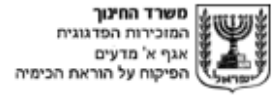




מינהלת סל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלון 37381 תשפ"א

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

בראשות: זיוה בר-דב

צוות הכתיבה: אורית וינשטוק

חולוד חלף

רים סאבא

אלה פרוטקין-זילברמן

רחל קלנר

עדינה שינפלד

נאוה תמם

יעוץ מדעי ופדגוגי

מכון ויצמן למדע:

פרופ' רון בלונדר

ד"ר רחל ממלוק-נעמן

ד"ר דבורה מרצ'ק

ד"ר דבורה קצביץ

פרופ' גלעד הרן

משרד החינוך:

ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה

מדריכות כימיה:

לימור באום נטלי בסקין

יסמין ג'נאח חמוד אורנה דגן

ורדה כספי אורית לוין

איריס שנער

פברואר 2022

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

תוכן עניינים

עמ'		
3	מבוא כללי והמלצות כלליות	♦
	קישורים לחומרים המומלצים בניתוח השאלות מבחינת הבררות,	♦
5	באתרים העוסקים בהוראת הכימיה	
8	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הסגורות	♦
10	ניתוח התוצאות של שאלה 1	♦
14	ניתוח התוצאות של שאלה 2	♦
18	ניתוח התוצאות של שאלה 3	♦
21	ניתוח התוצאות של שאלה 4	♦
25	ניתוח התוצאות של שאלה 5	♦
30	ניתוח התוצאות של שאלה 6	♦
34	ניתוח התוצאות של שאלה 7	♦
37	ניתוח התוצאות של שאלה 8	♦
41	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות	♦
42	ניתוח התוצאות של שאלה 9	♦
65	ניתוח התוצאות של שאלה 10	♦
84	ניתוח התוצאות של שאלה 11	♦
103	ניתוח התוצאות של שאלה 12	♦
118	ניתוח התוצאות של שאלה 13	♦
140	ניתוח התוצאות של שאלה 14	♦
	קישורים לחומרים מומלצים נוספים שאינם קשורים לניתוח	♦
157	השאלות מבחינת הבררות, באתרים העוסקים בהוראת הכימיה	

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה

שאלון 037381 תשפ"א

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 מפמ"ר כימיה, משרד החינוך](#)

בחינת הבגרות בכימיה שאלון 037381

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 וציוני המסיחים.

ניתוח השאלות הפתוחות מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד: ציוני שאלות וציוני סעיפים בשאלות 9-14; על תוצאות המדגם של 278 מחברות: ציוני תת-סעיפים בשאלות 9-14; ועל טעויות אופייניות שאותרו על-ידי מעריכי בחינת הבגרות.

השנה ניגשו לבחינה **8,132** תלמידים, על-פי הממצאים של מכון סאלד:

7,973 תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037381 במועד קיץ תשפ"א.

בנוסף, **159** תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037381 במועד קיץ נבצרים תשפ"א.

הכנסת השינויים לתוכנית הלימודים בכימיה למערכת דורשת לימוד מעמיק של טעויות אופייניות של תלמידים שמופיעות בבחינות הבגרות, במיוחד בנושאים החדשים יחסית, מציאת דרכים להתגבר על טעויות אלה ואף למנוע אותן בעזרת חומרי הוראה מתאימים ודרכי הוראה מגוונות. ארגון של ניתוח התוצאות של בחינות הבגרות נעשה בהתאם לתוכנית הלימודים החדשה בהיקף של 55% (מתוך 70%), עם דגש על היערכות לטיפול בקשיי למידה על פי התוכנית החדשה.

ניתוח בחינות הבגרות משמש כלי עבודה יעיל ומהימן להתמקצעות מורים ומאפיינות אותו הנקודות הבאות:

- 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 שחושף אותם לבחינת הבגרות כתוצר למידה שמסכם את כל תכנית הלימודים (כולל ידע ומיומנויות).
- הניתוח כולל עיבוד טעויות אופייניות של תלמידים המאותרות במהלך ההערכה של בחינת הבגרות. כל הטעויות של תלמידים נאספות ממחברות הבחינה על ידי מעריכי בחינת הבגרות על פי בקשתנו. המעריכים רושמים ציטטות מתשובות שגויות. כל חברי הצוות של כתיבת החוברת של ניתוח בגרות הם מעריכים ומחציתם מעריכים בכירים. כל חברי הצוות רושמים ציטטות רבות ככל האפשר ממחברות הבחינה.
- הניתוח כולל את ניתוח הסיבות לטעויות והסבר למקור שלהן.
- הניתוח כולל המלצות למורים: הדגשים בהוראה (תרגול, ניסויים, דפי עבודה, מצגות, אנימציות) אשר מסייעים 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 הבגרות,
באתרים העוסקים בהוראת הכימיה**

מס'	שאלה וסעיף	קישור	פירוט
אתר מפמ"ר כימיה, משרד החינוך			
(1)			
(2)	14א	דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות (מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל).	נספח לסילבוס : דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות (מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל).
(3)	11ה	דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור.	תגובות הנתונות בנספח לסילבוס : דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור.
(4)	13א	המונחון לנוסחאות של חומרים	מונחון לנוסחאות של חומרים שפורסם על ידי הפיקוח על הוראת הכימיה.
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			
(5)			
(6)	3	"קוטביות או לא להיות"	ערכה להוראה מותאמת אישית : תרגול נושא הקוטביות במשימה דיאגנוסטית הכוללת גם ערכה למורה לטיפול בקשיים בנושא זה.
(7)	4	"הולכת חשמל במוצקים"	ערכה להוראה מותאמת אישית : הערכה בודקת תפיסות שגויות וקשיים אצל התלמידים בנושא הולכה חשמלית במוצקים.
(8)	4	"מבנה וקישור - הולכת חשמל בחומר יוני"	ערכה להוראה מותאמת אישית : הערכה דנה בהולכת חשמל של חומרים יונים.
(9)	9ב	המסה של חומרים מולקולריים.	ערכה להוראה מותאמת אישית : המסה של חומרים מולקולריים.
(10)	9ב	מה יש בתמיסה	ערכה להוראה מותאמת אישית : מה יש בתמיסה.
(11)	9ד	"מי מחזר כאן?"	ערכה להוראה מותאמת אישית : "מי מחזר כאן?"
(12)	13ב	"מי גבוהה יותר?"	ערכה להוראה מותאמת אישית : "מי גבוהה יותר?"
(13)	14ב	"הולכת חשמל במוצקים"	ערכה להוראה מותאמת אישית "הולכת חשמל במוצקים".
(14)	12, 14ד	"משימה דורשת ריכוז"	ערכה להוראה מותאמת אישית : "משימה דורשת ריכוז".
קבוצת הכימיה בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון			
(15)	12ב	משימות אוריינות ל"מבוא לכימיה"	חוברת "חומרי עזר למורה - משימות אוריינות ל"מבוא לכימיה" בדגש על ידע אפיסטימולוגי, מאת ד"ר אורית הרשקוביץ, ד"ר גבי שוורץ, ראש פרויקט - פרופ' יהודית דורי, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון.
אתר המרכז הארצי למורי הכימיה			
(16)	1, 2	מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום"	חוברת שהוכנה על ידי מיכאל קויפמן : מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום" : שאלות ותשובות מבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ז ושאלות ותשובות נוספות בנושא.
(17)	9ה, ii, i, 10ה, 11א, 13ב	סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"	חוברת : סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו : קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה.

טבלאות המציגות את השלבים בקביעת המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים שונים, על פי הדוגמה המופיעה בחוברת: סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה, עמוד 16.	השלבים בקביעת המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים שונים	5	(18)
חוברת: סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות וביססים" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ז: קשיי למידה, דרכי הוראה המותאמות לתוכנית הלימודים 30-70.	סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות וביססים"	11,7ה	(19)
חוברת: תרגול ושאלות בנושא "סטוכיומטריה" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 30-70.	תרגול ושאלות בנושא "סטוכיומטריה"	12,6ה, 14,1ד	(20)
חוברות של ניתוח בגרות תשע"ט-תש"ף.	ניתוח בגרות	8,7,6, 14,1ה	(21)
פעילות של הפרויקט "מנה במבחנה". בעזרת פעילות זו ניתן לחוש במושג "יחס".	"סנדוויץ' "	6	(22)
חוברת תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 30-70	תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור"	12,8ד	(23)
חוברת: סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה.	סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה"	12ג, 13ה-ו, כללי	(24)
שלוש אנימציות בנושא תמיסות מימיות של חומרים.	תמיסה מימית של אשלגן יודי - אנימציה תמיסה של יוד בהקסאן - אנימציה תמיסה מימית של מתאנול - אנימציה	9ב	(25)
ניסוי: חומצות, בסיסים ושלל צבעים - ניסוי חקר רמה I, עיבוד ע"י נורית דקלו ושרה אקונס לניסוי TEMI "תעלומת קנקן התה הסיני", פנינה יקירביץ.	חומצות, בסיסים ושלל צבעים	9ג	(26)
משימות להקניית אוריינות: אוריינות כימית.	אוריינות כימית	9 כללי, 12ב	(27)
מצגת מאת ד"ר דבורה קצביץ: מיומנות בניית טיעונים.	מיומנות בניית טיעונים	9 כללי	(28)
פעילות: "הולכת חשמל בחומר יוני"	"הולכת חשמל בחומר יוני"	14ב	(29)
פעילות: "המסת חומר יוני"	"המסת חומר יוני"	14ב	(30)
פעילות: משחק "מהו הגורם המשפיע"? העוסק בכוחות בין מולקולריים	"מהו הגורם המשפיע?"	13ב	(31)
פעילות: תשבץ בנושא אנרגייה עם פתרון המתייחס להגדרות רלוונטיות לנושא.	תשבץ בנושא אנרגייה	13ו	(32)
מצגת שערכה גליה גויכברג: דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות.	דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות	14א	(33)
לומדה: "היבטים כמותיים בכימיה" שהוכנה ע"י ד"ר שלי ליבנה. הלומדה מכילה מספר רב של תרגילי חישוב, בנושאי לימוד שונים	"היבטים כמותיים בכימיה"	12ה	(34)
מכון דוידסון, הזרוע החינוכית של מכון ויצמן למדע			
תרגול הקביעה של קוטביות מולקולות בעזרת כתבה מאת ד"ר אבי סאיג.	"קוטביות של מולקולות"	3	(35)
כתבה מאת ד"ר אבי סאיג: 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, כולל הידרוגנציה.	מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס?	10ז	(36)
מצגת תמיסות וריכוזים מתוכנית "כימיה ברשת".	תמיסות וריכוזים	12ה,ז	(37)
מצגת: דרגות חמצון של יונים מורכבים ושל תרכובות פחמן, מתוך המצגות של "כימיה ברשת".	דרגות חמצון של יונים מורכבים ושל תרכובות פחמן	12ד	(38)

אתרים שונים			
שיעור 2 בנושא חמצון-חיזור: "דרגות חמצון". מורה: מירה תמיר, מערכת השידורים הלאומית.	דרגות חמצון	8	(39)
מערכת השידורים לאומית. שיעור 4: היערכות אלקטרוניים באטום, יונים ונוסחת ייצוג אלקטרונית של אטומים ויונים חד אטומיים. כיתות י"א-י"ב. שם המורה: יגאל לינקובסקי.	"היערכות אלקטרוניים באטום"	1	(40)
שיעור של איריס שנער בנושא: חישוב השינוי באנתלפיה לפי חוק הס, במסגרת מערכת השידור הלאומית.	חישוב השינוי באנתלפיה לפי חוק הס	12ג	(41)
שיעור בנושא "אנרגייה - שינוי אנתלפיה במהלך התרחשות תגובות כימיות" שבו יש התייחסות לנושא של שרטוט גרפים בהתאם לניסוחי תגובות, מערכת השידורים הלאומית.	"אנרגייה - שינוי אנתלפיה במהלך התרחשות תגובות כימיות"	13ו	(42)
תרגול באמצעות טופס גוגל: רישום מקוצר של חומצות שומן שהכינה הדס אהרוני (יש להעתיק את הקובץ לפני עריכה).	רישום מקוצר של חומצות שומן	10ב, ד	(43)
מאמר מאת Jennifer Raff: How to read and understand a scientific paper: a guide for non-scientists	How to read and understand a scientific paper: a guide for non-scientists	9 כללי	(44)
סיכום הנושא באמצעות מסלול לימוד שיעור א-סינכרוני: מבנה האטום, שהוכן על ידי נורית דקלו.	מסלול לימוד שיעור א-סינכרוני מבנה האטום	2	(45)
תרגול באמצעות טופס גוגל: ביצוע משימה מתוקשבת בנושא מבנה האטום בשפה הערבית.	משימה מתוקשבת בשפה הערבית	2	(46)
תוכנה להבנת מבנים מרחביים של מולקולות.	MolView	3	(47)
סרטון המראה כיצד בונים נוסחה אמפירית של חומרים יוניים.	Ionic bonds	4	(48)
סרטון שהוכן ע"י יפעת גוטמן וד"ר רות ולדמן, המסביר את תהליך ההמסה במים של חומרים יוניים.	"המסה במים"	4	(49)
סרטון המסכם את תכונות החומרים היוניים.	Ionic Compounds	4	(50)
סרטון מאת TED Ed שמסייע להמחיש לתלמידים את המשמעות של מספר אבוגדרו.	Mole	6	(51)
סימולציות של PhET Colorado	"בנה אטום"	2	(52)
	"הרכב האטום"	1	(53)
	איזון תגובות	14ה ii	(54)
	משחק איזון תגובות	14ה ii	(55)
תרגול באמצעות אתר wizer	"סידור האלקטרוניים באטום חלק א"	1	(56)
	"סידור האלקטרוניים באטום חלק ב"	1	(57)
	"מבנה האטום"	2	(58)

ניתוח התוצאות של השאלות רבות הברירה - שאלות 8-1

בחינת הבגרות תשפ"א

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 וציוני המסיחים.

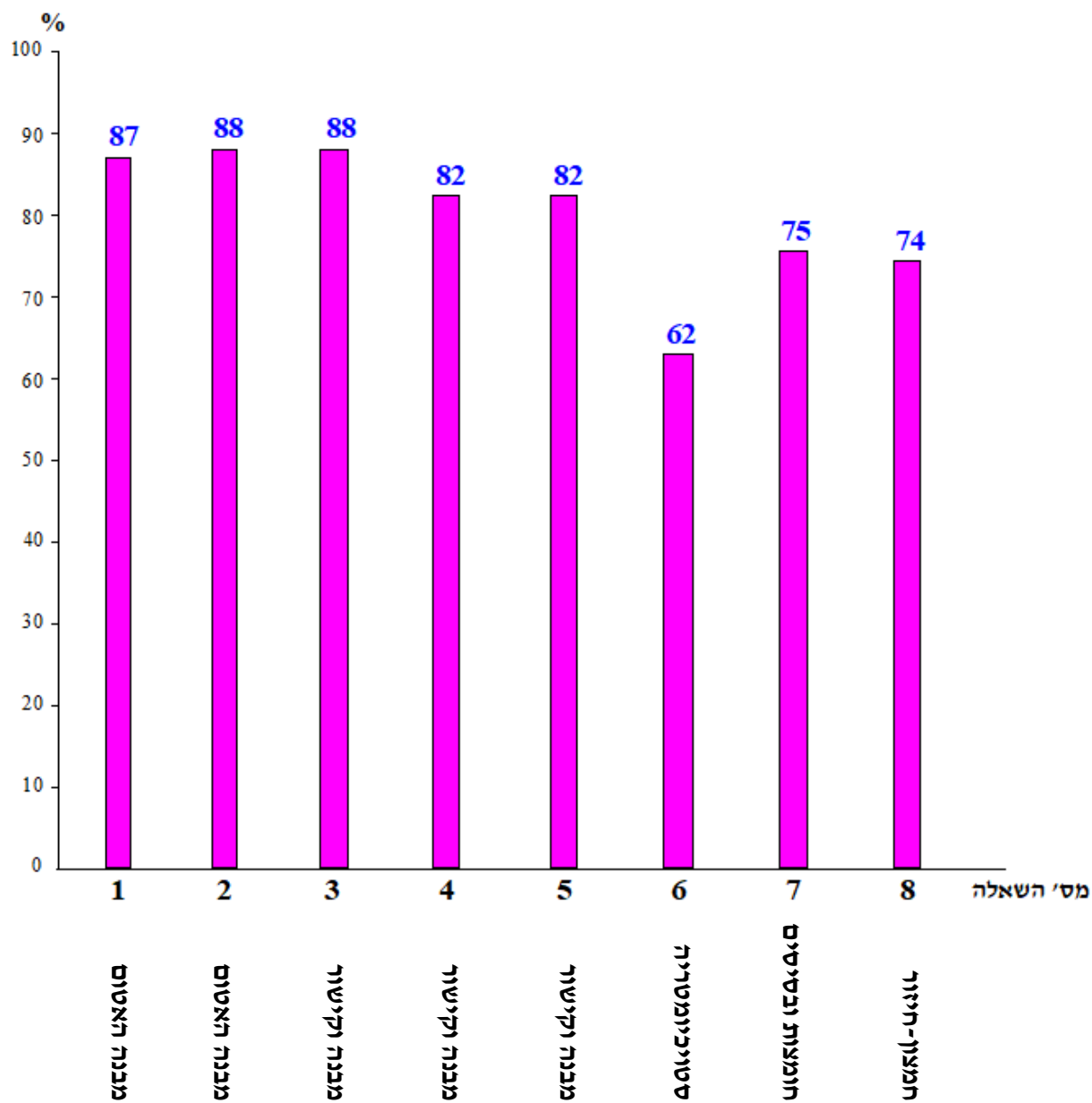
הנחיות למענה השאלות רבות הברירה - קיץ תשפ"א:

עליך לענות על כל השאלות 1 - 8. אם תענה נכון על 6 שאלות לפחות, תקבל את מלוא 20 נקודות.

