	מס' תגובה
		דרגת החמצון	הנוסחה		דרגת החמצון	הנוסחה		
			Cr	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$		Cr	$\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$	1
			Cu	$\text{Cu}(\text{s})$		Cu	$\text{CuO}(\text{s})$	2
			I	$\text{I}_2\text{O}_7(\text{s})$		I	$\text{I}_2(\text{s})$	3
			N	$\text{NO}(\text{g})$		N	$\text{NH}_3(\text{g})$	4
			Al	$\text{AlN}(\text{s})$		Al	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$	5

## התשובה

תפקיד החלקיק בתגובה: מחמצן / מחזור / לא מחמצן ולא מחזור	תהליך שעבר החלקיק במהלך התגובה: חמצון / חיזור / לא עבר שינוי	החלקיק הרלוונטי בתוצר		התוצר	החלקיק הרלוונטי במגיב		המגיב	מס' תגובה
		דרגת החמצון	הנוסחה		דרגת החמצון	הנוסחה		
לא מחמצן ולא מחזור	לא עבר שינוי	+6	Cr	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$	+6	Cr	$\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$	1
מחמצן	חיזור	0	Cu	$\text{Cu}(\text{s})$	+2	Cu	$\text{CuO}(\text{s})$	2
מחזור	חמצון	+7	I	$\text{I}_2\text{O}_7(\text{s})$	0	I	$\text{I}_2(\text{s})$	3
מחזור	חמצון	+2	N	$\text{NO}(\text{g})$	-3	N	$\text{NH}_3(\text{g})$	4
לא מחמצן ולא מחזור	לא עבר שינוי	+3	Al	$\text{AlN}(\text{s})$	+3	Al	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$	5

## שאלה 2

נתונה התגובה בין נחושת לתמיסה מימית של חומצה גופרתית,  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ :



מהו ההיגד הנכון? נמקו את קביעתכם.

- $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  הוא תוצר חיזור.
- $\text{SO}_2(\text{g})$  הוא תוצר חמצון.
- $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  הוא תוצר חיזור.
- $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$  הוא חומר מחמצן.

## התשובה

התשובה הנכונה היא ד' -  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{al})$  הוא חומר מחמצן. דרגת החמצון של חלק מאטומי S, שבמולקולות חומצה גופרתית מרוכזת, יורדת מ- (+6) ל- (+4) במולקולות  $\text{SO}_2(\text{g})$ . אטומי הגופרית עוברים חיזור. לכן  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  הוא חומר מחמצן.

- מסיח א'** אינו נכון. יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$  הם תוצר של חמצון כי דרגת החמצון של נחושת עולה במהלך התגובה.
- מסיח ב'** אינו נכון.  $\text{SO}_{2(\text{g})}$  הוא תוצר של חיזור כי דרגת החמצון של גופרית יורדת במהלך התגובה.
- מסיח ג'** אינו נכון. חלק מיוני  $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  לא עברו שינוי במהלך התגובה.

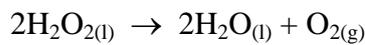
### שאלה 3

מי חמצן,  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{l})}$ , מתפרקים בכלי פתוח למים וחמצן.

- א. נסחו ואזנו את תגובת ההתפרקות של מי חמצן.
- ב. קבעו את החומר המחמצן ואת החומר שהוא תוצר חמצון. **נמקו את קביעתכם.**

### התשובה

**סעיף א'**



**סעיף ב'**

**קביעה:** החומר המחמצן הוא  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{l})}$ , החומר שהוא תוצר חמצון הוא  $\text{O}_{2(\text{g})}$  (בתגובה זו  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{l})}$  הוא גם המחמצן וגם המחזור – זאת תגובה מיוחדת של חמצון-חיזור).

**נימוק:**

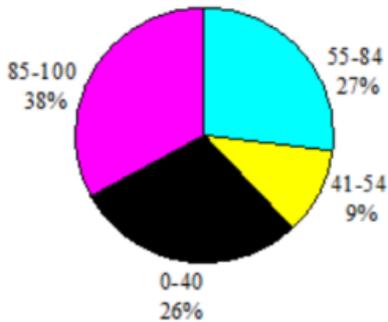
דרגת החמצון של חלק מאטומי החמצן במולקולות  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{l})}$  ירדה מ- $(-1)$  ל- $(-2)$  במולקולות המים, ז.א. אטומים אלה עברו חיזור - שימשו כמחמצן. לכן החומר המחמצן הוא  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{l})}$ .

דרגת החמצון של חלק מאטומי החמצן במולקולות  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{l})}$  עלתה מ- $(-1)$  ל- $(0)$  במולקולות החמצן, ז.א. אטומים אלה עברו חמצון - שימשו כמחזור. החומר שהוא תוצר חמצון הוא  $\text{O}_{2(\text{g})}$ .

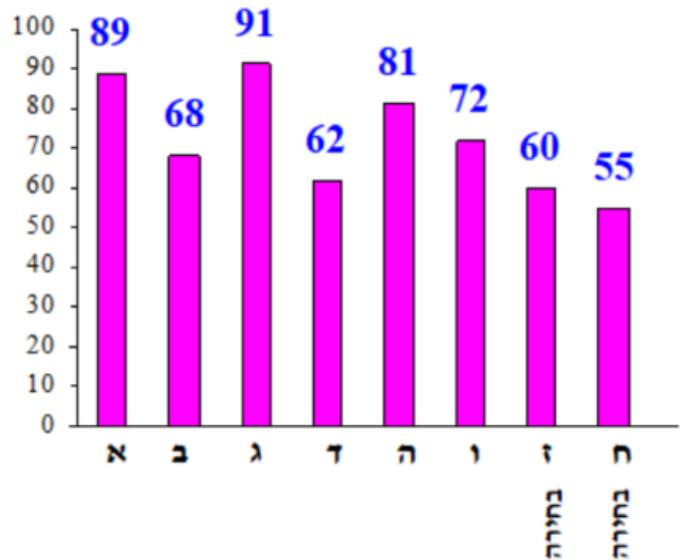
## ניתוח שאלה 14 חישובים

### שאלון 037381

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 22% מהתלמידים

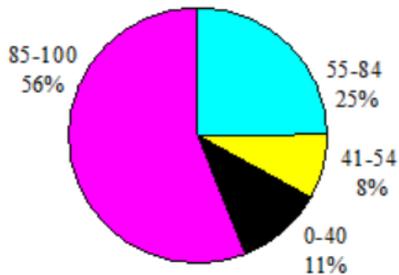


**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 65**  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

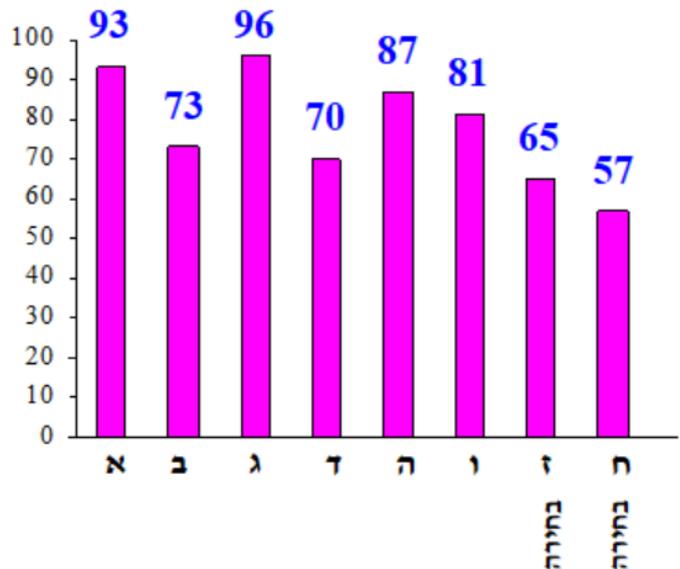


### שאלון 037387

**פיזור ציונים**  
בחרו בשאלה 33% מהתלמידים



**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 78**  
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



### רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה		א
הבנה		ב
יישום		ג
יישום		ד
יישום		ה
יישום	i	ו
הבנה	ii	
יישום		ז (בחירה)
יישום		ח (בחירה)

### כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להסביר מהי תערובת של מוצקים, שמכילה מסה שונה של כל אחד מן החומרים.
- לזהות את המוצקים הנתונים כחומרים יוניים קלי תמס.
- לנסח תגובת ההמסה של מלח (חומר יוני) במים.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים:
  - חישוב מסה מולרית של תרכובת.
  - חישוב מספר המולים של חומר על פי המסה שלו שנוצרה בניסוי והמסה המולרית שלו.
  - חישוב מספר המולים של יוני כלוריד בנפח מסוים של תמיסה כאשר נתון מספר המולים של אותם יונים בנפח אחר של אותה תמיסה.
  - חישוב מספר המולים של אחד מהחומרים שבתערובת על פי מספר המולים שלו והמסה המולרית שלו.
  - חישוב הריכוז המולרי של יוני נתרן בתמיסה שנוצרה בתהליך ההמסה של שני מוצקים יוניים. יון נתרן הוא היום המשותף לשני המוצקים המומסים במים. נתון מספר המולים של יוני נתרן בכל אחד מן המוצקים ונפח התמיסה.
- להסביר שריכוז התמיסה הוא קבוע ולא משתנה אם מחלקים את התמיסה לכלים שונים עם נפחים שונים. ריכוז התמיסה משתנה רק במיהול התמיסה או באידוי חלק של ממס התמיסה.