ציונים ממוצעים ורמות החשיבה של שאלות 8-1:

נושא	מבנה האטום 1	מבנה האטום 2	מבנה וקישור 3	מבנה וקישור 4	מבנה וקישור 5	סטויכיו- מטריה 6	חומצות ובסיסים 7	חמצון- חיזור 8
שאלה	1	2	3	4	5	6	7	8
ציון	87	88	88	82	82	62	75	74
רמת חשיבה	הבנה	הבנה	יישום	יישום	אנליזה	יישום	יישום	אנליזה

ציונים ממוצעים של שאלות 8-1



ניתוח שאלות 8-1 מבחינת הבגרות

1 מבנה האטום

מהי היערכות האלקטרונים של היון $^{2+}_{12}\text{Mg}$?

2, 8	א.	87%
2, 6	ב.	1%
2, 8, 2	ג.	9%
2, 8, 4	ד.	3%

הנימוק

התשובה הנכונה היא א'.

היערכות האלקטרונים של אטום Mg היא 2,8,2. כאשר אטום Mg מאבד שני אלקטרונים, הוא הופך ליון חיובי Mg^{2+} שהיערכות האלקטרונים שלו 2,8. מסיח ב' אינו נכון, כי באטום Mg יש 12 אלקטרונים ולא 10, לכן כאשר הוא מאבד שני אלקטרונים והופך ליון Mg^{2+} , יש בו 10 אלקטרונים ולא 8. מסיח ג' אינו נכון, כי בו מוצגת היערכות האלקטרונים של אטום Mg ולא של יון Mg^{2+} . מסיח ד' אינו נכון, כיוון שעל פי מטען היון Mg^{2+} , יון זה מתקבל מאטום Mg שאיבד שני אלקטרונים ולא נוספו לו שני אלקטרונים.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ⏪ ליישם את הידע בנושא מבנה האטום:
- ♦ מספר אטומי שווה למספר פרוטונים בגרעין.
 - ♦ ביון חיובי מספר פרוטונים בגרעין גדול ממספר אלקטרונים בחלקיק.
 - ♦ המספרים הנתונים מבטאים היערכות אלקטרונים של אטומי היסודות ברמות אנרגיה.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו ליישם את הידע בנושא מבנה האטום. 9% מהתלמידים בחרו במסית ג'. תלמידים אלה התייחסו ליון חיובי כאל אטום ניטרלי. 4% מהתלמידים, שבחרו במסיתים ב' ו-ד', הראו חוסר הבנה בהיערכות אלקטרונים של אטום ושל יון חיובי.

המלצות

מאחר ונושא מבנה האטום נלמד בכיתה י', מומלץ לכלול את המושגים בנושא זה בנושאי חזרה לקראת בחינת הבגרות. כדי לעזור לתלמידים להפנים את הנושא ולענות לשאלות מסוג זה, מומלץ לבקש מהם לעבור על הסימולציה "[הרכב האטום](#)". מומלץ לתת לתלמידים שיעורי בית: לראות את הסרטון, לבצע את התרגילים ולהקשיב להסבר: "[היערכות אלקטרוניים באטום](#)".

מומלץ לפתור את השאלות מהחוברת: [מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום"](#).

מומלץ לתרגל באמצעות: "[סידור האלקטרוניים באטום חלק א'](#)"

"[סידור האלקטרוניים באטום חלק ב'](#)"

ראו את הקישורים לחומרים מס' (16), (40), (53), (56), (57) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלות לתרגול

שאלה 1

מהי היערכות האלקטרוניים של יון אשלגן, ${}_{19}\text{K}^+$?

א. 2, 8

ב. **2, 8, 8**

ג. 2, 8, 8, 2

ד. 2, 8, 8, 1

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

היערכות האלקטרוניים של אטום K היא 2,8,8,1. כאשר אטום K מאבד אלקטרון, הוא הופך

ליון K^+ שהיערכות האלקטרוניים שלו היא 2,8,8.

מסיח א' אינו נכון: אטום K מכיל 19 אלקטרוניים ונמצא בשורה הרביעית של הטבלה המחזורית, יש לו ארבע רמות אנרגייה מאוכלסות. לאחר איבוד אלקטרון יישארו בו שלוש רמות אנרגייה ולא שתיים.

מסיח ג' אינו נכון: על פי מטען היון K^+ , לאחר איבוד אלקטרון מן האטום יהיה בחלקיק אלקטרון אחד פחות ולא אלקטרון נוסף.

מסיח ד' אינו נכון: זוהי היערכות האלקטרוניים של אטום K ולא של יון K^+ .

שאלה 2

השלימו את הטבלה :

היערכות אלקטרוניים	מטען החלקיק	מספר נויטרונים	מספר אלקטרוניים	מספר פרוטונים	מספר המסה	מספר אטומי	סימול החלקיק	
	2+				40	20		א.
		16		16			S ²⁻	ב.
		10	9			9		ג.
2,8,8,2					40	20		ד.

התשובה

היערכות אלקטרוניים	מטען החלקיק	מספר נויטרונים	מספר אלקטרוניים	מספר פרוטונים	מספר המסה	מספר אטומי	סימול החלקיק	
2,8,8	2+	20	18	20	40	20	Ca ²⁺	א.
2,8,8	2-	16	18	16	32	16	S ²⁻	ב.
2,7	0	10	9	9	19	9	F	ג.
2,8,8,2	0	20	20	20	40	20	Ca	ד.

שאלה 3

היערכות האלקטרוניים של אטום יסוד Y היא 2,8. מהו המשפט הלא נכון?

א. יסוד Y הוא גז אציל.

ב. יסוד Y הוא חמצן.

ג. לאטום Y יש 10 פרוטונים.

ד. לאטום Y יש 10 אלקטרוניים.

הנימוק

התשובה הנכונה (המשפט הלא נכון) היא ב'.

היערכות האלקטרוניים היא של אטום. לאטום החמצן 8 אלקטרוניים ולכן היערכות האלקטרוניים שלו היא 2,6.

המשפט במסיח א' נכון, ולכן זאת לא התשובה המתאימה, זוהי היערכות האלקטרוניים של אטום גז אציל שהרמה האחרונה שלו מלאה.

המשפט במסיח ג' נכון, ולכן זאת לא התשובה המתאימה, מכיוון שעל פי היערכות האלקטרוניים יש לאטום סה"כ 10 פרוטונים.

המשפט במסיח ד' נכון, ולכן זאת לא התשובה המתאימה, זוהי היערכות האלקטרוניים של אטום עם 10 אלקטרוניים.

שאלה 4 (לקוחה מבחינת הבגרות תשס"א)

המספר האטומי של חלקיק מסוים הוא 20.

היערכות האלקטרונים בחלקיק זה היא 2, 8, 8. מהו החלקיק?

א. Ca

ב. Ar

ג. Ca^{2+}

ד. S^{2-}

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.

על פי המספר האטומי ניתן להסיק שמדובר ביסוד סידן. לחלקיק הנדון בשאלה 20 פרוטונים ועל פי

היערכות האלקטרונים - 18 אלקטרונים. כלומר, החלקיק מכיל שני פרוטונים יותר ממספר

האלקטרונים ומטענו יהיה $2+$.

מסיח א' אינו נכון, כי באטום Ca יש 20 אלקטרונים.

מסיח ב' אינו נכון, כי המספר האטומי של Ar הוא 18.

מסיח ד' אינו נכון, כי המספר האטומי של S הוא 16.

2 מבנה האטום

- מסמלים יסוד בסימול שרירותי A .
- מספר המסה של אטום היסוד A הוא 87 .
- מספר הנויטרונים באטום זה הוא 49 .
- מהו היון המתאים לאטום היסוד A ?

A^{2+}	א.	88%
A^{2-}	ב.	4%
A^+	ג.	5%
A^{3+}	ד.	3%

הנימוק

- התשובה הנכונה היא א'.
- מספר המסה שווה לסכום של מספר הפרוטונים ומספר הנויטרונים בגרעין האטום.
- מספר הפרוטונים בגרעין: $87 - 49 = 38$
- על פי הטבלה המחזורית יסוד A הוא סטרונציום, Sr . יסוד זה נמצא בטור השני, מכאן ניתן להסיק שיש לו שני אלקטרונים. לכן היון הנפוץ המתאים לאטום Sr הוא Sr^{2+} (A^{2+}).
- מסיח ב' אינו נכון, כי סטרונציום הוא מתכת היוצרת יונים חיוביים ולא שליליים.
- מסיח ג' אינו נכון, כי סטרונציום נמצא בטור השני ואטום שלו יוצר יון שמטענו $2+$ ולא $1+$.
- מסיח ד' אינו נכון, כי סטרונציום נמצא בטור השני ואטום שלו יוצר יון שמטענו $2+$ ולא $3+$.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לוישם את הידע בנושא מבנה האטום: <
- מספר אטומי שווה למספר פרוטונים בגרעין האטום. ♦
- ביון חיובי מספר פרוטונים בגרעין גדול ממספר אלקטרונים בחלקיק. ♦
- ביון שלילי מספר פרוטונים בגרעין קטן ממספר אלקטרונים בחלקיק. ♦
- מספר המסה שווה לסכום של מספר הפרוטונים ומספר הנויטרונים בגרעין האטום. ♦
- לחשב את מספר הפרוטונים בגרעין האטום על פי מספר המסה ומספר הנויטרונים. <
- לזהות את האטום על פי מספר הפרוטונים בגרעין האטום. <
- לקשר בין מיקום היסוד בטבלה המחזורית לבין מספר האלקטרונים ברמה הגבוהה ביותר באטום של יסוד זה. <
- לקבוע מהו היון המתאים לאטום היסוד על פי מיקומו בטבלה המחזורית. <

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לזהות את האטום על פי מספר הפרוטונים בגרעין ולקבוע מהו היון המתאים לאטום היסוד על פי מיקומו בטבלה המחזורית.
4% מהתלמידים בחרו במסיה ב'. הסיבה לטעות זו היא חוסר הבנה כי מתכת מטור שני יוצרת יונים חיוביים ולא שליליים.
8% מהתלמידים, שבחרו במסיה ג' ו-ד', התקשו בקביעה של מטען היון הנוצר מאטום המתכת מטור שני. מאטום של יסוד זה נוצר יון שמטענו $+2$.

המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים לעבור על הסימולציה: "[בנה אטום](#)"
מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד אפשר לקבוע על פי הרכב החלקיק:
– זהות של אטום
– מיקום של אטום היסוד במערכת המחזורית
– אם החלקיקים הנתונים הם איזוטופים
– מטען החלקיק.
מומלץ להשתמש במושג "מטען גרעיני" בנוסף למושגים המוכרים יותר: "מספר פרוטונים בגרעין" ו"מספר אטומי".
ניתן למצוא שאלות מסוג זה בחוברת: [מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום"](#).
מומלץ לסכם את הנושא באמצעות [מסלול לימוד שיעור א-סינכרוני מבנה האטום](#)
מומלץ בסיכום הנושא לתרגל: "[מבנה האטום](#)"
מומלץ לבצע [משימה מתוקשבת בשפה הערבית](#).
ראו את [הקישורים לחומרים מס' \(16\), \(45\), \(46\), \(52\), \(58\) בטבלה בעמ' 5-7](#).

שאלות לתרגול

שאלה 1

נתון החלקיק ${}_{56}^{137}\text{Ba}^{2+}$.

מהו ההיגד הנכון?

- בחלקיק הנתון יש 56 פרוטונים, 56 אלקטרונים ו-81 נויטרונים.
- בחלקיק הנתון יש 54 פרוטונים, 56 אלקטרונים ו-81 נויטרונים.
- בחלקיק הנתון יש 56 פרוטונים, 54 אלקטרונים ו-81 נויטרונים.**
- בחלקיק הנתון יש 56 פרוטונים, 54 אלקטרונים ו-137 נויטרונים.

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.

נתון יון חיובי שמטענו $+2$. מספר הפרוטונים 56 מתאים לבריום. מספר האלקטרונים 54 מתאים ליון חיובי של בריום (אטום בריום איבד שני אלקטרונים). מספר המסה שווה לסכום של פרוטונים ונויטרונים, לכן מספר הנויטרונים: $137 - 56 = 81$.
מסיח א' אינו נכון, כי הוא מתאים לאטום בריום ולא ליון.
מסיח ב' אינו נכון, כי הוא מתאים ליון שלילי של קסנון (סבירות נמוכה שיון זה קיים).
מסיח ד' אינו נכון, כי 137 הינו מספר המסה השווה לסכום של פרוטונים ונויטרונים, ולא מספר הנויטרונים.

שאלה 2

א. בטבלה הנתונה מוצגים נתונים אודות שישה אטומים של יסודות שונים המסומנים באותיות שרירותיות f-a. השלימו את הטבלה.

האטום	מספר פרוטונים	מספר נויטרונים	מספר אלקטרונים	מספר אטומי	מספר המסה	סימול כימי של היסוד
a			9		19	
b	14				26	
c					31	
d		20			37	
e			18		40	
f					24	

ב. עבור כל אחד מן האטומים שזיהיתם (חוץ מאטום e), רשמו את נוסחת היון הנפוץ הנוצר מהאטום.

התשובה

סעיף א'

האטום	מספר פרוטונים	מספר נויטרונים	מספר אלקטרונים באטום	מספר אטומי	מספר המסה	סימול כימי של היסוד
a	9	10	9	9	19	F
b	12	14	12	12	26	Mg
c	15	16	15	15	31	P
d	17	20	17	17	37	Cl
e	18	22	18	18	40	Ar
f	12	12	12	12	24	Mg

הערה: בטבלה נתונים שני איזוטופים של מגנזיום.

סעיף ב'

האטום	אטום היסוד	היון הנפוץ
a	F	F^-
b	Mg	Mg^{2+}
c	P	P^{3-}
d	Cl	Cl^-
f	Mg	Mg^{2+}

שאלה 3

מספר המסה של אטום היסוד הוא 37 ומספר הנויטרונים שבגרעין האטום הוא 20 .
מהו המספר של אלקטרוני ערכיות?

א. 17

ב. 20

ג. 7

ד. לא ניתן לקבוע ללא נתונים נוספים.

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'

מספר המסה הוא סכום של פרוטונים ונויטרונים בגרעין האטום. על פי הנתונים, מספר הפרוטונים בגרעין האטום: $37 - 20 = 17$. מספר האלקטרונים באטום שווה למספר פרוטונים, ז.א. 17 .
היערכות האלקטרונים של אטום היא 2,8,7 . באטום יש 7 אלקטרוני ערכיות, שהם האלקטרונים המאכלסים את רמת האנרגייה הגבוהה של האטום.
מסיח א' אינו נכון, כי הוא מציג את מספר האלקטרונים הכולל באטום ולא מספר אלקטרוני ערכיות.
מסיח ב' אינו נכון, כי הוא מציג את מספר הנויטרונים בגרעין ולא מספר אלקטרוני ערכיות.
מסיח ד' אינו נכון, כי כן ניתן לקבוע מספר אלקטרוני ערכיות באטום (ראה נימוק לקביעה הנכונה).

3 מבנה וקישור

בטבלה שלפניך מוצג מידע על המבנה המרחבי של ארבע מולקולות.

HCN	C ₂ F ₂	CH ₂ Cl ₂	CF ₄	המולקולה
קווית	קווית	טטראדר	טטראדר	המבנה המרחבי של המולקולה

לפניך ארבעה צמידים של מולקולות. באיזה צמיד **שתי המולקולות** הנתונות הן קוטביות?

4% א. HCN ו-C₂F₂

88% ב. HCN ו-CH₂Cl₂

4% ג. CF₄ ו-C₂F₂

4% ד. CF₄ ו-CH₂Cl₂

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

HCN	C ₂ F ₂	CH ₂ Cl ₂	CF ₄	המולקולה
קווית	קווית	טטראדר	טטראדר	המבנה המרחבי של המולקולה
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}:$	$:\ddot{\text{F}}-\text{C}\equiv\text{C}-\ddot{\text{F}}:$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ :\ddot{\text{C}}-\text{H} \\ \\ :\ddot{\text{C}}: \\ \\ \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ <p>או:</p> $\begin{array}{c} :\ddot{\text{C}}: \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{F}}: \\ \\ \text{F}-\text{C}-\text{F}: \\ \\ :\ddot{\text{F}}: \end{array}$ <p>או:</p> $\begin{array}{c} :\ddot{\text{F}}: \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \quad \backslash \\ \text{F} \quad \text{F} \quad \text{F} \end{array}$	נוסחת ייצוג אלקטרונית של המולקולה
מולקולה לא סימטרית, פיזור מטען אינו אחיד	מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחיד	מולקולה לא סימטרית, פיזור מטען אינו אחיד	מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחיד	פיזור מטען במולקולה
מולקולה קוטבית	מולקולה לא קוטבית	מולקולה קוטבית	מולקולה לא קוטבית	קוטביות המולקולה

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקשר בין המבנה המרחבי של המולקולה לקוטביות שלה:
- ♦ לקבוע אם מולקולה נתונה קוטבית (בעלת דו-קוטב קבוע) על פי המבנה המרחבי של המולקולה ועל פי חלוקת מטען על פני המולקולה.
 - ♦ להסביר שאם במולקולה לאטום המרכזי קשורים אטומים שונים, יש חלוקת מטען לא שווה על פני המולקולה - המולקולה קוטבית.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים זיהו נכון את המולקולות הקוטביות. 8% מהתלמידים בחרו במסיחים א ו-ד. הם זיהו נכון מולקולה קוטבית אחת, אך טעו בקביעת הקוטביות של מולקולה שנייה, כי לא הצליחו לקשר בין מבנה מרחבי של מולקולה לקוטביות שלה. 4% מהתלמידים, שבחרו במסיח ג', גילו חוסר הבחנה בין קוטביות הקשר, שתלויה רק בהפרשי האלקטרושליליות של אטומים, לבין קוטביות המולקולה, שתלויה גם במבנה המרחבי שלה.

המלצות

מומלץ לבנות עם התלמידים מודלים של מולקולות שונות. מודלים עוזרים לתלמידים לקבוע את קוטביות המולקולות הנתונות. מומלץ להשתמש בתוכנה [MolView](#) להבנת מבנים מרחביים של מולקולות. מומלץ לתרגל רישום נוסחאות מבנה ונוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות, וקביעת הקוטביות שלהן תוך הדגשת שני הגורמים המשפיעים על קוטביות המולקולה: קוטביות הקשרים הקוולנטיים בין האטומים והמבנה המרחבי של המולקולה. מומלץ לתרגל את נושא הקוטביות במשימה דיאגנוסטית "[קוטביות או לא להיות](#)". המשימה כוללת גם ערכה למורה לטיפול בקשיים בנושא זה. אפשר לתרגל קביעה של קוטביות מולקולות דרך יישומון "[קוטביות של מולקולות](#)". **ראו את הקישורים לחומרים מס' (6), (35), (47) בטבלה בעמ' 5-7.**

שאלה לתרגול

בטבלה הנתונה מוצג מידע על המבנה המרחבי של חמש מולקולות.

המולקולה	H ₂ S	HNO	CBr ₄	NBr ₃	CH ₂ Br ₂
המבנה המרחבי של המולקולה	זוויתית	זוויתית	טטראדר	פירמידה משולשת	טטראדר

מהי הקביעה הנכונה?

א. רק במולקולות HNO ו- NBr₃ יש קשר כפול.

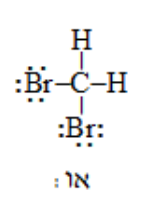
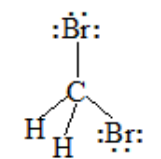
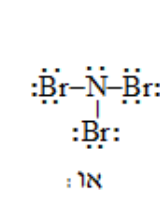
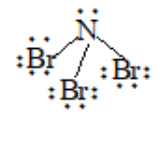
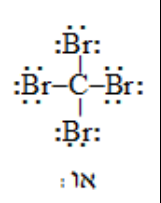
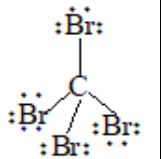
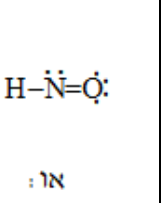
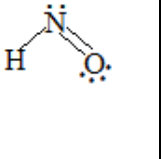
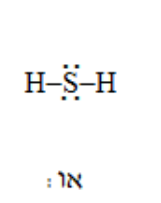
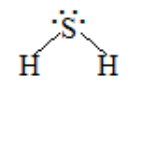
ב. כל המולקולות הנתונות הן קוטביות.

ג. המולקולות H₂S ו- CH₂Br₂ קוטביות, אך המולקולה CBr₄ אינה קוטבית.

ד. רק המולקולות HNO ו- H₂S הן קוטביות.

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'

CH ₂ Br ₂	NBr ₃	CBr ₄	HNO	H ₂ S	המולקולה
טטראדר	פירמידה	טטראדר	זוויתית	זוויתית	המבנה המרחבי של המולקולה
 או: 	 או: 	 או: 	 או: 	 או: 	נוסחת ייצוג אלקטרונית של המולקולה
מולקולה לא סימטרית, פיזור מטען אינו אחיד	מולקולה לא סימטרית, פיזור מטען אינו אחיד	מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחיד	מולקולה לא סימטרית, פיזור מטען אינו אחיד	מולקולה לא סימטרית, פיזור מטען אינו אחיד	פיזור מטען במולקולה
מולקולה קוטבית	מולקולה קוטבית	מולקולה לא קוטבית	מולקולה קוטבית	מולקולה קוטבית	קוטביות המולקולה

4 מבנה וקישור

האותיות X ו-Y הן סמלים שרירותיים המייצגים שני יסודות הנמצאים בשורה השנייה או בשורה השלישית של הטבלה המחזורית.

היסוד X נמצא בטור 1 של הטבלה המחזורית.

היסוד Y נמצא בטור 6 של הטבלה המחזורית.

בתגובה בין היסודות X ו-Y התקבלה תרכובת המתמוססת במים.

מבין ההיגדים א-D, מהו ההיגד הנכון בנוגע לתרכובת זו?

1% א. מצב הצבירה של התרכובת בטמפרטורת החדר הוא גז.

3% ב. נוסחת התרכובת היא $XY_{2(s)}$.

82% ג. התמיסה המימית של התרכובת מוליכה חשמל.

14% ד. בטמפרטורת החדר, התרכובת מורכבת ממולקולות שנוסחתן המולקולרית

היא X_2Y .

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.

תרכובת הנוצרת בתגובה בין יסוד מטור 1 ליסוד מטור 6 (תגובה בין מתכת לאל מתכת) היא תרכובת יונית. בהמסת תרכובת יונית קלת תמס במים מתקבלים יוני מתכת חיוביים ויוני אל מתכת שליליים. היונים בתמיסה מימית הם ניידים. לכן התמיסה מוליכה חשמל. מסיח א' אינו נכון, כי חומרים יוניים נמצאים בטמפרטורת החדר במצב צבירה מוצק בשל כוחות המשכיחה החזקים (קשרים יוניים) בין יונים חיוביים ליונים שליליים. מסיח ב' אינו נכון, על פי הנתונים המוצגים בטבלה שלהלן:

	טור 1	טור 2	טור 3	טור 4	טור 5	טור 6	טור 7	טור 8
היסוד	X					Y		
מספר אלקטרוני ערכיות	1					6		
היונים הנפוצים	1+					2-		

לכן נוסחת התרכובת היא : X_2Y .

מסיח ד' אינו נכון, חומרים יונים מורכבים מיונים חיוביים ושליליים ולא ממולקולות.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקשר בין מספר טור, שבו נמצא היסוד במערכה המחזורית, למטען היון, שנוצר מאטום היסוד, בתרכובת יונית.
- ◀ לקבוע את סוג היסוד הנתון: מתכתי, אל מתכתי.
- ◀ לקבוע נוסחה של תרכובת יונית.
- ◀ לקבוע את סוג התרכובת: יונית, מולקולרית.
- ◀ ליישם את הידע בנושא תכונות חומרים מסוגים שונים: יוניים, מולקולריים.
- ◀ לקבוע על פי, סוג החומר המומס, אם התמיסה המימית מוליכה חשמל.

סיבות אפשריות לטעויות

- הציון גבוה. רוב התלמידים זיהו שמדובר בחומר יוני, ולכן כאשר הוא מתמוסס במים הוא מתפרק ליונים ומוליך חשמל.
- 14% מהתלמידים, אשר בחרו במסיח ד', חשבו שמדובר בחומר מולקולרי. נראה שבשל הנוסחה האמפירית הנכונה, בניגוד למסיח ב', הם לא הבחינו בכך שמדובר בחומר יוני המורכב מיונים ולא ממולקולות.
- 3% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם התקשו לקבוע את הנוסחה האמפירית של חומר יוני.
- 1% מהתלמידים, שבחרו במסיח א', לא הפנימו שבתנאי החדר חומר יוני נמצא במצב מוצק ולא במצב גז.

המלצות

- מומלץ לתרגל עם התלמידים את קביעת הנוסחה האמפירית של החומר וכיצד מזהים את סוג החומר הנוצר.
- מומלץ לצפות בסרטון [Ionic bonds](#) המראה כיצד בונים נוסחה אמפירית של חומרים יוניים.
- מומלץ לצפות בסרטון "[המסה במים](#)" המסביר את תהליך ההמסה במים של חומרים יוניים.
- אפשר גם לצפות בסרטון [Ionic Compounds](#) המסכם את תכונות החומרים היוניים.
- מומלץ לבצע משימה דיאגנוסטית "[הולכת חשמל במוצקים](#)".
- אפשר להשתמש גם במשימה הדיאגנוסטית "[מבנה וקישור - הולכת חשמל בחומר יוני](#)".
- ראו את הקישורים לחומרים מס' (7), (8), (48), (49), (50) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול

האותיות f, e, d, c, b, a מסמלות אטומים של שישה יסודות הנמצאים בשורה השלישית בטבלה המחזורית.

א. בטבלה I מוצג מספר אלקטרוני הערכיות באטומים אלה. השלימו את הטבלה.

אטום היסוד	מספר אלקטרוני ערכיות באטום	מספר הטור בטבלה המחזורית שבו נמצא אטום היסוד	אטום של מתכת או של אל מתכת
a	1		
b	2		
c	3		
d	5		
e	6		
f	7		

ב. טבלה II מתייחסת לתרכובות הנוצרות בתגובות בין היסודות הנתונים. השלימו את הטבלה.

יסודות המגיבות ביניהם ליצירת תרכובת	נוסחת התרכובת שנוצרת בתגובה	החלקיקים שמהם מורכבת התרכובת	סוגי הכוחות/הקשרים הקיימים בין חלקיקי התרכובת
a מגיב עם d			
a מגיב עם e			
a מגיב עם f			
b מגיב עם d			
b מגיב עם e			
b מגיב עם f			
c מגיב עם d			
c מגיב עם e			
c מגיב עם f			
d מגיב עם f			
e מגיב עם f			

ג. בהנחה שתרכובות 2, 3, 6, 9 מסיסות במים, קבעו אם התמיסות שלהן מוליכות חשמל. נמקו.

התשובה

סעיף א'

טבלה I:

אטום היסוד	מספר אלקטרוני ערכיות באטום	מספר הטור בטבלה המחזורית שבו נמצא אטום היסוד	אטום של מתכת או של אל מתכת
a	1	1	מתכת
b	2	2	מתכת
c	3	3	מתכת
d	5	5	אל מתכת
e	6	6	אל מתכת
f	7	7	אל מתכת

סעיף ב'

טבלה II:

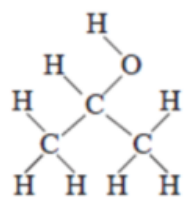
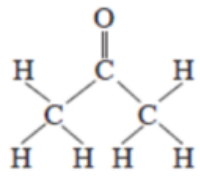
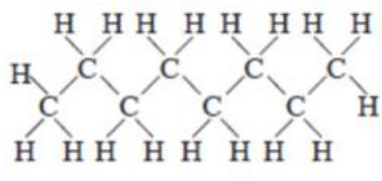
סוגי הכוחות/הקשרים הקיימים בין חלקיקי התרכובת	החלקיקים שמהם מורכבת התרכובת	נוסחת התרכובת שנוצרת בתגובה	יסודות המגיבות ביניהם ליצירת התרכובת	
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	a_3d	a מגיב עם d	1
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	a_2e	e מגיב עם a	2
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	af	f מגיב עם a	3
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	b_3d_2	d מגיב עם b	4
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	be	e מגיב עם b	5
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	bf_2	f מגיב עם b	6
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	cd	d מגיב עם c	7
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	c_2e_3	e מגיב עם c	8
קשר יוני	יונים חיוביים ויונים שליליים	cf_3	f מגיב עם c	9
אינטראקציות ון-דר-ולס	מולקולות	df_3	f מגיב עם d	10
אינטראקציות ון-דר-ולס	מולקולות	ef_2	f מגיב עם e	11

סעיף ב'

מדובר בחומרים יוניים שבמהלך ההמסה במים מתפרקים ליונים ניידים (חיוביים ושליליים). לכן התמיסות של תרכובות יוניות אלה מוליכות חשמל.

5 מבנה וקישור

לפניך טבלה ובה נתונים על שלושה חומרים.

שם החומר	מצב צבירה בטמפרטורת החדר	ייצוג מלא של נוסחת המבנה של המולקולה
2-פרופאנול	נוזל	
אצטון	נוזל	
אוקטאן	נוזל	

לפניך ארבעה היגדים I-IV המתארים תופעות. כל ההיגדים נכונים.

- I. טמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול גבוהה מזו של אצטון.
- II. טמפרטורת הרתיחה של אוקטאן גבוהה מזו של 2-פרופאנול.
- III. 2-פרופאנול מתמוסס באוקטאן.
- IV. אצטון מתמוסס במים.

אילו מן ההיגדים מתארים תופעות שאפשר להסביר על ידי אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד?

היגדים I ו-III	א.	8%
היגדים II ו-III	ב.	82%
היגדים I ו-IV	ג.	4%
היגדים II ו-IV	ד.	6%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

היגד II: טמפרטורת הרתיחה של אוקטאן גבוהה מזו של 2-פרופאנול. הכוחות הפועלים בין מולקולות האוקטאן הם אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד. הכוחות הפועלים בין מולקולות 2-פרופאנול הם אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן. למולקולת אוקטאן יש ענן אלקטרוניים גדול יותר (66 אלקטרונים) מאשר למולקולת 2-פרופאנול (34 אלקטרונים) (כאשר ענן האלקטרונים גדול יותר יש סיכוי גדול יותר ליצירת דו-קוטב רגעי גדול יותר ואז המשיכה בין הדו-קטבים חזקה יותר). לכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות אוקטאן חזקות יותר מאשר סה"כ הכוחות (אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן) בין מולקולות 2-פרופאנול. דרושה אנרגייה רבה יותר כדי לפרק את כוחות המשיכה בין מולקולות אוקטאן, לכן טמפרטורת הרתיחה של אוקטאן גבוהה מזו של 2-פרופאנול. ז.א. ההיגד מתאר תופעה שאפשר להסביר על ידי אינטראקציות ון-דר-ולס.

היגד III: 2-פרופאנול מתמוסס באוקטאן. בין השיירים הפחמימניים שבמולקולות 2-פרופאנול לבין מולקולות האוקטאן נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס, ולכן 2-פרופאנול מתמוסס באוקטאן. ז.א. ההיגד מתאר תופעה שאפשר להסביר על ידי אינטראקציות ון-דר-ולס.

קביעת המסיסות של 2-פרופאנול באוקטאן

הממס : אוקטאן	המומס : 2-פרופאנול	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן	הכוחות בין חלקיקי החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס		סוגי הכוחות הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה
המסיסות של 2-פרופאנול באוקטאן טובה.		המסקנה

היגד I אינו מתאים (טמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול גבוהה מזו של אצטון). בין המולקולות של אצטון יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד. בין המולקולות של 2-פרופאנול יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. (אין כמעט הבדל בגודל ענני האלקטרונים במולקולות של שתי התרכובות (34 אלקטרונים במולקולה של 2-פרופאנול ו-32 אלקטרונים במולקולה של אצטון). קשרי מימן חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס כאשר מדובר במולקולות עם ענני אלקטרונים דומים, לכן במקרה הנתון כוחות המשיכה בין המולקולות של 2-פרופאנול חזקים מכוחות המשיכה בין המולקולות של אצטון. דרושה אנרגייה רבה יותר כדי לפרק את כוחות המשיכה בין מולקולות 2-פרופאנול. לכן טמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של

אצטון. ז.א. היגד I מתאר תופעה שאפשר להסביר על ידי קשרי מימן ולא על ידי אינטראקציות ון-דר-ולס.

היגד IV אינו מתאים (אצטון מתמוסס במים).

בין המולקולות של אצטון יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד.

בין מולקולות המים יש קשרי מימן, בנוסף לאינטראקציות ון-דר-ולס.

אצטון מתמוסס במים כי נוצרים קשרי מימן בין מולקולות האצטון לבין מולקולות המים - בין אטום מימן החשוף מאלקטרוני במולקולת המים לזוג אלקטרוני לא קושר באטום החמצן במולקולה סמוכה של אצטון.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע את סוגי הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בחומרים הנתונים.
- ◀ לקשר בין חוזק הכוחות (האינטראקציות) הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים, כגון טמפרטורת הרתיחה ומצב הצבירה בטמפרטורת החדר.
- ◀ ליישם את כללי המסיסות הקובעים תנאים למסיסות של חומרים מולקולריים בממסים שונים.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון מהם הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בכל אחד מן החומרים הנתונים, ואילו תופעות אפשר להסביר על ידי אינטראקציות ון-דר-ולס ואילו על ידי קשרי מימן.

8% מהתלמידים, שבחרו במסיח א', לא זיהו שבחומר 2-פרופאנול יש קשרי מימן בין מולקולות. 6% מהתלמידים, שבחרו במסיח ד', לא הבחינו בכך שבין מולקולות אצטון לבין מולקולות מים נוצרים קשרי מימן.

4% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. הם בחרו בשתי תופעות שאפשר להסביר על ידי קשרי מימן. יתכן ולא שמו לב לכך שהשאלה מתייחסת לאינטראקציות ון-דר-ולס ולא לקשרי מימן.

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים מקרים שבהם אינטראקציות ון-דר-ולס חזקות מקשרי מימן בשל ההבדל הגדול בגודל ענני האלקטרוני של מולקולות החומרים.

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את [השלבים בקביעת המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים שונים](#), על פי הדוגמה המופיעה בחוברת בנושא "מבנה וקישור".

ראו את הקישור למקור מס' (18) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול

נתונים ארבעה היגדים המתארים תופעות שונות. כל ההיגדים נכונים.

- I. טמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$, גבוהה מזו של מתיל-אתיל-אתר, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3_{(l)}$.
- II. טמפרטורת הרתיחה של הפטאן, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3_{(l)}$, גבוהה מזו של אתאנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$.
- III. אתאנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$, מתמוסס בהפטאן, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3_{(l)}$.
- IV. אתיל-מתיל-אתר, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3_{(l)}$, מתמוסס במים.
- V. אמוניום כלורי, $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)}$, מתמוסס במים.

אילו מן ההיגדים מתארים תופעות שאפשר להסביר על ידי קשרי מימן בלבד?

א. היגדים I, II ו-V

ב. היגדים I ו-III

ג. היגדים I ו-IV

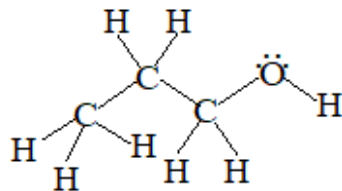
ד. היגדים II, III ו-V

הנימוק:

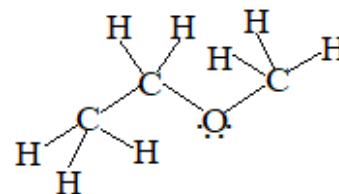
התשובה הנכונה היא ג'.

היגד I: טמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$, גבוהה מזו של מתיל-אתיל-אתר, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3_{(l)}$.

נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של 1-פרופאנול ומתיל-אתיל-אתר:



1-פרופאנול



מתיל-אתיל-אתר

בין מולקולות מתיל-אתיל-אתר יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד.
 בין מולקולות 1-פרופאנול יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס.
 (אין הבדל בגודל ענני האלקטרוניים במולקולות של שני החומרים כי הם איזומרים).
 קשרי מימן חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס כאשר מדובר במולקולות עם ענן אלקטרוניים דומה, לכן במקרה הנתון כוחות המשיכה בין מולקולות 1-פרופאנול חזקים מכוחות המשיכה בין מולקולות מתיל-אתיל-אתר.

דרושה אנרגייה רבה יותר כדי לפרק את כוחות המשיכה בין מולקולות 1-פרופאנול.
 לכן טמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של מתיל-אתיל-אתר.

ז.א. היגד I מתאר תופעה שאפשר להסביר על ידי קשרי מימן.

היגד IV: אתיל-מתיל-אתר, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3(l)$, מתמוסס במים.

בין מולקולות של מתיל-אתיל-אתר יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד.

בין מולקולות המים יש קשרי מימן, בנוסף לאינטראקציות ון-דר-ולס.

מתיל-אתיל-אתר מתמוסס במים כי נוצרים קשרי מימן בין מולקולות מתיל-אתיל-אתר לבין מולקולות המים - בין אטום מימן החשוף מאלקטרוניס במולקולת המים לזוג אלקטרוניס לא קושר של אטום החמצן במולקולה סמוכה של מתיל-אתיל-אתר.

ז.א. היגד IV מתאר תופעה שאפשר להסביר על ידי קשרי מימן.

היגד II אינו מתאים: טמפרטורת הרתיחה של הפטאן, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3(l)$, גבוהה מזו

של אתאנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(l)$.

הכוחות הפועלים בין מולקולות הפטאן הן אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד.

הכוחות הפועלים בין מולקולות אתאנול הן אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן.

למולקולת הפטאן יש ענן אלקטרוניס גדול יותר (58 אלקטרוניס) מאשר למולקולת

אתאנול (26 אלקטרוניס) (כאשר ענן האלקטרוניס גדול יותר יש סיכוי גדול יותר ליצירת דו-קוטב רגעי גדול יותר ואז המשיכה בין הדו-קטבים חזקה יותר).

לכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות הפטאן חזקות יותר מאשר סה"כ הכוחות

(אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן) בין מולקולות אתאנול. דרושה אנרגייה רבה יותר כדי לפרק את כוחות המשיכה בין מולקולות הפטאן, לכן טמפרטורת הרתיחה של הפטאן גבוהה מזו של אתאנול.

ז.א. היגד זה מתאר תופעה שאפשר להסביר על ידי אינטראקציות ון-דר-ולס ולא על ידי קשרי מימן.

היגד III אינו מתאים: אתאנול, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(l)$, מתמוסס בהפטאן, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3(l)$.

בין השיירים הפחמימניים שבמולקולות האתאנול לבין מולקולות ההפטאן נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס, ולכן אתאנול מתמוסס בהפטאן.

ז.א. היגד זה מתאר תופעה שאפשר להסביר על ידי אינטראקציות ון-דר-ולס ולא על ידי קשרי מימן.

היגד V אינו מתאים: אמוניום כלורי, $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$, מתמוסס במים.

אמוניום כלורי הוא חומר יוני קל תמס. במהלך ההמסה במים מתפרקים קשרים יוניים בין יוניס חיוביים ושלילים ובתמיסה מופיעים יוניס ממוימים. ישנה משיכה חשמלית בין היוניס הממוימים למולקולות המים הקוטביות.

ז.א. היגד זה מתאר תופעה שאפשר להסביר על ידי פירוק קשרים יוניים והתפרקות חומר יוני ליוניס ולא על ידי קשרי מימן.

6 סטויכיומטריה

ההיגדים א-ד מתארים מדגמים שונים של חומרים.
איזה מבין המדגמים המתוארים מכיל את מספר האטומים הכולל הגדול ביותר?

- 11% א. 2.56 גרם גופרית, $S_{8(s)}$.
23% ב. 0.2 מול מולקולות פחמן דו-חמצני, $CO_{2(g)}$.
4% ג. 1.6 גרם מתאן, $CH_{4(g)}$.
62% ד. 0.1 מול מולקולות הקסאן, $C_6H_{14(l)}$.

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

ב- 1 מול מולקולות $C_6H_{14(l)}$ יש $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

ב- 0.1 מול מולקולות $C_6H_{14(l)}$ יש $6.02 \cdot 10^{22}$ מולקולות.

במולקולה אחת של $C_6H_{14(l)}$ יש 20 אטומים.

ב- $6.02 \cdot 10^{22}$ מולקולות $C_6H_{14(l)}$ יש: אטומים $20 \times 6.02 \cdot 10^{22} = 1.204 \cdot 10^{24}$

מסיח א' אינו נכון.

המסה המולרית של $S_{8(s)}$: $256 \frac{gr}{mol}$

מספר המולים של $S_{8(s)}$ ב- 2.56 גרם: $\frac{2.56 gr}{256 \frac{gr}{mol}} = 0.01 mol$

ב- 1 במול מולקולות $S_{8(s)}$ יש $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

ב- 0.01 מול מולקולות $S_{8(s)}$ יש $6.02 \cdot 10^{21}$ מולקולות.

במולקולה אחת של $S_{8(s)}$ יש 8 אטומים.

ב- $6.02 \cdot 10^{21}$ מולקולות $S_{8(s)}$ יש: אטומים $8 \times 6.02 \cdot 10^{21} = 4.816 \cdot 10^{22}$

מסיח ב' אינו נכון.

ב- 1 מול מולקולות $CO_{2(g)}$ יש $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

ב- 0.2 מול מולקולות $CO_{2(g)}$ יש $1.204 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

במולקולה אחת של $CO_{2(g)}$ יש 3 אטומים.

ב- $1.204 \cdot 10^{23}$ מולקולות $CO_{2(g)}$ יש: אטומים $3 \times 1.204 \cdot 10^{23} = 3.612 \cdot 10^{23}$

מסיח ג' אינו נכון.

המסה המולרית של $CH_{4(g)}$: $16 \frac{gr}{mol}$

מספר המולים של $CH_{4(g)}$ ב- 1.6 גרם: $\frac{1.6 gr}{16 \frac{gr}{mol}} = 0.1 mol$

ב- 1 במול מולקולות $\text{CH}_4(\text{g})$ יש $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

ב- 0.1 מול מולקולות $\text{CH}_4(\text{g})$ יש $6.02 \cdot 10^{22}$ מולקולות.

במולקולה אחת של $\text{CH}_4(\text{g})$ יש 5 אטומים.


ב- $6.02 \cdot 10^{22}$ מולקולות $\text{CH}_4(\text{g})$ יש: אטומים $5 \times 6.02 \cdot 10^{22} = 3.01 \cdot 10^{23}$





סיכום החישובים בטבלה:

מספר אטומים במדגם	מספר אטומים במולקולה אחת של החומר	מספר מולקולות במדגם	מספר המולים של מולקולות במדגם (mol)	המסה המולרית של החומר $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסת המדגם של החומר (gr)	נוסחת החומר	שעיף השאלה
$4.816 \cdot 10^{22}$	8	$6.02 \cdot 10^{21}$	0.01	256	2.56	$\text{S}_{8(\text{s})}$	א
$3.612 \cdot 10^{23}$	3	$1.204 \cdot 10^{23}$	0.2	-	-	$\text{CO}_{2(\text{g})}$	ב
$3.01 \cdot 10^{23}$	5	$6.02 \cdot 10^{22}$	0.1	16	1.6	$\text{CH}_{4(\text{g})}$	ג
$1.204 \cdot 10^{24}$	20	$6.02 \cdot 10^{22}$	0.1	-	-	$\text{C}_6\text{H}_{14(\text{l})}$	ד

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

למצע חישובים סטויכיומטריים: 

- לחשב את מספר המולים של מולקולות החומר במדגם על פי מסת המדגם והמסה המולרית של החומר.
 - לחשב מספר מולקולות במדגם על פי מספר המולים של מולקולות החומר ומספר אבוגדרו.
 - לחשב מספר אטומים במולקולה אחת של החומר.
 - לחשב מספר אטומים במדגם החומר על פי מספר מולקולות במדגם ומספר אטומים במולקולה אחת.
-  להבחין בין מספר מולקולות למספר אטומים במדגם החומר.
-  להבחין בין מספר המולים של מולקולות למספר מולקולות במדגם החומר.
-  להבחין בין מספר המולים של אטומים למספר אטומים במדגם החומר.
-  להשתמש במספר אבוגדרו בחישובים סטויכיומטריים.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון נמוך, חלק ניכר מהתלמידים טעו בשלב אחד או יותר של החישובים.
23% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם בחרו כנראה במספר המולים הגדול ביותר של מולקולות במדגם ולא חישבו את מספר האטומים הגדול ביותר.
15% מהתלמידים, שבחרו במסיחים א' ו-ג', הסתבכו כנראה בשלבי החישובים במקרים שהייתה נתונה מסת המדגם ולא מספר המולים של מולקולות החומר, מה שגרם לשלבים רבים יותר של החישובים.

המלצות

מומלץ להגדיר לתלמידים את המונחים הקשורים לחישובים סטויכיומטריים, לתרגל אותם ולהדגיש את ההבדלים בין מונחים אלה.
מומלץ לבצע עם התלמידים את הפעילות [סנדוויץ](#) של הפרויקט "מנה במבחנה".
מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מתאימות מבחינות הברורות.
לשם כך מומלץ להיעזר בחוברת: [תרגול ושאלות בנושא "סטויכיומטריה"](#) ובחברות של [ניתוח בגרות](#) תשע"ט-תש"ף.
כדי להמחיש לתלמידים את המשמעות של מספר אבוגדרו, אפשר להיעזר בסרטון [Mole](#)
ראו את הקישורים למקורות מס' (20), (21), (22), (51) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול

ההיגדים א-ד מתארים מדגמים שונים של חומרים.
איזה מבין המדגמים המתוארים מכיל את מספר האטומים הכולל הגדול ביותר?
א. 12.4 גרם זרחן, $P_{4(s)}$.
ב. 0.2 מול מולקולות מים, $H_2O_{(l)}$.
ג. **0.05 מול מולקולות גלוקוז, $C_6H_{12}O_{6(s)}$.**
ד. 30.8 גרם פחמן ארבע כלורי, $CCl_{4(l)}$.

הנימוק:

התשובה הנכונה היא ג'.
ב-1 מול מולקולות $C_6H_{12}O_{6(s)}$ יש $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.
ב-0.05 מול מולקולות $C_6H_{12}O_{6(s)}$ יש $3.01 \cdot 10^{22}$ מולקולות.
במולקולה אחת של $C_6H_{12}O_{6(s)}$ יש 24 אטומים.
ב- $3.01 \cdot 10^{22}$ מולקולות $C_6H_{12}O_{6(s)}$ יש: אטומים $24 \times 3.01 \cdot 10^{22} = 7.224 \cdot 10^{23}$

מסיח א' אינו נכון.

$$124 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{P}_{4(s)}$:

$$\frac{12.4 \text{ gr}}{124 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.1 \text{ mol}$$

מספר המולים של $\text{P}_{4(s)}$ ב- 12.4 גרם:

ב- 1 במול מולקולות $\text{P}_{4(s)}$ יש $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

ב- 0.1 מול מולקולות $\text{P}_{4(s)}$ יש $6.02 \cdot 10^{22}$ מולקולות.

במולקולה אחת של $\text{P}_{4(s)}$ יש 4 אטומים.

$$4 \times 6.02 \cdot 10^{22} = 2.408 \cdot 10^{23} \text{ אטומים} \quad \text{ב- } 6.02 \cdot 10^{22} \text{ מולקולות } \text{P}_{4(s)} \text{ יש:}$$

מסיח ב' אינו נכון:

ב- 1 מול מולקולות $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ יש $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

ב- 0.2 מול מולקולות $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ יש $1.204 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

במולקולה אחת של $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ יש 3 אטומים.

$$3 \times 1.204 \cdot 10^{23} = 3.612 \cdot 10^{23} \text{ אטומים} \quad \text{ב- } 1.204 \cdot 10^{23} \text{ מולקולות } \text{H}_2\text{O}_{(l)} \text{ יש:}$$

מסיח ד' אינו נכון:

$$154 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{CCl}_{4(l)}$

$$\frac{30.8 \text{ gr}}{154 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.2 \text{ mol}$$

מספר המולים של $\text{CCl}_{4(l)}$ ב- 30.8 גרם:

ב- 1 במול מולקולות $\text{CCl}_{4(l)}$ יש $6.02 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

ב- 0.2 מול מולקולות $\text{CCl}_{4(l)}$ יש $1.204 \cdot 10^{23}$ מולקולות.

במולקולה אחת של $\text{CCl}_{4(l)}$ יש 5 אטומים.

$$5 \times 1.204 \cdot 10^{23} = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ אטומים} \quad \text{ב- } 1.204 \cdot 10^{23} \text{ מולקולות } \text{CCl}_{4(l)} \text{ יש:}$$

סיכום החישובים בטבלה:

מספר אטומים במדגם	מספר אטומים במולקולה אחת של החומר	מספר מולקולות במדגם	מספר המולים של מולקולות במדגם (mol)	המסה המולרית של החומר $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסת המדגם של החומר (gr)	נוסחת החומר	סעיף השאלה
$2.408 \cdot 10^{23}$	4	$6.02 \cdot 10^{22}$	0.1	124	12.4	$\text{P}_{4(s)}$	א
$3.612 \cdot 10^{23}$	3	$1.204 \cdot 10^{23}$	9.2	-	-	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	ב
$7.224 \cdot 10^{23}$	24	$3.01 \cdot 10^{22}$	0.05	-	-	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$	ג
$6.02 \cdot 10^{23}$	5	$1.204 \cdot 10^{23}$	0.2	154	30.8	$\text{CCl}_{4(l)}$	ד

7 חומצות ובסיסים

בארבעה ניסויים נפרדים הוסיפו תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$ בריכוז 0.1 M לארבע תמיסות של חומצות שונות. לאיזו תמיסה מבין התמיסות א-ד יש להוסיף את הנפח הגדול ביותר של תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$ כדי להגיע לסתירה מלאה של תמיסת החומצה?

- 12% א. 10 מ"ל תמיסת $\text{HCl}_{(aq)}$ בריכוז 0.1 M .
 4% ב. 10 מ"ל תמיסת $\text{HNO}_{3(aq)}$ בריכוז 0.2 M .
75% ג. 10 מ"ל תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$ בריכוז 0.2 M .
 9% ד. 10 מ"ל תמיסת $\text{HBr}_{(aq)}$ בריכוז 0.3 M .

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.
 ניסוח נטו של תגובת סתירה:



על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$, לבין יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(aq)}$, הוא 1:1. הנפח של כל התמיסות של חומצות שווה, אך הריכוזים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ שונים. לכן מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ הגדול ביותר נמצא בתמיסה שבה הריכוז של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ הוא הגדול ביותר.

זוהי התמיסה של חומצה גופרתית, $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$, שהיא דו-פרוטית והריכוז של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ הוא 0.4 M, שהוא הריכוז הגדול ביותר. לכן לתמיסה זו יש להוסיף את הנפח הגדול ביותר של תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$ כדי להגיע לסתירה המלאה של תמיסת החומצה.

אפשר לבצע גם את החישובים המתאימים ולסכם אותם בטבלה:

הסעיף	א	ב	ג	ד
תמיסת החומצה	$\text{HCl}_{(aq)}$	$\text{HNO}_{3(aq)}$	$\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$	$\text{HBr}_{(aq)}$
נפח התמיסה (ליטר)	0.01	0.01	0.01	0.01
ריכוז התמיסה (M)	0.1	0.2	0.2	0.3
מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ ב- 0.01 ליטר תמיסה (מול)	0.001	0.002	0.004	0.003
מספר המולים של יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ שיש להוסיף לתמיסת החומצה (מול)	0.001	0.002	0.004	0.003
ריכוז יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ בתמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$ שיש להוסיף לתמיסה (M)	0.1	0.1	0.1	0.1
הנפח של תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$ שיש להוסיף לתמיסת החומצה (ליטר)	0.01	0.02	0.04	0.03

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע שתמיסה חומצית מכילה יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, ותמיסה בסיסית מכילה יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-(\text{aq})$.
- ◀ לרשום ניסוח נטו של תגובת הסתירה.
- ◀ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור התמיסות של חומצות ובסיסים:
 - לחשב את מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בנפח נתון של חומצה חד-פרוטית ודו-פרוטית.
 - לחשב את מספר המולים של יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתמיסת $\text{NaOH}(\text{aq})$ על פי יחס המולים בין יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, לבין יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-(\text{aq})$, בניסוח התגובה.
 - לחשב את הנפח של תמיסת $\text{NaOH}(\text{aq})$ הדרוש לסתירה המלאה של תמיסת החומצה.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון בינוני. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים עבור תמיסות מימיות של חומצות ובסיסים ותגובת הסתירה, אך חלק מהתלמידים הסתבכו בשלב אחד או יותר של החישובים. 12% מהתלמידים בחרו במסיח א'. הם קבעו את הנפח הקטן ביותר של תמיסת $\text{NaOH}(\text{aq})$. 13% מהתלמידים, שבחרו במסיחים ב' ו-ד', טעו בשלבי החישוב. חלקם התייחסו לריכוז של תמיסת החומצה הגדול ביותר במקום לריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$.