### פתיח לשאלה

- נתונה תערובת של שני מוצקים המסיסים במים: נתרן כלורי,  $\text{NaCl}_{(s)}$ , ונתרן גופרתי,  $\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$ .
- ערכו ניסוי כדי לקבוע את הרכב התערובת.
- המיסו במים 2.59 גרם מתערובת המוצקים ליצירת 200 מ"ל תמיסה A.

**סעיף א' (הציון בשאלון 037381 89)**

**(הציון בשאלון 037387 93)**

רשמו ניסוח של תגובת ההמסה של  $\text{NaCl}_{(s)}$  במים.

### התשובה



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה בשני השאלונים. רוב התלמידים ניסחו נכון את תגובת ההמסה של  $\text{NaCl}_{(s)}$  במים.

הטעויות המעטות שאותרו:

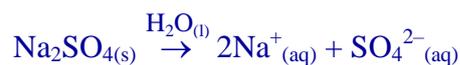
- ◆ רישום הניסוח של תגובת ההמסה במים של  $\text{NaCl}_{(s)}$  כניסוח ההמסה של חומר מולקולרי:
  - $\text{NaCl}_{(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_{(l)}} \text{NaCl}_{(aq)}$
- ◆ אי-רשום  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  מעל החץ.
- ◆ אי-רשום מצבי צבירה ומצבי הופעה.

**סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 68)**

**(הציון בשאלון 037387 73)**

רשמו ניסוח של תגובת ההמסה של  $\text{Na}_2\text{SO}_4_{(s)}$  במים.

### התשובה



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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני בשני השאלונים. חלק ניכר מהתלמידים, שניסחו נכון את תגובת ההמסה במים של  $\text{NaCl}_{(s)}$ , התקשו לנסח

את תגובת ההמסה של  $\text{Na}_2\text{SO}_4_{(s)}$  במים. הסיבה לכך - יון שלילי מורכב ויחס המולים בין היונים 2:1.

הטעויות האופייניות:

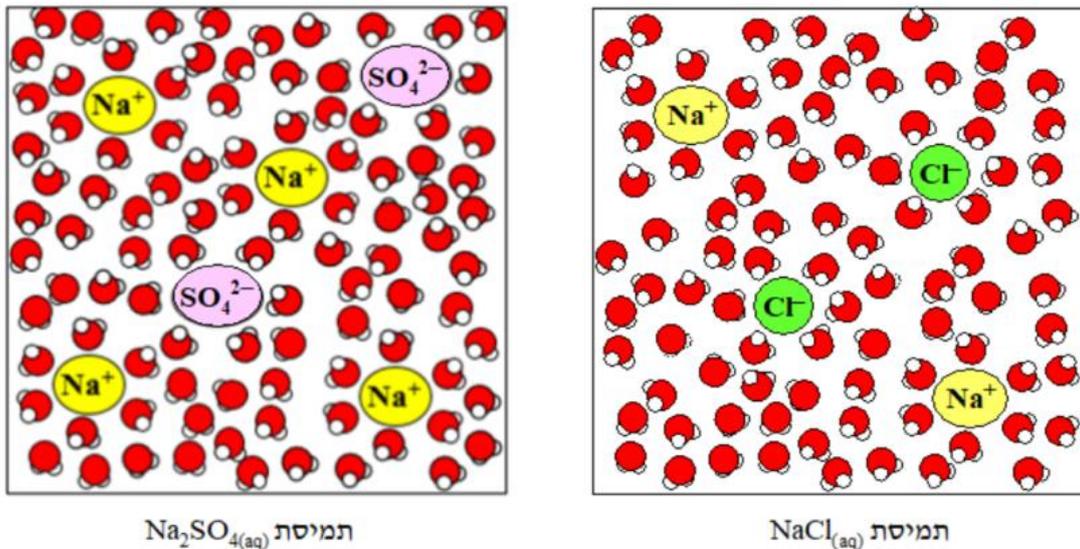
- ◆ רישום ניסוח ההמסה במים של  $\text{Na}_2\text{SO}_4_{(s)}$  כניסוח ההמסה של חומר מולקולרי:
  - $\text{Na}_2\text{SO}_4_{(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_{(l)}} \text{Na}_2\text{SO}_4_{(aq)}$
- ◆ אי-רשום  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  מעל החץ.
- ◆ ניסוחים שגויים - טעויות בנוסחאות היונים ובמטענם, פירוק יוני  $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ :
  - $\text{Na}_2\text{SO}_4_{(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_{(l)}} 2\text{Na}^+_{(aq)} + \text{S}^{2-}_{(aq)} + 4\text{O}^{2-}_{(aq)}$

- $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{Na}_2^+(\text{aq}) + \text{S}^{6+}(\text{aq}) + 4\text{O}^{2-}(\text{aq})$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} 2\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$

♦ אי-רשום מצבי צבירה ומצבי הופעה.

### המלצות לסעיפים א'-ב'

לבצע עם התלמידים את ניסויי ההמסה במים של החומרים הנתונים בסעיפים א'-ב', לבדוק מוליכות חשמלית של התמיסות כבדיקה לנוכחות יונים בתמיסה. לאחר הניסויים מומלץ לבקש מהתלמידים לצייר איורים המציגים את הרכב התמיסות ברמה מיקרוסקופית. דוגמאות לאיורים:



- לבצע עם התלמידים ניסויים של המסה במים של חומרים יוניים נוספים ושל חומרים מולקולריים. בכל ניסוי לבדוק מוליכות חשמלית של התמיסה כבדיקה לנוכחות יונים בתמיסה.
  - לתרגל את רישום תהליכי ההמסה במים של חומרים יוניים ושל חומרים מולקולריים. לדון עם התלמידים בהבדלים בהמסה של חומרים יוניים ושל חומרים מולקולריים.
  - להדגיש לתלמידים שיש חומרים יוניים קלי תמס ויש קשי תמס.
  - להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר [Campus IL](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה קמפוס IL - הרישום חינם), לפרק 5 - סריגים, יחידות 5.3-5.6.
  - להציג לתלמידים אנימציות וסרטונים המציגים המסה במים של חומרים יוניים ושל חומרים מולקולריים: [How Water Dissolves Salt](#), [תמיסה מימית של אשלגן יודי](#), [תמיסה של יוד בהקסאן - אנימציה](#), [תמיסה מימית של מתאנול - אנימציה](#), [איך מלח מתמוסס במים?](#)
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' 14, 15, 16, 5, 15.1 בטבלה בעמ' 5-8.

### שאלות לתרגול לסעיפים א'-ב'

#### שאלה 1

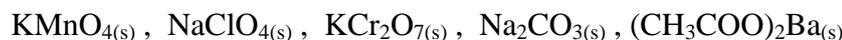
רשמו ניסוח של תהליך ההמסה במים של כל אחד מן החומרים הבאים: בריום כלורי,  $\text{BaCl}_2(\text{s})$ , מתאנול,  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ , אלומיניום גופרתי,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s})$ , אצטון,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{l})$ , גלוקוז,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$ , אמוניה,  $\text{NH}_3(\text{g})$ , אמון זרחתי,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4(\text{s})$ , חומצה חנקתית,  $\text{HNO}_3(\text{l})$ . ציינו את החלקיקים הנמצאים בכל אחת מן התמיסות המתקבלות.

## התשובה

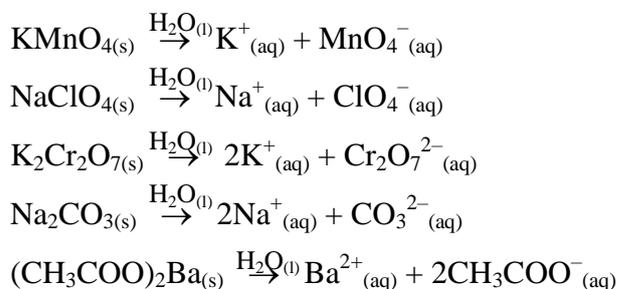
ניסוח התהליך של המסה במים	חלקיקים הנמצאים בתמיסה
$\text{BaCl}_{2(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ba}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Cl}^{-}_{(aq)}$	יוני $\text{Ba}^{2+}_{(aq)}$ , יוני $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$ ומולקולות מים
$\text{CH}_3\text{OH}_{(l)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{OH}_{(aq)}$	מולקולות $\text{CH}_3\text{OH}$ ומולקולות מים
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 2\text{Al}^{3+}_{(aq)} + 3\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$	יוני $\text{Al}^{3+}_{(aq)}$ , יוני $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ ומולקולות מים
$\text{CH}_3\text{COCH}_3_{(l)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{COCH}_3_{(aq)}$	מולקולות $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ומולקולות מים
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6_{(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6_{(aq)}$	מולקולות $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ומולקולות מים
$\text{NH}_3_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_4^{+}_{(aq)} + \text{OH}^{-}_{(aq)}$	יוני $\text{NH}_4^{+}$ , יוני $\text{OH}^{-}$ ומולקולות מים
$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4_{(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 3\text{NH}_4^{+}_{(aq)} + \text{PO}_4^{3-}_{(aq)}$	יוני $\text{NH}_4^{+}$ , יוני $\text{PO}_4^{3-}$ ומולקולות מים
$\text{HNO}_3_{(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^{+}_{(aq)} + \text{NO}_3^{-}_{(aq)}$	יוני $\text{H}_3\text{O}^{+}$ , יוני $\text{NO}_3^{-}$ ומולקולות מים

## שאלה 2

רשמו ניסוח של תהליך ההמסה במים של כל אחד מן החומרים הוניים הבאים:



## התשובה



## פתיח לסעיפים הבאים

הגיבו 40 מ"ל מתמיסה A עם תמיסת כסף חנקתי,  $\text{AgNO}_3_{(aq)}$ . כל יוני הכלוריד,  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$ , שבתמיסה הגיבו. נוצרו 0.574 גרם כסף כלורי,  $\text{AgCl}_{(s)}$ . לפניכם ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה (תגובה 1):



סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 91)

(הציון בשאלון 037387 96)

חשבו את מספר המולים של  $\text{AgCl}_{(s)}$  שנוצרו בתגובה. פרטו את חישוביכם.

**התשובה**

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

$$143.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

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

$$\frac{0.574 \text{ gr}}{143.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.004 \text{ mol}$$

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה מאוד בשני השאלונים. התלמידים חישובו נכון את מספר המולים של  $\text{AgCl}_{(s)}$  על פי המסה שלו שנוצרה בניסוי והמסה המולרית שלו. הטעויות המעטות שאותרו :

- ♦ רישום תשובה סופית ללא פירוט החישוב.
- ♦ חישוב מסה מולרית לפי המספרים האטומיים של כסף וכלור והצבתה בחישוב :

$$\bullet \frac{0.574 \text{ gr}}{\frac{47 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} + 17 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.009 \text{ mol}}$$

♦ טעויות חישוב :

$$\bullet \frac{0.574}{143.5} = 4 \text{ mol}$$

**סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 62)**

**(הציון בשאלון 037387 70)**

חשבו מה היה מספר המולים של יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$  ב-200 מ"ל תמיסה A. פרטו את חישוביכם.

**התשובה**

יחס המולים בין  $\text{AgCl}_{(s)}$  לבין יוני כלוריד,  $\text{Cl}^-_{(aq)}$ , הוא 1:1.

ב-40 מ"ל תמיסה A יש 0.004 מול יוני כלוריד,  $\text{Cl}^-_{(aq)}$ .

נפח תמיסה A הוא 200 מ"ל, לכן מספר המולים של יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$  בתמיסה זו הוא :  $0.004 \text{ mol} \times 5 = 0.02 \text{ mol}$

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני בשני השאלונים. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לחשב את מספר המולים של יוני כלוריד בנפח מסוים של תמיסה כאשר נתון מספר המולים של יונים אלה בנפח אחר של אותה תמיסה. הטעויות האופייניות :

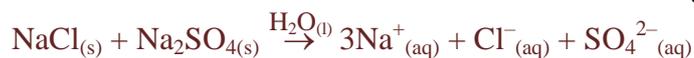
- ♦ בלבול בין מספר המולים של יוני כלוריד בנפח מסוים של תמיסה לבין ריכוז יונים אלה בתמיסה זו :
- ♦ "מספר המולים של יוני כלוריד בתמיסה הוא קבוע, ויהיה 0.004 מול ב-200 מ"ל תמיסה."
- ♦ חיבור מסה מולרית של שני המוצקים בתערובת וחישוב מספר מולים על פי התוצאה :

$$\bullet \frac{2.59 \text{ gr}}{\frac{58.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} + 142 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.013 \text{ mol}}$$

♦ רישום תשובה סופית ללא פירוט החישוב.

♦ רישום יחס המולים בניסוח התגובה, אך לא מתייחסים ליחס זה בהמשך החישוב.

- רישום תהליך ההמסה שגוי של שני המוצקים במים וחישוב שגוי על פי ניסוח זה ועל פי מספר המולים שגוי שמקורו במסה המולרית המחבורות של שני המוצקים:



יחס המולים: 1 1 3 1 1

0.013 mol 0.013 mol 0.039 mol 0.013 mol 0.013 mol

**סעיף ה' (הציון בשאלון 037381 81)**

**(הציון בשאלון 037387 87)**

- חשבו מה הייתה מסת  $\text{NaCl}_{(s)}$  בתערובת המוצקים שהמיסו במים ליצירת 200 מ"ל תמיסה A. פרטו את חישוביכם.

### התשובה

יחס המולים בין  $\text{NaCl}_{(s)}$  לבין יוני  $\text{Cl}^-_{(aq)}$ , הוא 1:1. מספר המולים של  $\text{NaCl}_{(s)}$  הוא 0.02 mol

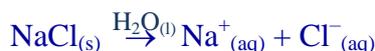
מסה מולרית של  $\text{NaCl}_{(s)}$ :

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

$$0.02 \text{ mol} \times 58.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 1.17 \text{ gr}$$

מסת  $\text{NaCl}_{(s)}$  בתערובת:

או פתרון בטבלה:



גדלים	יחידות	$\text{Cl}^-_{(aq)}$	$\text{NaCl}_{(s)}$
יחס המולים בניסוח התגובה		1	1
מספר מולים	mol	0.02	0.02
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$		58.5
מסה נדרשת	gr		1.17

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה בשני השאלונים. חלק מהתלמידים התקשו לחשב את מסת  $\text{NaCl}_{(s)}$  בתערובת על פי מספר המולים של יוני כלוריד ב- 200 מ"ל תמיסה. הטעויות האופייניות:

- הנחה שיחס המסות בין שני המוצקים בתערובת הוא 1:1:
- חיבור מסה מולרית של שני המוצקים בתערובת והמשך החישוב על פי התוצאה:
- "מספר המולים של התערובת:

$$\bullet \quad \frac{2.59 \text{ gr}}{2} = 1.295 \text{ gr}$$

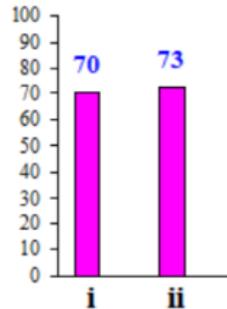
$$\frac{2.59 \text{ gr}}{58.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} + 142 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.013 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{NaCl}_{(s)}$  בתערובת הוא 0.013 מול. מסת  $\text{NaCl}_{(s)}$ :

$$58.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.013 \text{ mol} = 0.76 \text{ gr}$$

סעיף ו' (הציון בשאלון 037381 72)

(הציון בשאלון 037387 81)



תת-סעיף i (הציון בשאלון 037381 70)

חשבו מה הייתה מסת  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  בתערובת שהמיסו במים ליצירת 200 מ"ל תמיסה A. פרטו את חישוביכם.