המלצות

- מומלץ לתרגל חישובים סטויכיומטריים עבור התגובות של חומצות ובסיסים, כולל תגובות סתירה. כדאי להמליץ לתלמידים לפתור שאלות המתייחסות לתגובת סתירה בשלבים הבאים:
- לנסח תהליך המסה במים של כל אחד מהחומרים המומסים.
 - לבצע חישובים מתאימים עבור כל אחת מהתמיסות.
 - לנסח תגובת סתירה בין שתי התמיסות.
 - להשוות בין ריכוז יוני הידרוניום לבין ריכוז יוני הידרוקסיד בתמיסה.
 - לחשב את הגודל הנדרש בשאלה (ריכוז התמיסה, ריכוז היונים בתמיסה, נפח התמיסה, מספר המולים של יונים בתמיסה).
- מומלץ להיעזר בחוברת: [סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים"](#). ניתן למצוא שאלות מתאימות גם בחוברות של [ניתוח בגרות](#) תשע"ח-תש"ף.
- ראו את הקישורים למקורות מס' (19), (21) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול

השאלה עוסקת במספר תמיסות המכילות יוני הידרוניום, H_3O^+ (aq), ויוני הידרוקסיד, OH^- (aq). השלימו את הטבלה:

H_2SO_4 (l)	HNO_3 (l)	HBr (g)	$\text{Ba}(\text{OH})_2$ (s)	KOH (s)	נוסחת החומר המומס
10	10		10	20	נפח התמיסה (מ"ל)
				0.1	ריכוז מולרי של החומר המומס בתמיסה (M)
	0.02	0.006	0.01		מספר המולים של החומר המומס בתמיסה (מול)
					מספר המולים של יוני H_3O^+ (aq) בתמיסה (מול)
0.4		0.2			ריכוז מולרי של יוני H_3O^+ (aq) בתמיסה (M)
					מספר המולים של יוני OH^- (aq) בתמיסה (מול)
					ריכוז מולרי של יוני OH^- (aq) בתמיסה (M)

התשובה:

H_2SO_4 (l)	HNO_3 (l)	HBr (g)	$\text{Ba}(\text{OH})_2$ (s)	KOH (s)	נוסחת החומר המומס
10	10	30	10	20	נפח התמיסה (מ"ל)
0.2	2.0	0.2	1.0	0.1	ריכוז מולרי של החומר המומס בתמיסה (M)
0.002	0.02	0.006	0.01	0.002	מספר המולים של החומר המומס בתמיסה (מול)
0.004	0.02	0.006	-	-	מספר המולים של יוני H_3O^+ (aq) בתמיסה (מול)
0.4	2.0	0.2	-	-	ריכוז מולרי של יוני H_3O^+ (aq) בתמיסה (M)
-	-	-	0.02	0.002	מספר המולים של יוני OH^- (aq) בתמיסה (מול)
-	-	-	2.0	0.1	ריכוז מולרי של יוני OH^- (aq) בתמיסה (M)

8 חמצון-חיזור

התרכובות א-D מכילות אטומי כלור.

באיזו תרכובת אטומי הכלור יוכלו לעבור רק תהליך חיזור?

HCl _(g)	א.	19%
HClO _(g)	ב.	2%
HClO_{4(g)}	ג.	74%
ClF _(g)	ד.	5%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.

דרגת החמצון של אטומי כלור, Cl, במולקולה של HCl_(g) היא (-1).

דרגת החמצון של אטומי כלור, Cl, במולקולה של HClO_(g) היא (+1).

דרגת החמצון של אטומי כלור, Cl, במולקולה של HClO_{4(g)} היא (+7).

דרגת החמצון של אטומי כלור, Cl, במולקולה של ClF_(g) היא (+1).

טווח דרגות החמצון של אטומי הכלור הוא (-1) → (+7).

לאטום הכלור 7 אלקטרוני ערכיות, הוא יכול לקבל אלקטרון אחד או לאבד מקסימום

7 אלקטרונים.

כאשר לאטום הכלור דרגת חמצון (-1), זוהי דרגת החמצון המזערית שלו, הוא יכול רק

לאבד אלקטרונים ולשמש כמחזור. זאת אומרת, לעבור חמצון.

כאשר לאטום הכלור דרגת חמצון (+7), זוהי דרגת החמצון המרבית שלו, הוא יכול רק

לקבל אלקטרונים ולשמש כמחמצן. זאת אומרת, בכל שאר דרגות החמצון של הכלור הוא יוכל גם

לחמצן וגם לחזור.

בשאלה זו, צריך לקבוע באיזו תרכובת אטומי הכלור יוכלו לעבור רק תהליך חיזור, לכן יש לבחור

בתשובה שבה הכלור נמצא בדרגת החמצון המרבית שלו, (+7), אטום הכלור ישמש כמחמצן

ויעבור חיזור. זוהי התרכובת HClO_{4(g)}.

מסיח א' אינו נכון, כיוון שלאטומי הכלור במולקולה של HCl_(g) דרגת חמצון (-1). בדרגת

חמצון זו אטומי הכלור יכולים רק לאבד אלקטרונים, לשמש כמחזור - לעבור חמצון בלבד.

מסיחים ב' ו- ד' אינם נכונים כיוון שלאטומי הכלור במולקולות של שתי התרכובות: HClO_(g)

ו- ClF_(g) דרגת חמצון (+1). זוהי דרגת החמצון הנמצאת בטווח דרגות החמצון של הכלור, היא לא

מרבית ולא מזערית, לכן אטומי הכלור במולקולות של שתי התרכובות יכולים גם לחמצן וגם לחזור.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולה לפי הכללים לקביעת דרגות חמצון.
- ◀ לקבוע את טווח דרגות החמצון של אטומי הכלור.
- ◀ לקבוע דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית עבור אטומי כלור.
- ◀ לקבוע, לפי דרגת החמצון, אם החלקיק יכול לחמצן בלבד, לחזור בלבד, או גם לחמצן וגם לחזור.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון ביוני. רוב התלמידים קבעו לפי דרגת החמצון אם החלקיק יכול לחמצן בלבד, לחזור בלבד, או גם לחמצן וגם לחזור, ובחרו בתשובה הנכונה. תלמידים שבחרו באחד המסויחים לא התייחסו לטווח דרגות החמצון של הכלור. סיבה אפשרית נוספת לטעויות היא קביעה שגויה של דרגות החמצון. 19% מהתלמידים בחרו במסויח א'. תלמידים אלו ידעו לקבוע את טווח דרגות החמצון של הכלור, אך לא הבחינו בין תהליך חמצון לתהליך חיזור. במסויח זה אטומי כלור יכולים לשמש כמחזור בלבד והתלמידים כנראה סברו שהמחזור עובר חיזור. 5% מהתלמידים בחרו במסויח ד'. הם טעו בקביעת דרגת החמצון של הכלור, כנראה בגלל שתרכובת זו מכילה אטומי פלואור, וגם סברו שהמחזור עובר חיזור. 2% מהתלמידים בחרו במסויח ב'. תלמידים אלו טעו בקביעת דרגת החמצון של אטומי הכלור.

המלצות

מומלץ לחזור עם התלמידים על הכללים לקביעת דרגות חמצון ולתרגל קביעת דרגות חמצון של אטומים בתרכובות מולקולריות וביונים מורכבים. כדאי לתרגל דרגת חמצון מרבית ומזערית של אטומים, תוך התייחסות לאטומים בתוך חלקיקים שונים - מולקולות ויונים. מומלץ לתרגל שאלות מסוג זה - להציג לתלמידים דוגמאות של תרכובות ויונים מורכבים, המכילים אטומים של אותו יסוד בדרגות חמצון שונות. מומלץ להיעזר בחוברת: ["תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור"](#). ניתן למצוא שאלות מתאימות גם בחוברות של ["ניתוח בגרות"](#) תשע"ט-תש"ף. מומלץ להפנות את התלמידים לשיעור בנושא ["דרגות חמצון"](#). **ראו את הקישורים לחומרים מס' (21), (23), (39) בטבלה בעמ' 5-7.**

שאלות לתרגול

שאלה 1

נתונות חמש תרכובות: $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{l})$, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$, $\text{SO}_3(\text{g})$, $\text{SO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$.
באילו מבין התרכובות הנתונות עשויים אטומי גופרית גם לחמצן וגם לחזור?

א. $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$ ו- $\text{SO}_2(\text{g})$

ב. $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{l})$ ו- $\text{SO}_2(\text{g})$

ג. $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$ ו- $\text{SO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$

ד. $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$ ו- $\text{SO}_3(\text{g})$, $\text{SO}_2(\text{g})$

הנימוק:

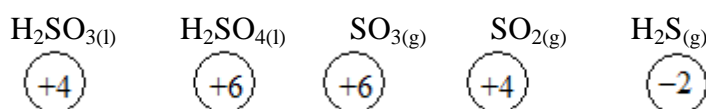
התשובה הנכונה היא ב'.

דרגת החמצון המרבית של אטומי גופרית היא $+6$. במצב זה אטומי גופרית יכולים לחמצן בלבד, ז.א. לקבל אלקטרונים.

דרגת החמצון המזערית של אטומי גופרית היא -2 . במצב זה אטומי גופרית יכולים לחזור בלבד, ז.א. לאבד אלקטרונים.

בטווח דרגות החמצון שבין $+5$ לבין -1 אטומי גופרית יכולים גם לחמצן וגם לחזור.

דרגות החמצון של אטומי גופרית בתרכובות הנתונות:



מבין התרכובות הנתונות, רק בתרכובות $\text{SO}_2(\text{g})$ ו- $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{l})$ אטומי גופרית עשויים גם לחמצן וגם לחזור.

שאלה 2

איזה מן היונים הממוימים הנתונים עשוי להיות תוצר החיזור של גופרית, $\text{S}_8(\text{s})$?

א. $\text{HS}^-(\text{aq})$

ב. $\text{HSO}_4^-(\text{aq})$

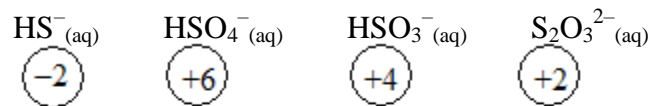
ג. $\text{HSO}_3^-(\text{aq})$

ד. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$

הנימוק:

התשובה הנכונה היא א'.

דרגות החמצון של אטומי הגופרית ביונים הנתונים:



דרגת החמצון של אטומי גופרית ביסוד היא 0. בתהליך החיזור אטומי גופרית מקבלים

אלקטרונים. לכן יוני $\text{HS}^-_{(\text{aq})}$ הם התוצר היחיד של חיזור הגופרית, $\text{S}_{8(\text{s})}$.

ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות

בבחינת הבגרות תשפ"א

כפי שנאמר, ניתוח השאלות הפתוחות 9-14 מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכוון סאלד :
 ציוני שאלות וציוני סעיפים; על תוצאות המדגם של 278 מחברות שנעשה על ידי המעריכים
 הבכירים : ציוני תת-סעיפים; ועל טעויות אופייניות שאותרו על ידי מעריכי בחינת הבגרות.
 בטבלה הבאה מופיעים ממצאים סטטיסטיים שדווחו על ידי מכוון סאלד לגבי הבחינה לפי
 שאלון 37381 - מועד קיץ. ממצאים אלה מתבססים על 7,973 נבחנים.

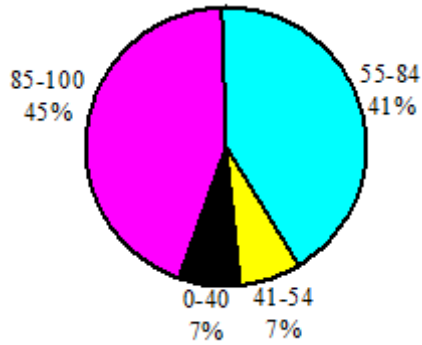
מס' שאלה	9	10	11	12	13	14
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	כימיה של מזון	חומצות ובסיסים, מבנה וקישור	חמצון-חיזור, חישובים, אנרגייה	מבנה וקישור, אנרגייה	חומרים יוניים, חישובים
ציון ממוצע	77	71	74	78	68	81
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	69%	64%	54%	48%	61%
% תלמידים שציונם	85-100	36	40	49	30	60
	55-84	41	41	37	42	25
	0-54 (0-40)	14 (7)	22 (12)	19 (10)	14 (8)	28 (15)

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

ניתוח שאלה 9

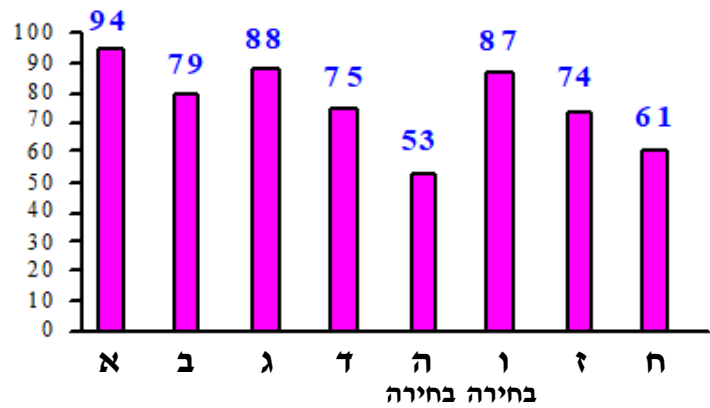
ניתוח קטע ממאמר מדעי

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 77

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ↖ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור תמיסות מימיות של חומרים יוניים.
- ↖ להבחין בין חומרים יוניים לחומרים מולקולריים.
- ↖ לנסח תהליכי המסה של חומרים יוניים קלי תמס.
- ↖ להבחין בין חומרים מולקולריים המתמוססים במים לבין חומרים מולקולריים שמגיבים עם מים לקבלת חומצות או בסיסים.
- ↖ לנסח תגובות עם מים של חומרים מולקולריים לקבלת חומצות או בסיסים.
- ↖ להבחין בין תגובות שבהן המים הם אחד מן המגיבים לבין תגובות שבהם המים משמשים כממס, ויש לרשום אותם על החץ.
- ↖ להבחין בין החלקיק H^+ לבין החלקיק $H_3O^+_{(aq)}$ - יון ההידרוניום בתמיסות חומציות.
- ↖ לקבוע pH של תמיסות שונות (חומציות, בסיסיות וניטרליות) על פי נוכחות של יוני ההידרוניום או יוני ההידרוקסיד בתמיסה - לפי ניסוח התגובה.
- ↖ לקבוע מחמצן ומחזור בתגובות של תרכובות וביונים מורכבים.
- ↖ להבחין בין חומר או אטום מחמצן לבין חומר או אטום מחזור בתגובה.
- ↖ לקבוע ולהסביר את כל הגורמים המשפיעים על טמפרטורת הרתיחה של חומרים מולקולריים.
- ↖ להשוות את החוזק של כל אחד מסוגי הכוחות הבין מולקולריים: קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס במקרה הנתון.
- ↖ להבחין בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים.
- ↖ לנסח תהליכי המסה של חומרים מולקולריים בממסים שונים.
- ↖ לרשום ניסוח נטו של תגובת סתירה.
- ↖ לקבוע מהו הסימן של ΔH° עבור תגובת סתירה, כשנתון שבתגובה נפלטת אנרגיה.
- ↖ ליישם את המידע שבקטע ולנסח תהליך אידוי של חומר מולקולרי.
- ↖ להסביר מדוע יש לדלל תערובת מסוכנת של חומרי ניקוי במים קרים ולא במים חמים.

קרא את הקטע שלפניך וענה על כל הסעיפים שאחריו.

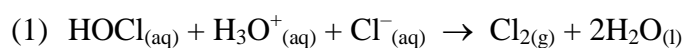
חומרי ניקוי ביתיים: כדאי לנקות, אסור לערבב!

התפשטות נגיף הקורונה גרמה לעלייה בשימוש בחומרי ניקוי וחיטוי כדי למנוע את הישרדות הנגיף על פני משטחים.

בשוק יש כמה סוגים של מוצרי ניקוי וחיטוי לשימוש ביתי:

- **אקונומיקה** - שם מסחרי של תמיסה מימית של **נתרן היפוכלוריט**, $\text{NaOCl}_{(aq)}$. התמיסה מכילה גם $\text{HOCl}_{(aq)}$ הנוצר בעת המסה במים של נתרן היפוכלוריט מוצק.
 - **תמיסת אמוניה** - מתקבלת על ידי המסת גז **אמוניה**, $\text{NH}_3(g)$, במים. התמיסה משמשת בדרך כלל לניקוי זכוכית, חרסינה ונירוסטה, ולהסרת שכבות שומן מתנורים.
 - **סודה קאוסטית** - שם מסחרי של **נתרן הידרוקסידי** מוצק, $\text{NaOH}_{(s)}$. תמיסה מימית של נתרן הידרוקסידי משמשת, בין השאר, להסרת שכבות שומן מתנורים.
 - **תמיסת חומצה כלורית** - מתקבלת מהמסת הגז **מימן כלורי**, $\text{HCl}_{(g)}$, במים. תמיסה זו משמשת בתרסיסים לניקוי חדרי אמבט.
 - **תמיסות המכילות שת הכוהל אתאנול**, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(aq)}$, בריכוזים שונים משמשות לניקוי משטחים, בעיקר משטחי זכוכית. אחרי ניקוי המשטח, הכוהל מתנדף במהירות ובצורה אחידה בלי להשאיר סימנים על המשטח.
- אם משתמשים בכל אחד מן החומרים האלה בנפרד ועל פי ההוראות, הם יכולים להיות יעילים (גם אם הם עצמם רעילים). אבל אם מערבבים חומרי ניקוי זה עם זה, לא רק שנוצר חומר שאינו יעיל, אלא שהערבוב עלול לגרום לפליטת רעלים מסוכנים.
- לדוגמה:

- ערבוב של תמיסת אקונומיקה עם תרסיס לניקוי חדרי אמבט, גורם להיווצרות הגז הרעיל כלור, $\text{Cl}_2(g)$, לפי תגובה (1):



- ערבוב של אקונומיקה עם תמיסת אמוניה עלול לגרום להיווצרות אמין כלורי, $\text{NH}_2\text{Cl}_{(g)}$, שגורם לפגיעה בעיניים ובמערכת הנשימה.
 - ערבוב של אקונומיקה עם אתאנול עלול לגרום להיווצרות החומר הרעיל כלורופורם, $\text{CHCl}_3(l)$.
 - ערבוב של תרסיס לניקוי חדרי אמבט עם סודה קאוסטית אינו גורם להיווצרות חומרים מסוכנים, אולם בתגובה זו נפלטת אנרגייה. אם בתערובת שבה התרחשה התגובה נוכחים חומרים רעילים (מערבוב חומרי ניקוי אחרים), האנרגייה הנפלטת גורמת לתנועה מוגברת של מולקולות חומרים רעילים אלה ולהתפשטותם כגז לאוויר.
- מה צריך לעשות אם מערבבים **בטעות** חומרי ניקוי זה עם זה?
יש לדלל מיד את התערובת על ידי הוספת הרבה מים בטמפרטורת החדר, לאוורר את החדר ולצאת ממנו. **אסור לנסות לנטרל את התערובת באמצעות הוספת חומרים אחרים.**

מעובד על פי:

Bradley, David, Why is mixing cleaning chemicals such a bad idea? Chemistry World, 23 April 2020

סעיף א' (הציון 94)

באקונומיקה של אחד היצרנים בארץ יש 30 גרם של נתרן היפוכלוריט, $\text{NaOCl}_{(s)}$, ב-1 ליטר תמיסה. מהו הריכוז המולרי של נתרן היפוכלוריט בתמיסת האקונומיקה? **פרט את חישוביך.**

התשובה

$$\begin{aligned} 74.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} & \text{המסה המולרית של נתרן היפוכלוריט, } \text{NaOCl}_{(s)} \\ \frac{30 \text{ gr}}{74.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.402 \text{ mol} & \text{ מספר המולים של NaOCl ב-1 ליטר תמיסה:} \\ 0.402 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.402 \text{ M} & \text{ ריכוז התמיסה של נתרן היפוכלוריט:} \end{aligned}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה מאוד. הטעויות המעטות הן:
- חישוב שגוי של המסה המולרית: חיבור מספרים אטומיים במקום מסות מולריות של אטומים. יתכן והסיבה לטעות זו היא בלבול בין מסה מולרית לגודל ענן אלקטרונים - אם מגדירים בטעות חומר יוני נתון כחומר מולקולרי.
 - רישום 0.03 גרם במקום 30 גרם.