**התשובה**

$$2.59 \text{ gr} - 1.17 \text{ gr} = 1.42 \text{ gr}$$

מסת הנתרן הגופרתי,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התעלמו מכך שמסת  $\text{NaCl}(\text{s})$  חושבה בסעיף ה' ונשאר רק להחסיר אותה מהמסה הכוללת של התערובת. הטעויות האופייניות:

♦ גם בתת-סעיף זה הופיעה הנחה שיחס המסות בין שני המוצקים בתערובת הוא 1:1:

- $\frac{2.59 \text{ gr}}{2} = 1.295 \text{ gr}$

♦ חיבור מסה מולרית של שני המוצקים בתערובת והמשך החישוב על פי התוצאה:

- $\frac{2.59 \text{ gr}}{58.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} + 142 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.013 \text{ mol}$

$$142 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.013 = 1.846 \text{ gr}$$

♦ הנחה שהיחס בין מספר המולים של שני המוצקים בתערובת הוא 1:1 והמשך החישוב בהתאם:

♦ "יחס המולים בין שני המוצקים בתערובת הוא 1:1. מספר המולים של  $\text{NaCl}(\text{s})$  הוא 0.02 mol. לכן גם מספר

המולים של  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  הוא 0.02 mol. מסת  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  בתערובת:

$$142 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.02 = 2.84 \text{ gr}$$

תת-סעיף ii (הציון בשאלון 037381 73)

חשבו מה היה מספר המולים של  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  בתערובת שהמיסו במים ליצירת 200 מ"ל תמיסה A.

פרטו את חישוביכם.

## התשובה

$$142 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

מסה מולרית של  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  :

$$\frac{1.42 \text{ gr}}{142 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.01 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  :

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

## ניתוח טעויות אופייניות

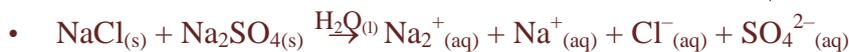
הציון בינוני. רוב הטעויות בתת-סעיף זה הן טעויות המשך מתת-סעיף ו' i :

- ♦ הנחה שהיחס בין מספר המולים של שני המוצקים בתערובת הוא 1:1 והמשך החישוב בהתאם :
- "יחס המולים בין שני המוצקים בתערובת הוא 1:1 . מספר המולים של  $\text{NaCl}(\text{s})$  הוא 0.02 mol . לכן גם מספר המולים של  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  הוא 0.02 mol ."
- ♦ טעויות המשך מתת-סעיף ו' i :
- "מסת  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  היא 1.295 גרם. מספר המולים של  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  :

$$\frac{1.295 \text{ gr}}{142 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.009 \text{ mol}$$

♦ טעויות בחישוב מסה מולרית : חישוב גודל ענן אלקטרוניים במקום מסה מולרית, הוספת מקדם שמופיע בניסוח תגובה.

♦ רישום תהליך ההמסה שגוי של שני המוצקים במים וחישוב שגוי על פי ניסוח זה :



**סעיף ז' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 60)**

**(הציון בשאלון 037387 65)**

חשבו את ריכוז יוני הנתרן ב- 200 מ"ל תמיסה A . פרטו את חישוביכם.

## התשובה

בתמיסה A שנפחה 200 מ"ל יש 0.02 מול נתרן כלורי ו- 0.01 מול נתרן גופרתי.

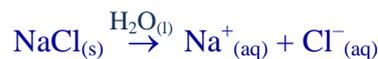
יחס המולים בין  $\text{NaCl}(\text{s})$  לבין יוני  $\text{Na}^+(\text{aq})$  , הוא 1:1 , לכן מספר המולים של יוני  $\text{Na}^+(\text{aq})$  הוא 0.02 מול.

יחס המולים בין  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$  לבין יוני  $\text{Na}^+(\text{aq})$  , הוא 2:1 , לכן מספר המולים של יוני  $\text{Na}^+(\text{aq})$  הוא 0.02 מול.

$$\frac{0.02 \text{ mol} + 0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$$

ריכוז יוני הנתרן בתמיסה A הוא :

או פתרון בטבלאות :



גדלים	יחידות	$\text{Na}^+(\text{aq})$	$\text{NaCl}(\text{s})$
יחס המולים בניסוח התגובה		1	1
מספר מולים	mol	0.02	0.02



גדלים	יחידות	$\text{Na}^+_{(aq)}$	$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$
יחס המולים בניסוח התגובה		2	1
מספר מולים	mol	0.02	0.01

$$\frac{0.02 \text{ mol} + 0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$$

ריכוז יוני הנתרן בתמיסה A (שנפחה 200 מ"ל) הוא:

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

### ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך בשני השאלונים. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לחשב ריכוז יוני הנתרן ב- 200 מ"ל תמיסה A שנוצרה בתהליך ההמסה של שני מוצקים יוניים, כאשר יון נתרן הוא היות המשותף לשני המוצקים המומסים במים. תלמידים אלה לא הצליחו לבצע את החישוב הנדרש למרות שבסעיפים קודמים חושב מספר המולים של יוני נתרן בכל אחד מן המוצקים ונתון נפח התמיסה. הטעויות האופייניות:

- חישוב רק על פי מספר המולים של יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$  שמקורם בנתרן כלוריד או רק על פי מספר המולים של יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$  שמקורם בנתרן גופרתי.
- קביעה שמספר המולים של יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$  שמקורם בנתרן גופרתי הוא 0.01 מול, ז.א. התעלמות מכך שיחס המולים בין  $\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$  לבין יוני  $\text{Na}^+_{(aq)}$  הוא 2:1.
- חישוב הריכוז של יוני נתרן על פי מספר המולים שגוי של נתרן (טעות המשך מסעיף ד')

$$\bullet \frac{0.039 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 0.195 \text{ M}$$

**סעיף ח' (בחירה) (הציון בשאלון 037381 55)**

**(הציון בשאלון 037387 57)**

הגיבו 40 מ"ל תמיסה A עם תמיסת בריום חנקתי,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ . נוצר בריום גופרתי,  $\text{BaSO}_{4(s)}$ . נתון שכל היונים הגופרתיים,  $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ , שהיו ב- 40 מ"ל תמיסה A הגיבו. לפניכם ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה (תגובה 2):



מהי המסה של  $\text{BaSO}_{4(s)}$  שנוצר בניסוי? פרטו את חישוביכם.

### התשובה

בתמיסה A (שנפחה 200 מ"ל) יש 0.01 מול נתרן גופרתי.

$$\frac{0.01 \text{ mol}}{5} = 0.002 \text{ mol}$$

בנפח של 40 מ"ל תמיסה A יש 0.002 מול נתרן גופרתי:

יחס המולים בין נתרן גופרתי ויונים גופרתיים הוא 1:1, לכן יש 0.002 מול יוניים גופרתיים.

יחס המולים בין יונים גופרתיים ובריום גופרתי הוא 1:1, לכן יש 0.002 מול בריום גופרתי.

$$233 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

מסה מולרית של בריום גופרתי:

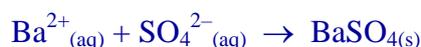
$$233 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.002 \text{ mol} = 0.466 \text{ gr}$$

המסה של בריום גופרתי :

או פתרון בטבלאות :



גדלים	יחידות	$\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$	$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$
יחס המולים בניסוח התגובה		1	1
מספר המולים בתמיסה A	mol		0.01
מספר המולים ב- 40 מ"ל תמיסה	mol	0.002	0.002



גדלים	יחידות	$\text{BaSO}_{4(s)}$	$\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$
יחס המולים בניסוח התגובה		1	1
מספר המולים ב- 40 מ"ל תמיסה	mol	0.002	0.002
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	233	
מסה מתקבלת	gr	0.466	

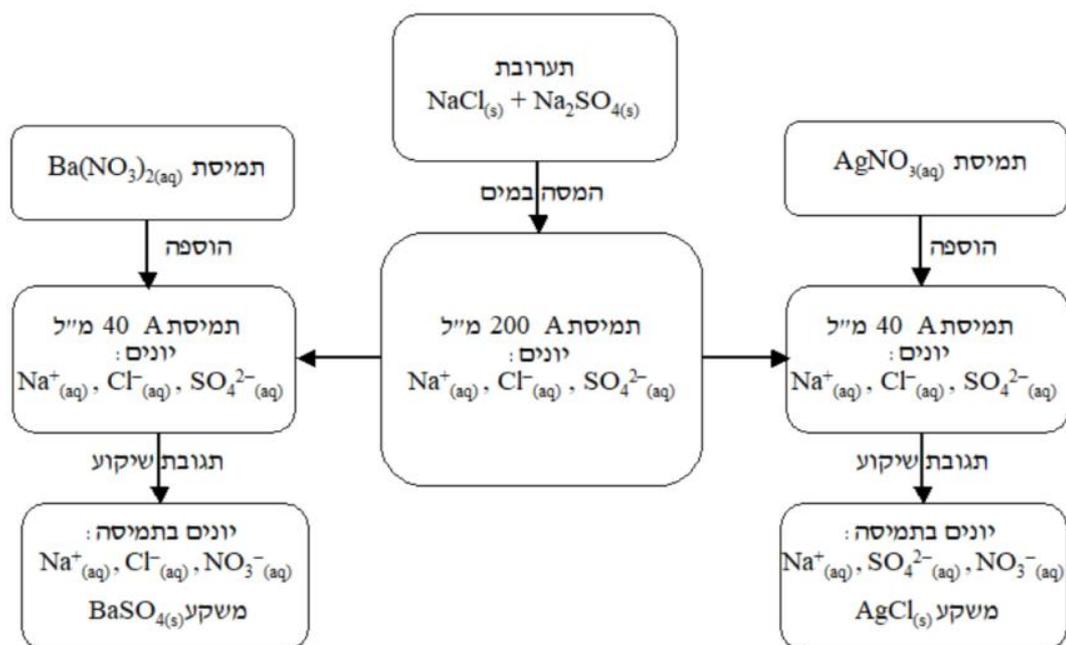
לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

### ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך בשני השאלונים. כמעט חצי מהתלמידים התקשו להשתמש בתוצאות החישובים בסעיפים הקודמים וטעו באחד או יותר שלבים של החישוב. הטעויות האופייניות :
- ♦ דילוג על שלב החישוב של מספר המולים של נתרן גופרתי בנפח של 40 מ"ל תמיסה A, וחישוב על פי מספר המולים של נתרן גופרתי בנפח של 200 מ"ל תמיסה.
  - ♦ חישוב שגוי של המסה המולרית של בריום גופרתי.
  - ♦ רישום תשובה סופית ללא פירוט החישוב.

### המלצות לסעיפים ג'-ח'

- לבצע עם התלמידים ניסויים המתוארים בסעיפים ג'-ח', לבצע את החישובים הנדרשים ולדון בכל אחד מן השלבים.
- לבצע ניסויים נוספים הכוללים חלוקת תמיסה מקורית למספר כלים, ולדון בכך שריכוז התמיסה אינו משתנה, אך מספר המולים של המומס משתנה - הוא תלוי בנפח החדש של התמיסה. לחשב מספר המולים של המומס בכל אחד מן הכלים.
- לדון עם התלמידים בתערובות ובהרכבן, להביא דוגמאות של תערובות. לתרגל חישוב המסה של כל אחד ממרכיבי התערובות. להדגיש שיש לנסח את תגובות ההמסה במים ובממסים נוספים של סוגים שונים של החומרים.
- להדגיש לתלמידים שיש לנסח תגובות המסה במים של כל אחד מן החומרים המומסים לפני החישובים עבור החומרים האלה.
- לתרגל חישוב הריכוז של כל אחד מסוגי היונים בתמיסה המכילה מספר סוגי היונים.
- לבנות סכמה של מהלך הניסויים המתוארים בשאלה :



– לבנות עם התלמידים טבלאות סיכום המכילות נתוני השאלה ותוצאות החישובים:

#### תערובת המוצקים

מרכיבי התערובת				מסת תערובת המוצקים
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)}$		$\text{NaCl}_{(s)}$		
מספר מולים	מסה	מספר מולים	מסה	
0.01 mol	1.42 gr	0.02 mol	1.17 gr	2.59 gr

#### 200 מ"ל תמיסה A

יוני $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$		יוני $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$		יוני $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$		נפח תמיסה A
ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	
0.05 M	0.01 mol	0.1 M	0.02 mol	0.2 M	0.04 mol	0.2 liter

#### 40 מ"ל תמיסה A - לפני ההוספה של תמיסת $\text{AgNO}_3(\text{aq})$

יוני $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$		יוני $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$		יוני $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$		נפח התמיסה המקורית
ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	
0.05 M	0.002 mol	0.1 M	0.004 mol	0.2 M	0.008 mol	0.04 liter

#### לאחר תגובת השיקוע: $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$

מספר המולים של יונים			משקע $\text{AgCl}_{(s)}$	
$\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$	$\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$	$\text{Na}^+_{(\text{aq})}$	מספר מולים	מסה
0.004 mol	0.002 mol	0.008 mol	0.004 mol	0.574 gr

40 מ"ל תמיסה A - לפני ההוספה של תמיסת  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ 

יוני $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$		יוני $\text{Cl}^-(\text{aq})$		יוני $\text{Na}^+(\text{aq})$		נפח התמיסה המקורית
ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	
0.05 M	0.002 mol	0.1 M	0.004 mol	0.2 M	0.008 mol	0.04 liter



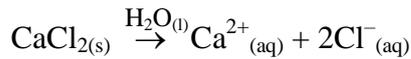
מספר המולים של יוני			משקע $\text{BaSO}_4(\text{s})$	
$\text{NO}_3^-(\text{aq})$	יוני $\text{Cl}^-(\text{aq})$	$\text{Na}^+(\text{aq})$	מספר מולים	מסה
0.004 mol	0.004 mol	0.008 mol	0.002 mol	0.466 gr

- להשתמש בלומדה: [היבטים כמותיים בכימיה](#) אשר מכילה מספר רב של תרגילי חישוב, בנושאי הלימוד השונים, בין היתר בנושא ריכוזים.
  - להיעזר במצגות מתוכנית "כימיה ברשת". [תמיסות וריכוזים](#), [חישובים בתגובות המסה ושיקוע](#).
  - לפתור עם התלמידים שאלות מתאימות מבחינות הבגרות. לשם כך מומלץ להיעזר בחוברת: [תרגול ושאלות בנושא סטויכיומטריה](#) בנייתוח הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח ובחוברת ההמשך תשע"ט-תשפ"א.
  - לפתור עם התלמידים שאלות חישוביות בהן גוררים תוצאה מסעיף מסוים לסעיפים הבאים.
  - לבצע עם התלמידים משימה דיאגנוסטית בעזרת ערכה מותאמת אישית: [יון "משותף"](#) בערבוב תמיסות. המשימה: לחדד את נושא יחס היונים בנוסחה האמפירית של חומר יוני, שנשמר בעת ההמסה, והאבחנה בין נפח התמיסות המקוריות לנפח הכולל של התמיסה המתקבלת לאחר הערבוב.
  - לבנות עם התלמידים סכמה של מהלך הניסויים המתוארים בשאלה.
  - להיכנס לקורס "כימיה לעניין" באתר [Campus IL](#) (השימוש בקורס מחייב הרשמה - הרישום חינם), לפרק 8 - חומצות ובסיסים ולתרגל עם התלמידים שאלות משיעורים 6.12, 6.13.
- ראו את הפרטים בקישורים לחומרים מס' א.8, ב.4, ב.13, ג.2, ה.7, ה.8 בטבלה בעמ' 5-8.

## שאלות תרגול לסעיפים ג'-ח'

## שאלה 1

- המיסו במים 11.1 גרם סידן כלורי,  $\text{CaCl}_2(\text{s})$ . נפח תמיסה A שהתקבלה היה 200 מ"ל.
- א. רשמו ניסוח של תגובת ההמסה של  $\text{CaCl}_2(\text{s})$  במים.
  - ב. חשבו את מספר המולים של סידן כלורי שהמיסו במים. **פרטו את חישוביכם.**
  - ג. חשבו את הריכוז המולרי של יוני כלוריד בתמיסה A. **פרטו את חישוביכם.**
  - ד. לתמיסה A הוסיפו 800 מ"ל מים. התקבלה תמיסה B. מהו הריכוז של יוני כלוריד בתמיסה B? **פרטו את חישוביכם.**
  - ה. לתמיסה B הוסיפו 1 ליטר תמיסה מימית של נתרן גופרתי,  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ . התרחשה תגובת שיקוע:
 
$$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaSO}_4(\text{s})$$
    - i. מהם סוגי היונים הנמצאים בתמיסה C?
    - ii. חשבו את המסה של  $\text{CaSO}_4(\text{s})$  שהתקל בתגובת השיקוע. **פרטו את חישוביכם.**

**התשובה****סעיף א'****סעיף ב'**

$$111 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

מסה מולרית של  $\text{CaCl}_{2(s)}$  :

$$\frac{11.1 \text{ gr}}{111 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.1 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{CaCl}_{2(s)}$  שהמיסו במים :

**סעיף ג'**

יחס המולים בין  $\text{CaCl}_{2(s)}$  לבין יוני כלוריד,  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$ , הוא 2:1 .