המלצות

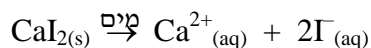
מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדל בין מספר אטומי - מספר פרוטונים בגרעין האטום, ז.א. חישוב גודל, לבין מסה מולרית של אטום - מסה של מול אטומים.

שאלה לתרגול

- התלמידים הכינו 200 מ"ל של תמיסת סידן יודי על ידי ההמסה של 11.76 גרם $\text{CaI}_{2(s)}$ במים.
- רשמו ואזנו את תהליך ההמסה של $\text{CaI}_{2(s)}$ במים.
 - חשבו את הריכוז של תמיסת סידן יודי שהתקבלה. פרטו את החישובים.
 - חשבו את הריכוזים של יוני סידן ושל יוני יוד בתמיסה שהתקבלה. פרטו את החישובים.

התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'

$$294 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \text{המסה המולרית של } \text{CaI}_{2(s)}$$

$$\frac{11.76 \text{ gr}}{294 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.04 \text{ mol}$$

מספר המולים של סידן יודי ב- 0.2 ליטר תמיסה:

$$\frac{0.04 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 0.2 \text{ M}$$

הריכוז המולרי של תמיסת סידן יודי:

סעיף ג'

לפי יחס המולים בתהליך ההמסה מ- 1 מול $\text{CaI}_2(\text{s})$

מתקבלים בתמיסה 1 מול יוני $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ ו- 2 מול יוני $\text{I}^{-}(\text{aq})$.

לכן הריכוז המולרי של יוני $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$: 0.2 M

והריכוז המולרי של יוני $\text{I}^{-}(\text{aq})$: 0.4 M

פתיח לסעיפים הבאים:

כל חומרי החיטוי המוזכרים בקטע שקראת מתמוססים במים.

סעיף ב' בחירה (הציון 79)

נסח את תהליכי ההמסה במים של אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, נתרן הידרוקסידי, $\text{NaOH}(\text{s})$, ומימן כלורי, $\text{HCl}(\text{g})$.

התשובה

- $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- $\text{NaOH}(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- $\text{HCl}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ניסחו נכון את התהליכים המתרחשים בהוספת מים לחומרים שונים: המסה של חומר יוני במים, תגובה עם מים של חומר מולקולרי המגיב עם מים לקבלת תמיסה חומצית, תגובה עם מים של חומר מולקולרי המגיב עם מים לקבלת תמיסה בסיסית. ניסוחים שגויים שאותרו:

- ♦ רישום ניסוחים מולקולריים בהמסה של חומר יוני.
- ♦ רישום מים על החץ בניסוחים 1 ו- 3.
- ♦ רישום $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ במגיבים בניסוח 2.
- ♦ אי-רישום מים על החץ בניסוח 2.
- ♦ אי-רישום מצבי צבירה/מצבי הופעה או רישומם באופן שגוי.
- ♦ רישום חלקיקי $\text{H}^+(\text{aq})$ בתוצרים במקום יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$.

- $\text{NH}_3(\text{g}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{NH}_3(\text{aq})$
- $\text{NaOH}(\text{s}) \rightarrow \text{NaOH}(\text{aq})$
- $\text{HCl}(\text{g}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שיש להבחין :

- בין חומרים יוניים לחומרים מולקולריים.
- בין חומרים מולקולריים שרק מתמוססים במים לבין חומרים מולקולריים שמגיבים עם מים.
- בין חומרים מולקולריים שמגיבים עם מים לקבלת תמיסה חומצית לבין חומרים מולקולריים שמגיבים עם מים לקבלת תמיסה בסיסית.

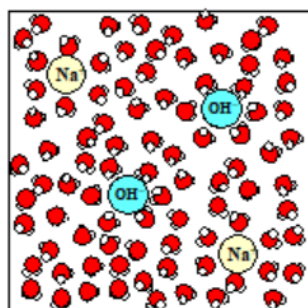
מומלץ לחדד שהביטוי "תהליך המסה במים" יכול להתרחש במספר מנגנונים, כאשר אחד מהם הוא תגובת חומצה בסיס בין החומר המומס לבין המים. חלק מהתלמידים קוראים את המונח "המסה" בצורה אסוציאטיבית ומבינים אותו כמו המסה בלבד, ללא תגובה עם המים, כגון המסה של חומרים יוניים או המסה של חומרים מולקולריים תוך היווצרות קשרי מימן בין המומס למים בלבד. תלמידים אלה לא מקשרים מונח זה לתגובה בין חומצה או בסיס למים, ולא מפנימים שגם במקרים אלה עדיין ניתן לרשום "החומר מתמוסס במים".

אפשר להגיד לתלמידים: חומצה X מתמוססת במים תוך כדי תגובת חומצה בסיס שבה המים פועלים כבסיס וחומצה X פועלת כחומצה".

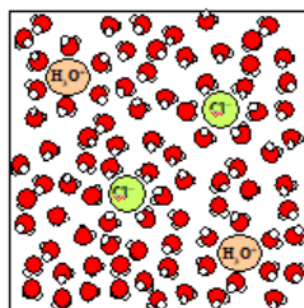
מומלץ לתרגל ניסוחים של תהליכי ההמסה של חומרים שונים.

מומלץ בניסוחי ההמסה של חומר במים (חומר שלא מגיב עם מים) לרשום על החץ את נוסחת המים - $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (עם ציון מצב צבירה) ולא את המילה "מים". כך כל הניסוח יירשם בשפה הכימית (רמת הסמל).

מומלץ להדגיש בזמן ההוראה שיש חומרים יוניים קלי תמס וקשי תמס. לכן שאלות על המסה של חומרים יוניים מתייחסות לחומרים יוניים קלי תמס. אפשר להיעזר באיורים סכמתיים של התמיסות המימיות של של נתרן הידרוקסידי, $\text{NaOH}(\text{s})$, ושל מימן כלורי, $\text{HCl}(\text{g})$:



$\text{NaOH}(\text{aq})$



$\text{HCl}(\text{aq})$

מומלץ להפנות את התלמידים לאנימציות :

[תמיסה מימית של אשלגן יודי - אנימציה](#)

תמיסה של יוד בהקסאן - אנימציה

תמיסה מימית של מתאנול - אנימציה

מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית המסה של חומרים מולקולריים
ובערכה מה יש בתמיסה.

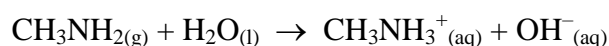
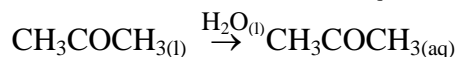
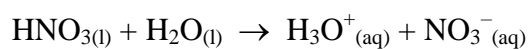
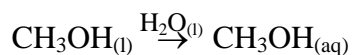
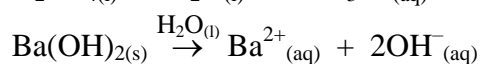
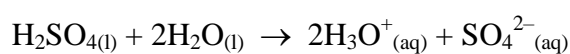
ראו את הקישורים למקורות מס' (9), (10), (25) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול

נסחו ואזנו את התהליכים המתרחשים כשממסים במים את החומרים הבאים:

. $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g})$, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{l})$, $\text{HNO}_3(\text{l})$, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$, $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{s})$, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$

התשובה:



סעיף ג' (הציון 88)

ציין אם ה-pH של כל אחת מן התמיסות המתקבלות בסעיף ב יהיה קטן, גדול, או שווה ל-7.

התשובה

תמיסת אמוניה $\text{pH} > 7$

תמיסת נתרן הידרוקסידי $\text{pH} > 7$

תמיסת מימן כלורי $\text{pH} < 7$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את ה-pH של התמיסות הנתונות. הטעות המעטות שאותרו:

- ציון pH חומצי של תמיסת אמוניה: $\text{pH} < 7$
- ציון pH בסיסי של תמיסת מימן כלורי: $\text{pH} > 7$
- רישום "תמיסה חומצית", "תמיסה בסיסית" או "תמיסה ניטרלית" ללא התייחסות ל-pH של התמיסה.

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים את קביעת pH של תמיסות שונות, ולהבהיר ש-pH הוא מדד לריכוז יוני הידרוניום, H_3O^+ (aq) או לריכוז יוני הידרוקסיד, OH^- (aq). מומלץ להדגיש לתלמידים כי pH הוא מדד מאקרוסקופי. מומלץ לבצע ניסוי: [חומצות, בסיסים ושלל צבעים](#) - ניסוי חקר רמה I. **ראו את הקישור לחומר מס' (26) בטבלה בעמ' 7-5.**

שאלה לתרגול

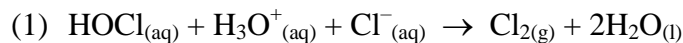
בתשובה לשאלה לתרגול שאחרי סעיף ב' רשומים ניסוחים של קבלת תמיסות מימיות מן החומרים: $CH_3NH_2(g)$, $CH_3COCH_3(l)$, $HNO_3(l)$, $CH_3OH(g)$, $Ba(OH)_2(s)$, $H_2SO_4(l)$. קבעו אם ה-pH של כל אחת מן התמיסות שהתקבלו יהיה קטן מ-7, גדול מ-7, או שווה ל-7. נמקו כל קביעה.

התשובה:

pH התמיסות שהתקבלו מ- $H_2SO_4(l)$ ומ- $HNO_3(l)$ יהיה חומצי: $pH < 7$, כי בתמיסות אלה יש יוני הידרוניום, H_3O^+ (aq), הנוצרים בתגובה של חומרים אלה עם מים. pH התמיסות שהתקבלו מ- $Ba(OH)_2(s)$ ומ- $CH_3NH_2(g)$ יהיה בסיסי $pH > 7$. בתמיסה שהתקבלה מ- $Ba(OH)_2(s)$ יש יוני הידרוקסיד, OH^- (aq), המשתחררים בתהליך ההמסה. בתמיסה שהתקבלה מ- $CH_3NH_2(g)$ יש יוני הידרוקסיד, OH^- (aq), הנוצרים בתגובה של חומר זה עם המים. pH התמיסות שהתקבלו מ- $CH_3OH(g)$ ומ- $CH_3COCH_3(l)$ יהיה ניטרלי $pH = 7$. חומרים אלה מתמוססים במים, אך לא מגיבים עם מים. בתמיסות אלה הריכוז של יוני הידרוניום, H_3O^+ (aq), שווה לריכוז של יוני הידרוקסיד, OH^- (aq).

סעיף ד' (הציון 75)

התגובה המתרחשת בין תמיסת אקונומיקה ובין תרסיס לניקוי חדרי אמבט, תגובה (1), היא תגובת חמצון-חיזור.



קבע מהו המחמצן ומהו המחזור בתגובה (1).

התשובה

קביעה: Cl בתוך $\text{HOCl}_{(aq)}$ הוא חלקיק המחמצן (או: $\text{HOCl}_{(aq)}$ הוא החומר המחמצן). $\text{Cl}^-_{(aq)}$ הוא החלקיק המחזור.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון את המחמצן והמחזור בתרכובת וביון, אך חלק מן התלמידים התקשו להבחין בין חומר או אטום מחמצן לבין חומר או חלקיק מחזור. הטעויות האופייניות:

- ◆ קביעה ש- Cl^+ הוא המחמצן.
- ◆ קביעה שאטום כלור הוא גם מחמצן וגם מחזור ללא ציון באיזו חלקיק הוא משמש כמחמצן ובאיזה כמחזור:
- "כלור, Cl, הוא גם מחמצן וגם מחזור."
- ◆ קביעה שגוייה של חלקיקים מחמצנים ומחזרים:
- " H_3O^+ (aq) הוא מחמצן."
- " H (aq) הוא מחזור כי הוא מוסר אלקטרונים."

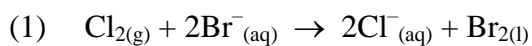
המלצות

מומלץ לחדד לתלמידים את הכללים לקביעת דרגות חמצון בחומרים מולקולריים. מומלץ לתרגל את קביעת דרגות החמצון גם לאטומים שאינם מופיעים בכללים אלה. מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "[מי מחזור כאן?](#)".

ראו את הקישור לחומר מס' (11) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

נתונות ניסוחים מאוזנים של שתי תגובות:



עבור כל אחת מן התגובות (1) ו-(2) קבעו: מחמצן, מחזור, תוצר חמצון, תוצר חיזור. נמקו כל קביעה.

התשובה:

תגובה (1)

$\text{Cl}_{2(g)}$ - מחמצן (עובר חיזור). אטומי כלור לקחו אלקטרונים, דרגת החמצון שלהם יורדת

מ-0 ל-(-1).

יוני $\text{Br}^-_{(aq)}$ - מחזור (עובר חמצון). יוני ברום מאבדים אלקטרונים, דרגת החמצון שלהם עולה

מ-(-1) ל-0.

$\text{Br}_{2(g)}$ - תוצר החמצון של יוני $\text{Br}^-_{(aq)}$.

יוני $\text{Cl}^-_{(aq)}$ - תוצר החיזור של $\text{Cl}_{2(g)}$.

תגובה (2)

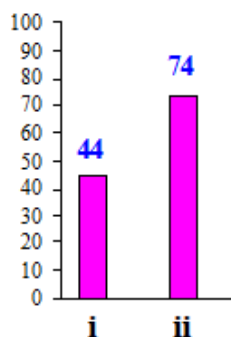
חלק מאטומי N ב- $\text{HNO}_2(l)$ - מחמצן. אטומי חנקן לוקחים אלקטרונים, דרגת החמצון שלהם יורדת מ- $+3$ ל- $+2$.

חלק מאטומי N ב- $\text{HNO}_2(l)$ - מחזור. אטומי חנקן מאבדים אלקטרונים, דרגת החמצון שלהם עולה מ- $+3$ ל- $+5$.

$\text{HNO}_3(l)$ - תוצר החמצון של חלק מאטומי החנקן ב- $\text{HNO}_2(l)$.

$\text{NO}(g)$ - תוצר החיזור של חלק מאטומי החנקן ב- $\text{HNO}_2(l)$.

סעיף ה' בחירה (הציון 53)



תת-סעיף i (הציון 44)

טמפרטורת הרתיחה של אתאנול, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$, היא 78°C ואילו טמפרטורת הרתיחה של אמוניה, $\text{NH}_3(g)$, היא -33°C .

מדוע טמפרטורת הרתיחה של אתאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אמוניה? בתשובתך התייחס לכל סוגי הכוחות הפועלים בין המולקולות בכל אחת משתי התרכובות.

התשובה

(בנוזל) בין מולקולות אמוניה מתקיימים קשרי מימן בעיקר ואינטראקציות ון-דר-ולס.

(בנוזל) בין מולקולות האתאנול מתקיימים קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס.

קשרי המימן בין מולקולות האתאנול חזקים מקשרי המימן בין מולקולות האמוניה כיוון

שקוטביות הקשר H-O גדולה מקוטביות הקשר H-N (או: כיוון שההפרש באלקטרושליליות

בקשר H-O גדול מההפרש באלקטרושליליות בקשר H-N; או: כיוון שאטום המימן הקשור

לאטום החמצן במולקולת האתאנול יותר חשוף מאלקטרונים מאשר אטומי המימן במולקולת האמוניה).

המספר הכולל של אלקטרונים במולקולת $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ($26 e^-$) גדול מהמספר הכולל של אלקטרונים

במולקולת NH_3 ($10 e^-$) (או: ענן האלקטרונים של מולקולת אתאנול גדול מענן האלקטרונים של

מולקולת אמוניה) (כאשר ענן האלקטרונים גדול יותר יש סיכוי גדול יותר ליצירת דו-קוטב רגעי

גדול יותר ואז המשיכה בין הדו-קטבים חזקה יותר).

כיוון שסה"כ הכוחות הפועלים בין מולקולות האתאנול חזקים ורבים יותר מהכוחות הפועלים בין מולקולות האמוניה, נדרשת אנרגייה גדולה יותר כדי לנתק את הקשרים בין המולקולות של האתאנול.