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

מספר המולים של יוני כלוריד,  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$ , ב-200 מ"ל תמיסה A :

$$\frac{0.2 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$$

ריכוז יוני כלוריד בתמיסה A :

**סעיף ד'**

$$200 \text{ ml} + 800 \text{ ml} = 1000 \text{ ml} = 1 \text{ liter}$$

הנפח של תמיסה B :

$$\frac{1\text{M}}{5} = 0.2 \text{ M}$$

בוצע מיהול של תמיסה A פי 5 והתקבלה תמיסה B . לכן הריכוז של יוני כלוריד בתמיסה B :

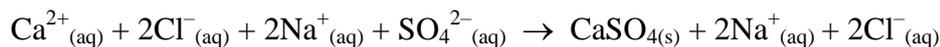
או: מספר המולים של יוני כלוריד,  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$ , לא השתנה.

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

0.2 מול יוני כלוריד נמצאים ב-1 ליטר תמיסה B . הריכוז של יוני כלוריד בתמיסה B :

**סעיף ה'****תת-סעיף i**

ניסוח יוני כולל של תגובת השיקוע :



בתמיסה C נמצאים יוני  $\text{Na}^{+}_{(aq)}$  ויוני  $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$  .

הערה: לא נדרש מהתלמידים לנסח תגובות שיקוע, אך בשאלה זו נתונים המגיבים והתוצרים.

**תת-סעיף ii**

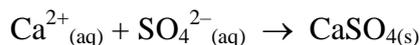
$$200 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

מסה מולרית של  $\text{CaSO}_{4(s)}$  :

יחס המולים בין  $\text{CaCl}_{2(s)}$  לבין יוני סידן,  $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ , הוא 1:1 .

לכן מספר המולים של יוני  $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$  שהגיב בתגובת שיקוע: 0.1 מול.

יחס המולים בניסוח תגובת השיקוע :



$$1 : 1 : 1$$

לכן מספר המולים של  $\text{CaSO}_{4(s)}$  : 0.1 מול

$$200 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.1 \text{ mol} = 20 \text{ gr}$$

המסה של  $\text{CaSO}_{4(s)}$  :

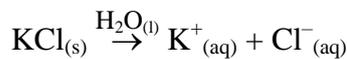
## שאלה 2

נתונה תערובת של שני מוצקים המסיסים במים: אשלגן כלורי,  $KCl_{(s)}$ , ומגנזיום כלורי,  $MgCl_{2(s)}$ . המיסו במים את תערובת המוצקים ליצירת 200 מ"ל תמיסה A. התערובת הכילה 3.725 גרם  $KCl_{(s)}$  ו-4.75 גרם  $MgCl_{2(s)}$ .

- רשמו ניסוח של תגובת ההמסה של  $KCl_{(s)}$  במים.
- רשמו ניסוח של תגובת ההמסה של  $MgCl_{2(s)}$  במים.
- חשבו את מספר המולים של כל אחד מן המוצקים בתערובת. **פרטו את חישוביכם.**
- חשבו את מספר המולים של יוני כלוריד,  $Cl^-_{(aq)}$  בתמיסה A. **פרטו את חישוביכם.**
- מהו הריכוז של יוני  $Cl^-_{(aq)}$  בתמיסה A? **פרטו את חישוביכם.**

## התשובה

## סעיף א'



## סעיף ב'



## סעיף ג'

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

מסה מולרית של  $KCl_{(s)}$ :

$$\frac{3.725 \text{ gr}}{74.5 \frac{gr}{mol}} = 0.05 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $KCl_{(s)}$  שהמיסו במים:

$$95 \frac{gr}{mol}$$

מסה מולרית של  $MgCl_{2(s)}$ :

$$\frac{4.75 \text{ gr}}{95 \frac{gr}{mol}} = 0.05 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $MgCl_{2(s)}$  שהמיסו במים:

## סעיף ד'

יחס המולים בין  $KCl_{(s)}$  לבין יוני  $Cl^-_{(aq)}$  הוא 1:1.

לכן מספר המולים של יוני  $Cl^-_{(aq)}$  שמקורם ב- $KCl_{(s)}$  הוא 0.05 מול.

יחס המולים בין  $CaCl_{2(s)}$  לבין יוני  $Cl^-_{(aq)}$ , הוא 1:2.

לכן מספר המולים של יוני  $Cl^-_{(aq)}$  שמקורם ב- $CaCl_{2(s)}$  הוא:

$$0.05 \times 2 = 0.1 \text{ mol}$$

$$0.05 \text{ mol} + 0.1 \text{ mol} = 0.15 \text{ mol}$$

מספר המולים של יוני כלוריד,  $Cl^-_{(aq)}$  בתמיסת A:

## סעיף ה'

$$\frac{0.15 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 0.75 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$$

הריכוז של יוני  $Cl^-_{(aq)}$  בתמיסת A:

## שאלה 3 - שאלה מסכמת

נתונה תערובת של שני מוצקים המסיסים במים: אשלגן ברומי,  $\text{KBr}_{(s)}$ , ונחושת ברומית,  $\text{CuBr}_{2(s)}$ . מסת התערובת היא 6.85 גרם. המיסו במים את תערובת המוצקים ליצירת 500 מ"ל תמיסה.

א. רשמו ניסוח של תגובת ההמסה של  $\text{KBr}_{(s)}$  במים.

ב. רשמו ניסוח של תגובת ההמסה של  $\text{CuBr}_{2(s)}$  במים.

חילקו את תמיסה המקורית לשני כלים וקיבלו תמיסות A ו-B. הנפח של כל אחד מן תמיסות A ו-B היה 250 מ"ל. לתמיסה A הוסיפו תמיסת נתרן גופרי,  $\text{Na}_2\text{S}_{(aq)}$ . התרחשה תגובת שיקוע שבה המגיבים הגיבו בשלמות והתקבלו 0.955 גרם משקע של  $\text{CuS}_{(s)}$ .

ג. i. רשמו ניסוח נטו של תגובת השיקוע.

ii. חשבו את מספר המולים של  $\text{CuS}_{(s)}$  שהתקבלו. **פרטו את חישוביכם.**

iii. חשבו את מספר המולים של יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  בתמיסה A. **פרטו את חישוביכם.**

iv. חשבו את מספר המולים של יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  בתמיסה המקורית. **פרטו את חישוביכם.**

v. חשבו את הריכוז של יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  בתמיסה המקורית. **פרטו את חישוביכם.**

ד. i. חשבו את מספר המולים של  $\text{CuBr}_{2(s)}$  בתערובת המוצקים. **פרטו את חישוביכם.**

ii. חשבו את המסה של  $\text{CuBr}_{2(s)}$  בתערובת המוצקים. **פרטו את חישוביכם.**

iii. חשבו את המסה של  $\text{KBr}_{(s)}$  בתערובת המוצקים. **פרטו את חישוביכם.**

ה. לתמיסה B הוסיפו תמיסת כסף חנקתי,  $\text{AgNO}_{3(aq)}$ , בריכוז 0.1M. התרחשה תגובת שיקוע שבה המגיבים הגיבו בשלמות ונוצר משקע כסף ברומי,  $\text{AgBr}_{(s)}$ .

ה. i. רשמו ניסוח נטו של תגובת השיקוע.

ii. חשבו את מספר המולים של יוני  $\text{Br}^{-}_{(aq)}$  בתמיסה B. **פרטו את חישוביכם.**

iii. חשבו את הריכוז של יוני  $\text{Br}^{-}_{(aq)}$  בתמיסה B. **פרטו את חישוביכם.**

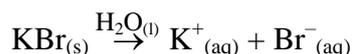
iv. קבעו אם הריכוז של יוני  $\text{Br}^{-}_{(aq)}$  בתמיסה המקורית גבוה מהריכוז של יוני  $\text{Br}^{-}_{(aq)}$  בתמיסה B, נמוך ממנו

או שווה לו. **נמקו את קביעתכם.**

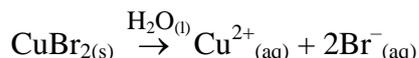
v. חשבו את הנפח של תמיסת  $\text{AgNO}_{3(aq)}$  שנדרש לתגובת השיקוע. **פרטו את חישוביכם.**

## התשובה

סעיף א'

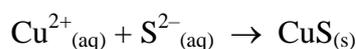


סעיף ב'



סעיף ג'

תת-סעיף i



## תת-סעיף ii

מסה מולרית של  $\text{CuS}_{(s)}$  :

$$95.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

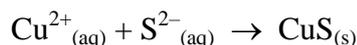
$$\frac{0.955 \text{ gr}}{95.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.01 \text{ mol}$$

מספר המולים של  $\text{CuS}_{(s)}$  :

## תת-סעיף iii

יחס המולים בין  $\text{CuS}_{(s)}$  לבין יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  הוא 1:1 .לכן מספר המולים של יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  בתמיסה A הוא **0.01 מול**.

או פתרון בטבלה - תת-סעיפים i, ii, iii בסעיף ג'



גדלים	יחידות	$\text{CuS}_{(s)}$	$\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$
יחס המולים בניסוח התגובה		1	1
מספר המולים	mol	0.01	0.01
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	95.5	
מסה מתקבלת	gr	0.955	

## תת-סעיף iv

מספר המולים של יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  בתמיסה A, שנפחה 250 מ"ל, הוא 0.01 מול.

$$0.01 \text{ mol} \times 2 = 0.02 \text{ mol}$$

מספר המולים של יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  בתמיסה המקורית שנפחה 500 מ"ל :

## תת-סעיף v

הריכוז של יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  בתמיסה המקורית :

$$\frac{0.02 \text{ mol}}{0.5 \text{ liter}} = 0.04 \text{ M}$$

## סעיף ד'

## תת-סעיף i

יחס המולים בין  $\text{CuBr}_{2(s)}$  לבין יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  הוא 1:1 .מספר המולים בין  $\text{CuBr}_{2(s)}$  בתערובת המוצקים הוא **0.02 מול**.

## תת-סעיף ii

מסה מולרית של  $\text{CuBr}_{2(s)}$  :

$$223.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$223.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.02 \text{ mol} = 4.47 \text{ gr}$$

המסה של  $\text{CuBr}_{2(s)}$  בתערובת המוצקים :

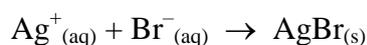
## תת-סעיף iii

המסה של  $\text{KBr}_{(s)}$  בתערובת המוצקים :

$$6.85 - 4.47 = 2.38 \text{ gr}$$

## סעיף ה'

## תת-סעיף i



## תת-סעיף ii

מספר המולים של יוני  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$  בתמיסה B שווה לזה שבתמיסה A (חושב בתת-סעיף ג' iv) והוא 0.01 מול.

$$0.01 \text{ mol} \times 2 = 0.02 \text{ mol}$$

יחס המולים בין  $\text{CuBr}_{2(s)}$  לבין יוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  הוא 2:1.

מספר המולים של יוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  שמקורם מ-  $\text{CuBr}_{2(s)}$ :

יחס המולים בין  $\text{KBr}_{(s)}$  לבין יוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  הוא 1:1.

מספר המולים של יוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  שמקורם מ-  $\text{KBr}_{(s)}$  : 0.01 mol

$$0.02 \text{ mol} + 0.01 \text{ mol} = \mathbf{0.03 \text{ mol}}$$

מספר המולים של יוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  בתמיסה B:

**תת-סעיף iii**

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

$$\frac{0.03 \text{ mol}}{0.25 \text{ liter}} = \mathbf{0.12 \text{ M}}$$

**תת-סעיף iv**

**קביעה:** הריכוז של יוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  בתמיסה המקורית שווה לריכוז של יוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  בתמיסה B.

**נימוק:** ריכוז מולרי של התמיסה אינו תלוי בנפח התמיסה. כאשר לוקחים חלק מהתמיסה הריכוז בחלק מהתמיסה

הוא כמו בתמיסה כולה, כי ריכוז מולרי מבטא את היחס בין מספר מולי המומס בליטר תמיסה.

**תת-סעיף v**

יחס המולים בניסות תגובת השיקוע בין יוני  $\text{Ag}^+_{(aq)}$  ליוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  הוא 1:1.

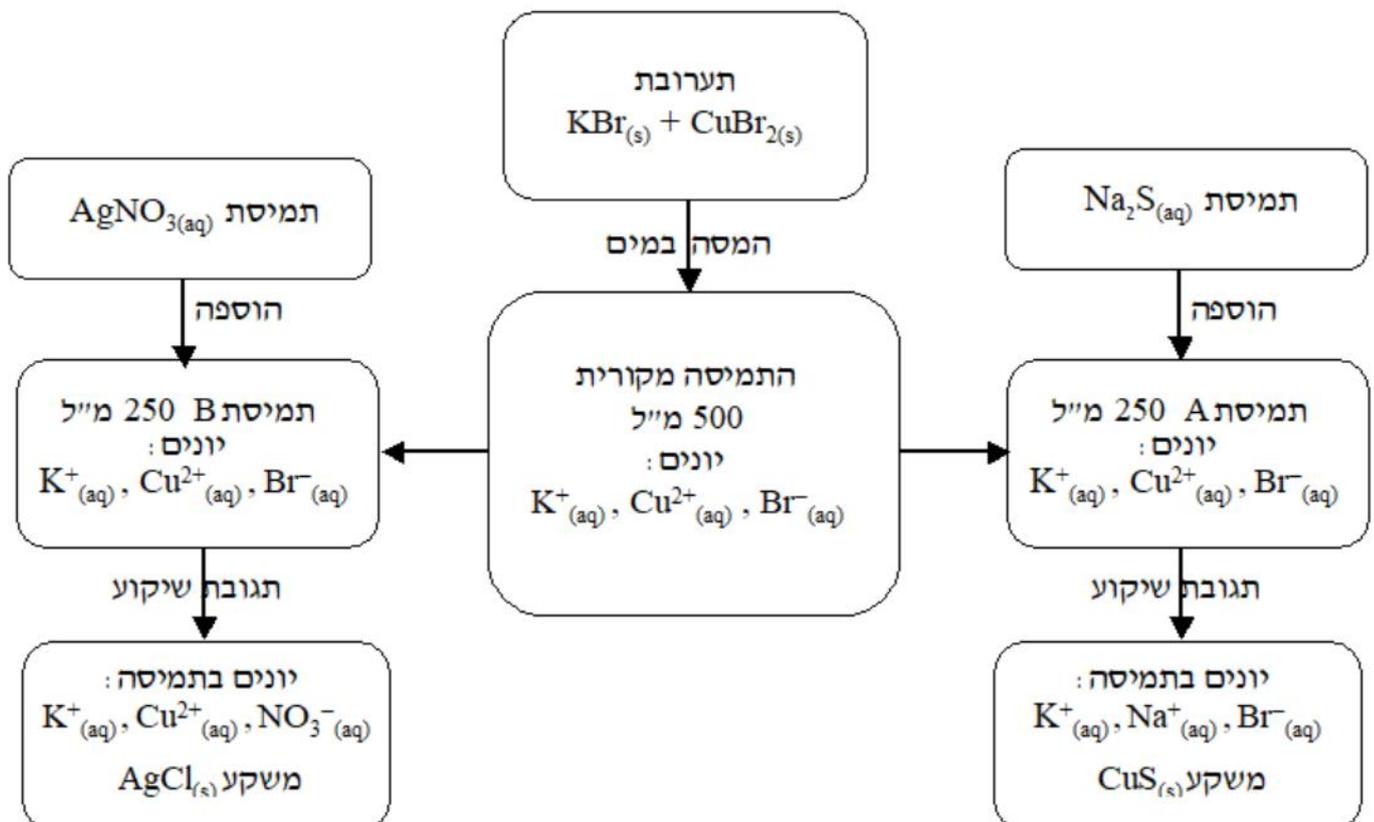
יחס המולים בין  $\text{AgBr}_{(s)}$  לבין יוני  $\text{Br}^-_{(aq)}$  הוא 1:1.

לכן מספר המולים של כסף חנקתי בתמיסת  $\text{AgNO}_{3(aq)}$  הוא 0.03 mol.