לכן, טמפרטורת הרתיחה של אתאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אמוניה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים לא הצליחו לנתח את ההשפעה של כל הגורמים על טמפרטורת הרתיחה של שני החומרים, ולהשוות את החוזק של כל אחד מסוגי הכוחות הבין מולקולריים: קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. הטעויות האופייניות:

- ◆ חוסר התייחסות להבדל בחוזק קשרי מימן בין החומרים ולסיבות לכך.
- ◆ חוסר התייחסות לגורמים דומים בשני המומרים כגון מספר זהה של מוקדים ליצירת קשרי מימן.
- ◆ קביעה שגויה של סוג הכוחות הבין מולקולריים בכל אחד מן החומרים:
 - "בין מולקולות האמוניה יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד."
 - "הכוחות הבין מולקולריים באתאנול הם אינטראקציות ון-דר-ולס."
- ◆ הסבר שגוי של ההבדל בטמפרטורות הרתיחה של שני החומרים על פי קביעה שבין מולקולות האמוניה יש רק אינטראקציות ון-גר-ואלס:
 - "לאמוניה יש רק כוחות ון-דר-ולס ולאתאנול יש קשרי מימן, לכן טמפרטורת הרתיחה של אתאנול גבוהה יותר."
- ◆ התייחסות שגויה לקוטביות המולקולות של שני החומרים ללא אזכור של כוחות בין מולקולריים:
 - "ההבדל בטמפרטורות הרתיחה נובע מכך שמולקולות האתאנול קוטביות ומולקולות האמוניה לא קוטביות."
- ◆ חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:
 - "לאתאנול טמפרטורת הרתיחה גבוהה יותר, כי קשר H-O חזק יותר מקשר H-N."
- ◆ חוסר התייחסות לגורם האנרגייה.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שבשינוי מצב צבירה של חומרים מולקולריים מנוזל לגז, ניתקים רק כוחות בין מולקולריים, ולכן יש להתייחס לחוזק הכוחות האלה בלבד.

מומלץ לתרגל את הגורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים.

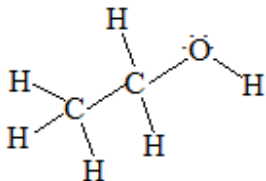
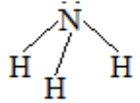
מומלץ לתרגל עם התלמידים מקרים שבהם אינטראקציות ון-דר-ולס חזקות מקשרי מימן בשל ההבדל בגודל ענני האלקטרונים של מולקולות החומרים.

מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדל בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים, ולהבהיר שטמפרטורת ההיתוך וטמפרטורת הרתיחה של חומרים מולקולריים תלויות בחוזק הכוחות הבין מולקולריים.

מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלאות על פי התבנית המופיעה בעמוד 10 בחוברת:

סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה.
ראו את הקישור לחומר מס' (17) בטבלה בעמ' 5-7.

דוגמה לטבלה מסוג זה עבור תת-סעיף ה' i :

אתאנול	אמוניה	חומרים
CH ₃ CH ₂ OH	NH ₃	נוסחאות מולקולריות
		נוסחאות ייצוג אלקטרוניות
26 אלקטרוניים במולקולה	10 אלקטרוניים במולקולה	הגודל של ענני האלקטרוניים במולקולות החומרים
מולקולות קוטביות	מולקולות קוטביות	קוטביות מולקולות של החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
<p>נתון: טמפרטורת הרתיחה של NH_{3(l)} נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של CH₃CH₂OH(l). קשרי המימן בין מולקולות האתאנול חזקים מקשרי המימן בין מולקולות האמוניה כיוון שקוטביות הקשר H-O גדולה מקוטביות הקשר H-N. ענן האלקטרוניים של מולקולת אתאנול גדול מענן האלקטרוניים של מולקולת אמוניה (כאשר ענן האלקטרוניים גדול יותר יש סיכוי גדול יותר ליצירת דו-קוטב רגעי גדול יותר ואז המשיכה בין הדו-קטבים חזקה יותר)..</p> <p>כיוון שסה"כ הכוחות הפועלים בין מולקולות האתאנול חזקים ורבים יותר מהכוחות הפועלים בין מולקולות האמוניה, נדרשת אנרגיה גדולה יותר כדי לנתק את הכוחות בין המולקולות של האתאנול.</p>		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
טמפרטורת הרתיחה של אתאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אמוניה, כי טמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק הכוחות הבין מולקולריים.		טמפרטורות הרתיחה של החומרים (נתון)

שאלה לתרגול

טמפרטורת הרתיחה של אתילן גליקול, HOCH₂CH₂OH(l), גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אתאנול, C₂H₅OH(l). הסבירו עובדה זו.

התשובה:

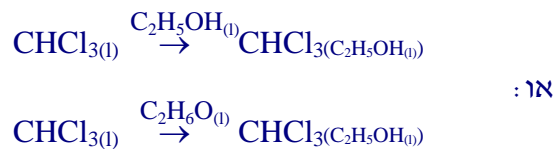
בין המולקולות של שני החומרים יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס.

במולקולות של $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$ יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן, לכן בין המולקולות יש יותר קשרי מימן מאשר ב- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$ (באותה כמות של החומרים). (בנוסף ענני האלקטרונים במולקולות $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$ גדולים יותר מענני האלקטרונים במולקולות $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$). כיוון שסה"כ הכוחות הפועלים בין מולקולות האתילן גליקול חזקים יותר מהכוחות הפועלים בין מולקולות האתאנול, נדרשת אנרגייה גדולה יותר כדי לנתק את הכוחות בין המולקולות של האתילן גליקול. לכן, טמפרטורת הרתיחה של אתילן גליקול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אתאנול.

תת-סעיף ii (הציון 74)

כלורופורם, $\text{CHCl}_3_{(l)}$, מתמוסס היטב באתאנול. נסח את תהליך ההמסה של כלורופורם באתאנול.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לנסח את תהליך ההמסה של חומר מולקולרי בממס מולקולרי. יש תלמידים שהתרגלו לנסח את תהליכי ההמסה של חומרים מולקולריים במים, ומתקשים לנסח את תהליך ההמסה של חומר מולקולרי בממס אחר. הטעויות האופייניות:

- ♦ התייחסות לממס כאל מגיב:
- $\text{CHCl}_3_{(l)} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)} \rightarrow \text{CHCl}_3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$
- ♦ בלבול בין ממס למומס:
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)} \rightarrow \text{CHCl}_3(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)})$
- ♦ רישום תהליך ההמסה של כלורופורם במים:
- $\text{CHCl}_3_{(l)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_{(l)}} \text{CHCl}_3(\text{aq})$
- ♦ התייחסות ל- $\text{CHCl}_3_{(l)}$ כאל חומר יוני:
- $\text{CHCl}_3_{(l)} \rightarrow \text{CH}^+(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}) + 3\text{Cl}^-(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)})$
- ♦ אי-רישום של הממס על החץ או רושמים ללא ציון מצב הצבירה של הממס.
- ♦ אי-רישום מצבי צבירה/מצבי הופעה או רישומם באופן שגוי.

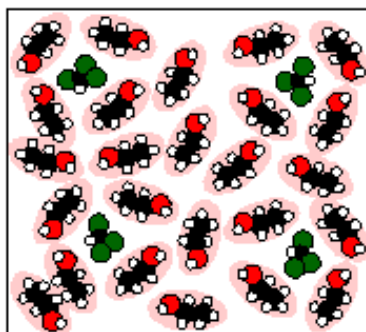
המלצות

מומלץ לתרגל את הניסוחים של תהליכי ההמסה של חומרים מולקולריים בממסים שונים (לא במים בלבד), ולהדגיש את ההבדלים בין חומרים יוניים וחומרים מולקולריים ובין תהליכי ההמסה של סוגי חומרים אלה. מומלץ להרגיל את התלמידים לרשום בניסוח תהליך המסה של חומר מולקולרי את הממס מעל החץ.

מומלץ לעבור על המלצות אותן אפשר ליישם בהוראת נושא המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים מולקולריים שונים, כולל איורים וקישורים - בעמודים 13-17 בחוברת: [סיכום ניתוח](#)

[השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה.

אפשר להיעזר באיור סכמתי של תמיסת כלורופורם, $\text{CHCl}_3(l)$, באתאנול:



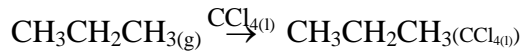
בכתיבת תשובה לשאלות על מסיסות חומרים מולקולריים בממסים שונים מומלץ להציע לתלמידים תבנית של תשובה שתכיל את החלקים הבאים:

- ◆ ציון סוג הכוחות בכל אחד מהחומרים - הכוחות בין מולקולות הממס וכוחות בין מולקולות המומס.
 - ◆ התייחסות לפירוק הכוחות בין מולקולות המומס ולפירוק של חלק מהכוחות בין מולקולות הממס.
 - ◆ תיאור המולקולות של המומס ושל הממס שמשתלבות בתמיסה.
 - ◆ הסבר כיצד בין מולקולות המומס למולקולות הממס נוצרים כוחות בין מולקולריים חדשים מסוג אינטראקציות ון-דר-ולס ו/או קשרי מימן, בהתאמה לחומרים שבשאלה.
 - ◆ בנוסף מומלץ להבהיר לתלמידים שגם חומרים, שבהם קיימים סוגים שונים של כוחות בין מולקולריים, עדיין יכולים ליצור תמיסה, לדוגמה תמיסת אצטון במים כאשר בין מולקולות האצטון לבין מולקולות המים נוצרים קשרי מימן.
- ראו את הקישור לחומר מס' (17) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

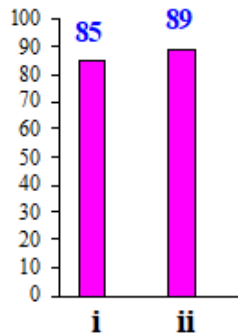
פרופאן, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g})$, מתמוסס בפחמן ארבע-כלורי, $\text{CCl}_4(\text{l})$. נסחו את תהליך ההמסה של פרופאן בפחמן ארבע-כלורי.

התשובה:



סעיף ו' בחירה (הציון 87)

התבסס על הקטע וענה על התת-סעיפים i-ii:



תת-סעיף i (הציון 85)

רשום ניסוח נטו לתגובה המתרחשת בעת ערבוב תרסיס לניקוי אמבט עם תמיסת סודה קאוסטית.

התשובה



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

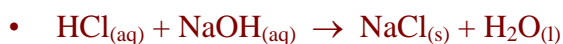
ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו שהתגובה של תרסיס לניקוי אמבט עם תמיסת סודה קאוסטית היא תגובת סתירה וניסחו אותה. הטעויות המעטות שאותרו:

♦ רישום ניסוח מולקולרי:



ציון שנתרן כלורי כחומר קשה תמס:



♦ רישום ניסוח שגוי:



♦ אי-רישום מצבי צבירה/מצבי הופעה או רישום באופן שגוי.

♦ רישום ניסוח יוני כולל במקום ניסוח נטו.

המלצות

מומלץ לחדד לתלמידים את כללי הרישום של ניסוח נטו. כדאי לבקש מהתלמידים לרשום בתרגילים מסוג זה את הניסוחים של הכנת התמיסות, ורק לאחר מכן לנסח את התגובה שמתרחשת בערבוב התמיסות.

תת-סעיף ii (הציון 89)

קבע מהו הסימן ΔH° עבור התגובה שניסחת בתת-סעיף i. נמק את קביעתך על פי הקטע.

התשובה

קביעה: $\Delta H^\circ < 0$ או: סימנו של ΔH° הוא שלילי.
נימוק: על פי המשפט הלקוח מהקטע, בתגובה נפלטת אנרגייה, כלומר זוהי תגובה אקסותרמית ולכן $\Delta H^\circ < 0$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הבינו שאם בקטע כתוב שבתגובה נפלטת אנרגייה, זוהי תגובה אקסותרמית. הטעויות המעטות, שהופיעו בנימוקים, נובעות מהתעלמות מהכתוב בקטע. תלמידים אלה ניסו לנמק את הקביעה שהתגובה היא אקסותרמית בהתייחסות ליצירת קשרים:

- "בתגובה נוצרו קשרים, ולכן זאת תגובה אקסותרמית."
- "בתגובה ניתקים קשרים שבין היונים למים, אך גם נוצרים קשרים."

המלצות

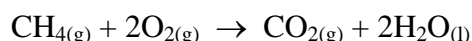
מומלץ להבהיר לתלמידים שבשאלות של ניתוח קטע ממאמר מדעי יש להתייחס לכל המידע שבקטע, וליישם אותו בתשובות לסעיפי השאלה.
מומלץ לחדד לתלמידים שאם בקטע נכתב "נפלטת אנרגייה", המשמעות היא שאנתלפיית התוצרים נמוכה מאנתלפיית המגיבים.

שאלה לתרגול:

- במהלך תגובה השריפה של מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$, טמפרטורת הסביבה עולה.
- נסחו ואזנו את תגובה השריפה של מתאן.
 - קבעו מהו הסימן של ΔH° עבור התגובה שניסחת. נמקו.
 - הסבירו מדוע טמפרטורת הסביבה עולה במהלך תגובה השריפה של מתאן.

התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'

קביעה: $\Delta H^\circ < 0$ או: סימנו של ΔH° הוא שלילי.

נימוק: תגובת השריפה היא תגובה אקסותרמית (שבה נפלטת אנרגייה), לפי הנתונים בשאלה

סטמפרטורת הסביבה עולה ולכן $\Delta H^\circ < 0$.

סעיף ג'

בתגובה נפלטת אנרגייה אל הסביבה, לכן טמפרטורת הסביבה עולה.

סעיף ז' (הציון 74)

לפניך ציטוט מן הקטע: "תמיסות המכילות את הכוהל אתאנול, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{aq})$, בריכוזים שונים משמשות לניקוי משטחים, בעיקר משטחי זכוכית. אחרי ניקוי המשטח, הכוהל מתנדף במהירות ובצורה אחידה בלי להשאיר סימנים על המשטח".
נסח את התהליך המתואר בציטוט מן הקטע.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו ליישם את המידע שבקטע, למרות שכתוב בו במפורש:
"הכוהל מתנדף". הטעויות האופייניות:

♦ הוספת מים כמגיב או כתוצר:



♦ התייחסות לאתאנול כאל חומר יוני:



♦ רישום ניסוח של הוספת מים לאתאנול לקבלת תמיסה מימית:



המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים מהו תהליך אידוי של חומר מולקולרי. אפשר לדבר על תהליך הרתיחה המתרחש בטמפרטורת הרתיחה של החומר ועל תהליך אידוי שיכול להתרחש גם בטמפרטורה נמוכה מטמפרטורת הרתיחה. מומלץ לחדד שלתהליך רתיחה ולתהליך אידוי יש אותו ניסוח. אפשר לדון עם התלמידים בתהליכים נוספים כגון עיבוי, היתוך, המראה, הקפאה. מומלץ לבקש מהתלמידים לענות לשאלות הבאות:

- מה ההבדל בין אידוי לרתיחה?
- איך ההבדל הזה בא לידי ביטוי בשפת הכימאים? בשפת הסמל? אם בכלל...
- למה שלולית מתנדפת בחורף (כאשר הטמפרטורה בחוץ נמוכה מ- 100°C)?
- איך תתארו ברמת הסמל את תהליך הנידוף של השלולית? מתוך קונפליקט קוגניטיבי זה אפשר להתחיל לדון בתהליך...

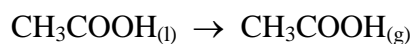
שאלה לתרגול

- א. חומצה אצטית, $\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$, נמצאת במצב נוזל בתנאי החדר. עבור חומצה אצטית, נסחו את התהליכים: אידוי, עיבוי, היתוך, הקפאה.
- ב. פחמן דו-חמצני (קרח יבש), $\text{CO}_{2(g)}$, נמצא במצב גז בתנאי החדר. פחמן דו-חמצני מוצק יכול לעבור המראה. נסחו את תהליך ההמראה של פחמן דו-חמצני מוצק.

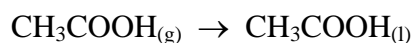
התשובה:

סעיף א'

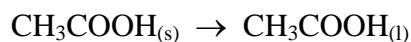
תהליך אידוי - מעבר ממצב נוזל למצב גז:



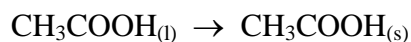
תהליך עיבוי - מעבר ממצב גז למצב נוזל:



תהליך היתוך - מעבר ממצב מוצק למצב נוזל:

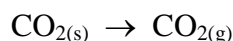


תהליך הקפאה - מעבר ממצב נוזל למצב מוצק:



סעיף ב'

תהליך המראה - מעבר ממצב מוצק למצב גז:



סעיף ח' (הציון 61)

הסבר מדוע לאחר ערבוב חומרי ניקוי בטעות, צריך לדלל את התמיסה במים בטמפרטורת החדר ולא לדלל במים חמים.

התשובה

דילול התמיסה במים חמים עלול לגרום לחימום התמיסה ולתנועה מוגברת של מולקולות החומרים הרעילים, אשר נוצרים כתוצאה מערבוב לא נכון של חומרי ניקוי שונים. לכן, יתכן שחרור לאוויר החדר של חומרים אלה בצורת גז.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להבין מהי הסכנה בדילול תערובת מסוכנת של חומרי ניקוי במים חמים. רוב הטעויות האופייניות נובעות מחוסר הבנה שמים חמים יחממו את התערובת ועלול להתרחש שחרור של חומרים מסוכנים במצב גז. הופיעו הסברים לא מתאימים:

- "החימום יגרום לחומרים להיות רעילים יותר."
 - "טמפרטורה ולחץ יעלו."
 - "אם נדלל במים, מסיסות החומרים תעלה ויהיה קשה להפרידם."
 - "מים יכולים לשנות מצב צבירה של החומרים."
- טעות אופיינית נוספת היא חוסר התייחסות לתנועה מוגברת של מולקולות ולשחרור הגז:
- "הוספת מים פושרים תסייע להורדת הטמפרטורה שנוצרת כתוצאה מהאקסותרמיות התגובה."