הנפח של תמיסת  $\text{AgNO}_{3(aq)}$  שנדרש לתגובת השיקוע:

$$\frac{0.03 \text{ mol}}{0.1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = \mathbf{0.3 \text{ liter}}$$

**סכמה של מהלך הניסויים**



## טבלאות סיכום המכילות נתוני השאלה ותוצאות החישובים

## תערובת המוצקים

מרכיבי התערובת				מסת תערובת המוצקים
KBr <sub>(s)</sub>		CuBr <sub>2(s)</sub>		
מספר מולים	מסה	מספר מולים	מסה	
0.02 mol	2.38 gr	0.02 mol	4.47 gr	6.85 gr

## התמיסה המקורית

יוני Br <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>		יוני K <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>		יוני Cu <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>		נפח התמיסה המקורית
ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	
0.12 M	0.06 mol	0.04 M	0.02 mol	0.04 M	0.02 mol	0.5 liter

תמיסה A לפני הוספת תמיסת Na<sub>2</sub>S<sub>(aq)</sub>

יוני Br <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>		יוני K <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>		יוני Cu <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>		נפח תמיסת A
ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	
0.12 M	0.03 mol	0.04 M	0.01 mol	0.04 M	0.01 mol	0.25 liter



מספר המולים של יוני			משקע CuS <sub>(s)</sub>	
Br <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>	Na <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	K <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	מספר מולים	מסה
0.03 mol	0.02 mol	0.01 mol	0.01 mol	0.955 gr

תמיסה B לפני הוספת תמיסת AgNO<sub>3(aq)</sub>

יוני Br <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>		יוני K <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>		יוני Cu <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>		נפח תמיסת B
ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	ריכוז מולרי	מספר מולים	
0.12 M	0.03 mol	0.04 M	0.01 mol	0.04 M	0.01 mol	0.25 liter



מספר המולים של יוני			משקע AgBr <sub>(s)</sub>	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>	K <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	Cu <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	מספר מולים	מסה
0.03 mol	0.01 mol	0.01 mol	0.03 mol	4.305 gr

**קישורים לחומרים מומלצים נוספים שאינם קשורים לניתוח השאלות**  
**מבחינת הבגרות, באתרים העוסקים בהוראת הכימיה**

מס'	קישור	פירוט
<b>אתר מפמ"ר כימיה, משרד החינוך</b>		
1	<a href="#">תובנות בעקבות תהליך הערכה</a>	תובנות בעקבות תהליך ההערכה של בחינת הבגרות תשפ"ג - המסמך נכתב על ידי צוות המעריכים הבכירים במרב"ד: קבצים בעברית ובערבית
2	<a href="#">למידה בחירום - מלחמת חרבות ברזל</a>	למידה בחירום - מלחמת חרבות ברזל.
3	<a href="#">מיומנויות חשיבה</a>	אגף מדעים - הקניית מיומנויות חשיבה ולמידה, שהן הבסיס לרכישת ידע מדעי
4	<a href="#">צפיין</a>	דוגמאות לבחינות עתירות מדיה בכימיה: ניתן לראות בצפיין הבחינות דוגמאות לבחינות מתקשבות עתירות מדיה שהתקיימו בעבר.
5	<a href="#">Campus II</a>	קורס "כימיה לעניין" באתר של קמפוס II (השימוש בקורס מחייב הרשמה לקמפוס II - הרישום חינם)
6	<a href="#">שיעורי כימיה מוקלטים</a>	שיעורי כימיה מוקלטים במסגרת תכנית השידורים הלאומית.
<b>קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע</b>		
7	<a href="#">חדרי בריחה כימיים</a>	שיעורי כימיה בסגנון חדרי בריחה. הנושאים: הטבלה המחזורית, חומצות ובסיסים, כימיה בסיסית, מקורות אנרגיה וגז טבעי.
8	<a href="#">משימות דיאגנוסטיות</a>	ערכות להוראה מותאמת אישית המבוססת על אבחון תפיסות שגויות של התלמידים. אבחון התפיסות נעשה באמצעות משימות דיאגנוסטיות בנושאים: מושגי יסוד, מבנה וקישור, חמצון-חיזור, חומצות ובסיסים, סטויכיומטריה, אנרגיה.
9	<a href="#">פטל כימיה</a>	פטל כימיה היא סביבה שפותחה במטרה להנגיש למורי הכימיה בתיכון כלים ליישום הוראה ולמידה מותאמות אישית (השימוש בפטל מחייב הרשמה - הרישום חינם).
<b>קבוצת הכימיה בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון</b>		
10	<a href="#">בריחת המוחות - חדרי בריחה</a>	שיעורי כימיה בסגנון חדרי בריחה: בריחת המוחות - חדרי בריחה. חדר בריחה מקורי המכניס את התלמידים לעולם הכימיה בדרך חווייתית.
11	<a href="#">הגורמים המשפיעים על בחירת קריירה בכימיה</a>	הרצאה מאת ד"ר שירלי אברגיל בכנס מורי הכימיה: הגורמים המשפיעים על בחירת קריירה בכימיה מנקודת מבטם של סטודנטים לכימיה בשנה השלישית לתואר.
12	<a href="#">משימות אוריינות ל"מבוא לכימיה"</a>	חוברת "חומרי עזר למורה - משימות אוריינות ל"מבוא לכימיה" בדגש על ידע אפיסטימולוגי, ד"ר אורית הרשקוביץ, ד"ר גבי שורץ, ראש פרויקט - פרופ' יהודית דורי
<b>המרכז הארצי למורי הכימיה</b>		
13	<a href="#">ניתוח בחינות הבגרות שהתקיימו בשנים תשס"ט-תשפ"ג</a>	ניתוח סטטיסטי ואנליטי של בחינת הבגרות בהיקף 55% - שאלונים 037381 ו-037387 (בחינה מתוקשבת). הניתוח מאפשר איתורן של שגיאות אופייניות וקשיי למידה של תלמידים, ומציאת דרכים להתגבר עליהן.
14	<a href="#">חוברות סיכום ניתוח שאלות מבחינות הבגרות לפי נושאים</a>	נושאי החוברות: מבנה וקישור, חמצון-חיזור, סטויכיומטריה, חומצות ובסיסים, אנרגיה. חוברות המשך בנושאים אלה.
15	<a href="#">שאלות תרגול בנושאי הלימוד</a>	חוברות מאגרי שאלות תרגול בנושאי הלימוד
16	<a href="#">הרצאות בכנסים ארציים למורי הכימיה</a>	הרצאות בנושאים שונים - מומלץ להיעזר בהרצאות של מומחים ומורים, שניתנו בכנסים ארציים למורי הכימיה.
17	<a href="#">פעילויות שפותחו בקהילות מורים</a>	פעילויות בנושאי שונים בהוראת הכימיה שפותחו בקהילות מורי הכימיה.
18	<a href="#">הרצאות מתוקשבות</a>	הרצאות מתוקשבות בכימיה ובתחומי מדע נוספים הניתנים על ידי מומחים בתחומים אלה.
19	<a href="#">פעילויות מתוקשבות בנושא מבנה וקישור</a>	פעילויות מתוקשבות בנושא מבנה וקישור: מודלים ממוחשבים ולומדות.
20	<a href="#">על-כימיה</a>	כתב העת למורי הכימיה, 40 גיליונות של כתב עת.
21	<a href="#">הוראה מותאמת אישית</a>	הוראה מותאמת אישית והשפעתה על ההישגים, המסוגלות העצמית והתפיסות השגויות של תלמידי כימיה, ד"ר אינאס עיסא, פרופ' רון בלונדר. "על-כימיה", גיליון 40.
22	<a href="#">הכוונה עצמית בלמידה</a>	הכוונה עצמית בלמידה - על קצה המזלג, ד"ר יעל פלדמן-מגור. "על-כימיה", גיליון 37.
	<a href="#">70 שנות כימיה</a>	גיליון חגיגי לכבוד שנת ה-70 למדינה, גיליון מיוחד של "על-כימיה".
<b>אתרים שונים</b>		
23	<a href="#">How to support students' graphical reasoning chemistry</a>	הרצאה ב-YouTube בנושא מעניין בהוראת הכימיה: כיצד לתמוך בהבנת התלמידים של גרפים בכימיה: Build me an argument about: How to support students' graphical reasoning chemistry/Jon-Marc G. Rodriguez, Ph.D. University of Wisconsin - Milwaukee. 27.09.22
24	<a href="#">מצגות כימיה ברשת</a>	מצגות כימיה ברשת בנושאי הוראת הכימיה, מכון דוידסון, הזרוע החינוכית של מכון ויצמן