המלצות

מומלץ לדון עם התלמידים בתהליכים שמתרחשים בחימום תערובת מסוכנת של חומרים, ולהגיע למסקנה שבחימום התערובת אנרגייה קינטית תעלה, תהיה תנועה מוגברת של מולקולות החומרים הרעילים, כוחות בין מולקולריים יחלשו והחומרים יכולים להשתחרר לחלל החדר במצב גז. אפשר לקיים דיון עם התלמידים בשאלה זו. ניתן כאן לטעון הסבר מדעי לוגי של סיבה ותוצאה. למשל: במים חמים יש מולקולות בעלות אנרגייה קינטית גבוהה יותר, ולכן הערבוב יגרום לעלייה באנרגייה הקינטית גם של מרכיבי התמיסה המקורית. תנועה מוגברת של כל חלקיקי התמיסה (וכתוצאה מכך תעלה האנרגייה הכוללת שלהם), ולכן יהיו יותר חלקיקים בעלי אנרגייה מספקת על מנת לעבור מן התמיסה אל האוויר כגז. היות ותהליך זה כרוך בניתוק אינראקציות המשיכה בין חלקיקי אלו לבין הממס שזה תהליך אנדותרמי.

שאלה לתרגול:

לכלי המכיל 100 מ"ל מים בטמפרטורה 20°C , מוסיפים 200 מ"ל מים בטמפרטורה של 60°C . קבעו אם טמפרטורת המים לאחר הערבוב תהיה גבוהה מ- 60°C , נמוכה מ- 60°C או שווה ל- 60°C . נמקו.

התשובה:

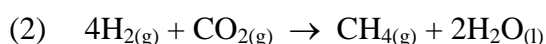
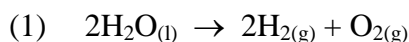
קביעה: טמפרטורת המים לאחר הערבוב תהיה נמוכה מ- 60°C .
נימוק: אנרגייה עוברת מהחומר שהטמפרטורה שלו גבוהה יותר לחומר שהטמפרטורה שלו נמוכה יותר. לכן אנרגייה תעבור ממים בטמפרטורה 60°C למים בטמפרטורה 20°C .
לכן הטמפרטורה הסופית לאחר הערבוב תהיה נמוכה מ- 60°C (וגבוהה מ- 20°C).

שאלה לתרגול: ניתוח קטע ממאמר מדעי

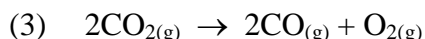
קראו את הקטע שלפניך וענו על כל הסעיפים שאחריו.

הפקת חמצן בתחנת חלל ובמאדים

בפברואר 2021 נחת רכב החלל "פרסבירנס" (Perseverance) על מאדים! חיפוש סימני חיים על הכוכב, איסוף דגימות והכנת סביבה שתאפשר הבאת הדגימות לכדור הארץ ושליחת אסטרונאוטים למאדים הן חלק מהמשימות השאפתניות של רכב החלל.
כדי שאסטרונאוטים יוכלו להתקיים יש צורך לספק להם חמצן.
בתחנת החלל שמקיפה את כדור הארץ באופן קבוע מפיקים חמצן על ידי אלקטרוליזה של מים $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$. לאחר מכן המימן שנוצר, $\text{H}_{2(g)}$, מגיב עם פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_{2(g)}$, חומר שנוצר בתהליך הנשימה ורצוי להוריד את ריכוזו בחללית. התגובות המתרחשות:



הטכנולוגיה של יצירת החמצן בתחנת החלל, לא מתאימה למאדים, כוכב לכת הנמצא במרחק רב - שבעה חודשים של מסע, לכן לא ניתן לשגר אליו מים כפי שנעשה בתחנת החלל. הצורך באספקת מים באופן קבוע בתחנת החלל נובע מכך שכמות המים הנוצרים בתגובה (2) קטנה מזו שדרושה לתגובה (1). במאדים מפיקים חמצן מפחמן דו-חמצני, חומר הנמצא בשפע באטמוספירה של מאדים. האוויר באטמוספירה של מאדים, הוא גז דליל מאוד. הוא עובר דרך מסנן ונדחס עד שנוצר לחץ שדומה לזה שקיים בכדור הארץ. יצירת חמצן מפחמן דו-חמצני במאדים מתרחשת על פי תגובה (3):



גזים כגון חנקן, $\text{N}_{2(g)}$, וארגון, $\text{Ar}_{(g)}$, מוכנסים למכל התגובה ומוצאים החוצה יחד עם פחמן חד-חמצני, $\text{CO}_{(g)}$, ופחמן דו-חמצני, $\text{CO}_{2(g)}$, שלא הגיב. יש צורך לספק אנרגייה לתגובה (3) על ידי סוללות ליתיום. המכשיר ליצירת חמצן על המאדים נקרא

Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment (MOXIE)

והוא יכול ליצור 20 גרם חמצן בשעה. זהו דגם קטן של מתקן גדול יותר ש-NASA מתכוונת לשלוח בעשור הזה בתוך רקטה. המתקן הגדול יפיק 2 ק"ג חמצן בשעה, במשך שנה וחצי. החמצן יאווסן בתוך הרקטה וישמש לתמיכה במשימות אנושיות במאדים בסביבות שנת 2030.

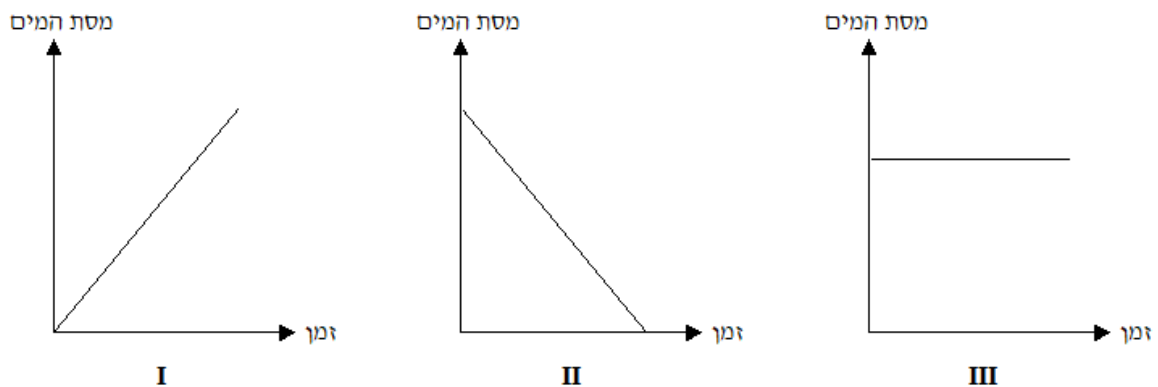
מעובד על פי:

[Mars Oxygen ISRU Experiment](#)

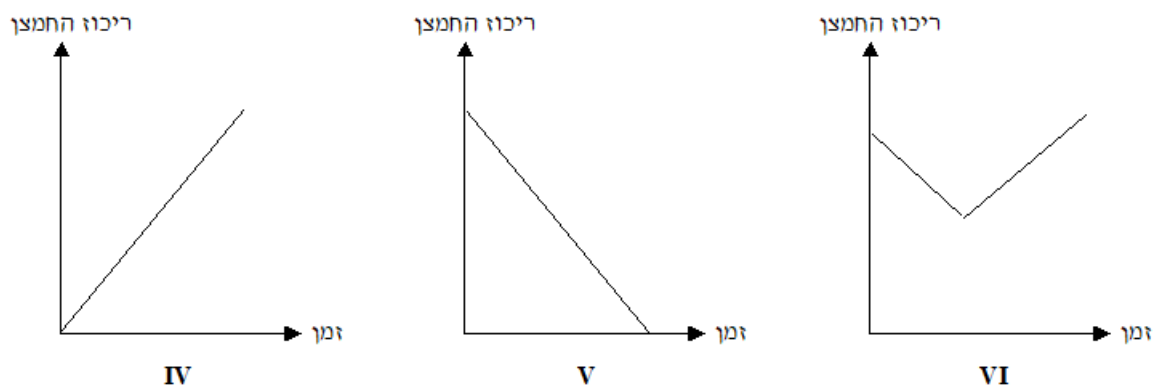
[Curious Kids: Where does the oxygen come from in the International Space Station, and why don't they run out of air?](#)

השאלות:

- א. רשמו שתי משימות שיש לרכב חלל במאדים.
- ב. קבעו את הסוג של תגובה (1) (חמצון-חיזור, חומצה בסיס, המסה, שריפה).
אם זאת תגובת חמצון-חיזור, ציינו את המחמצן ואת המחזור.
אם זאת תגובת חומצה בסיס, ציינו את החומצה ואת הבסיס.
- ג. חשבו את המסה של פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$, הדרושה ליצירת 20 גרם חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$, על פי תגובה (3). פרטו את החישובים.
- ד. חשבו את מסת המים הדרושה להפקת 48 ק"ג $\text{O}_2(\text{g})$ ביממה על פי תגובה (1). פרטו את החישובים.
- ה. נתונים שלושה גרפים, III-I, המציגים באופן סכמתי את התלות של מסת המים בזמן. קבעו איזה מהגרפים מתאים לתגובה (1) ואיזה לתגובה (2).



- ו. נתונים שלושה גרפים, VI-IV, המציגים באופן סכמתי את התלות של ריכוז החמצן בכלי בזמן. קבעו איזה מהגרפים מתאים לתגובה (3).



- ז. i קבעו אם תגובה (3) היא אנדותרמית או אקסותרמית. נמקו על פי הכתוב בקטע.
ii שרטטו את דיאגרמת האנטלפייה עבור תגובה (3).
- ח. ציינו שני יתרונות לתרומה של פיתוח התהליך של ייצור החמצן במאדים להתקדמות המדע.

התשובות:

סעיף א'

שתיים מהמשימות:

- חיפוש סימני חיים על הכוכב.
- איסוף דגימות.
- הכנת סביבה שתאפשר הבאת הדגימות לכדור הארץ.
- הכנת סביבה שתאפשר שליחת אסטרונאוטים למאדים.

סעיף ב'

- תגובה (1) היא תגובת חמצון-חיזור.
- מחמצן - אטומי מימן במולקולות המים.
- מחזר - אטומי חמצן במולקולות המים.

סעיף ג'

המסה המולרית של $O_{2(g)}$:

$$32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$\frac{20 \text{ gr}}{32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.625 \text{ mol}$$

מספר המולים של $O_{2(g)}$ שנוצרו:

על פי יחס המולים בניסוח תגובה (3), ליצירת 1 מול $O_{2(g)}$ דרושים 2 מול $CO_{2(g)}$,

לכן ליצירת 0.625 מול $O_{2(g)}$ דרושים:

$$2 \times 0.625 \text{ mol} = 1.25 \text{ mol } CO_{2(g)}$$

המסה המולרית של $CO_{2(g)}$:

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

המסה של $CO_{2(g)}$ הדרושה:

$$44 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 1.25 \text{ mol} = 55 \text{ gr}$$

סעיף ד'

המסה המולרית של $O_{2(g)}$:

$$32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$\frac{48,000 \text{ gr}}{32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 1500 \text{ mol}$$

מספר המולים של $O_{2(g)}$ שנוצרו:

על פי יחס המולים בניסוח תגובה (1), ליצירת 1 מול $O_{2(g)}$ דרושים 2 מול $H_2O_{(l)}$,

לכן ליצירת 1500 מול $O_{2(g)}$ דרושים:

$$2 \times 1500 \text{ mol} = 3000 \text{ mol } H_2O_{(l)}$$

המסה המולרית של $H_2O_{(l)}$:

$$18 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה של $H_2O_{(l)}$ הדרושה:

$$18 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 3000 \text{ mol} = 54,000 \text{ gr} = 54 \text{ kg}$$

סעיף ה'

גרף I מתאים לתגובה (2) גרף II מתאים לתגובה (1)

סעיף ו'

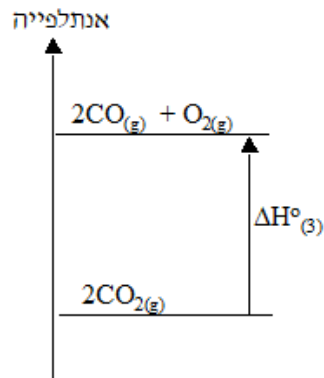
גרף IV מתאים לתגובה (3)

סעיף ז'

תת-סעיף i

תגובה (3) היא אנדותרמית. בקטע כתוב שיש צורך לספק אנרגייה לתגובה (3) על ידי סוללות ליתיום.

תת-סעיף ii



סעיף ח'

- המכשיר ליצירת חמצן על המאדים הוא דגם קטן של מתקן גדול יותר ש-NASA מתכוונת לשלוח בעשור הזה בתוך רקטה.
- המכשיר ליצירת חמצן על המאדים ישמש לתמיכה במשימות אנושיות במאדים.
- החמצן המופק במכשיר יכול לשמש לייצור מים על פי תגובה עם מימן.

המלצות כלליות לשאלה 9

מומלץ להרגיל את התלמידים לעבודה עם שאלה של ניתוח קטע ממאמר מדעי: לקרוא קטע ממאמר מדעי פעמיים, ובפעם השנייה לסמן במרקר את המידע שנראה לו חשוב כולל מילים משמעותיות. לאחר מכן לקרוא את השאלות ולענות עליהן.

מומלץ לבקש מהתלמידים לפתור שאלה 2 מבחינת הברגות תשס"ז, שאלון 918651, על פתיחת סתימות בכיורים, ושאלה 2 מבחינת הברגות תשס"ז, שאלון 037303, על חומרי ניקוי. מומלץ לעבוד עם התלמידים על משימות להקניית אוריינות: [אוריינות כימית](#), מומלץ לפתח מיומנות קריאה של מאמר מדעי ולהשתמש במאמרים בכל המבדקים לאורך הלימודים, החל מכיתה י'. לשם כך ניתן להיעזר במאמר:

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

מומלץ לתרגל עם התלמידים את מיומנות כתיבת טיעון מבוסס מדעית.

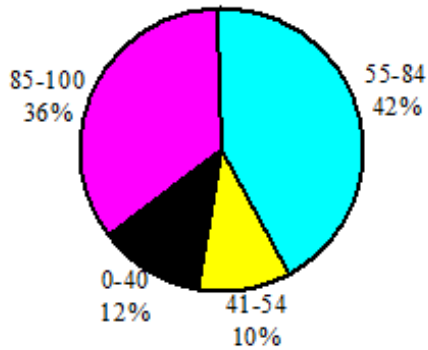
מומלץ לעבוד עם התלמידים על המצגת: [מיומנות בניית טיעונים](#).

ראו את הקישורים לחומרים מס' (1), (2), (27), (28), (44) בטבלה בעמ' 5-7.

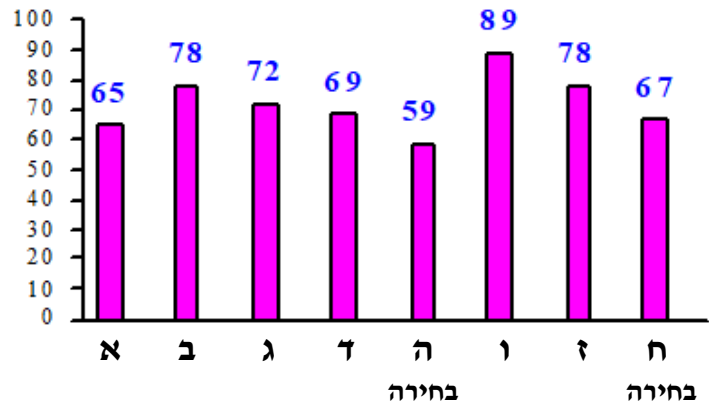
ניתוח שאלה 10

כימיה של מזון

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 69% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לזהות קבוצות פונקציונאליות במולקולות של תרכובות פחמן, כולל טריגליצרידים.
- לרשום צורות ייצוג שונות של חומצות שומן: נוסחה מולקולרית, רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה.
- לרשום ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של חומצת שומן על פי רישום מקוצר של חומצה זו.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים: לחשב את מספר המולים של חומצת שומן הנמצא ב-100 גרם שלה בשמן או בשומן, כשנתון אחוז חומצה זו.
- להשוות בין טמפרטורות היתוך של חומצות שומן על פי כל הגורמים המשפיעים על טמפרטורת היתוך: גודל עננים אלקטרוניים של מולקולות, חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות של חומצות שומן ואנרגייה הדרושה לפירוק האינטראקציות האלה.
- לנתח השפעת קשרים כפולים בתוך מולקולות של חומצות שומן על חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות ועל טמפרטורות היתוך של חומצות שומן.
- להבחין בין מבנה ציס למבנה טרנס במולקולות של חומצות שומן.
- להשוות בין טמפרטורות ההיתוך של איזומר ציס ואיזומר טרנס של חומצת שומן: התארגנות שונה של מולקולות, השפעת התארגנות המולקולות על חוזק הכוחות הבין מולקולריים והשפעת החוזק של כוחות אלה על טמפרטורות ההיתוך.
- להתאים חומצת שומן המשמשת כמגיב בתהליך ההידרוגנציה על פי התוצר הנתון. ליישם את הכללים של ביצוע תהליך ההידרוגנציה של חומצת שומן לא רוויה.
- ליישם את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים, כולל שמנים המכילים חומצות שומן, בממסים אל מימיים, כגון הקסאן.
- להסביר מסיסות של חומר מולקולרי אחד בחומר מולקולרי אחר, תוך התייחסות לכוחות הנוצרים בין מולקולות המומס לבין מולקולות הממס.

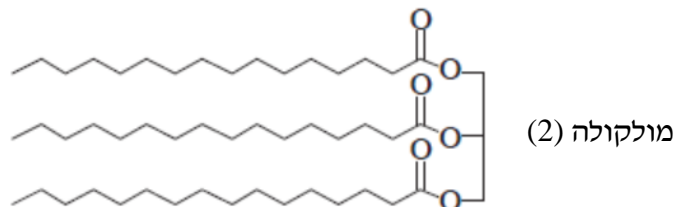
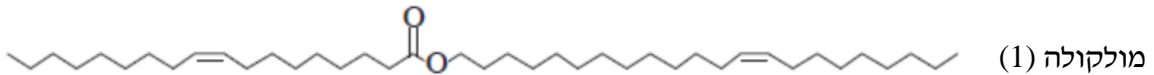
רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

שמן חוחובה מופק מזרעי שיח החוחובה ומשמש בעיקר להכנת מוצרים קוסמטיים. שמן החוחובה אינו מכיל טריגליצרידים. חומצות השומן בשמן חוחובה מופיעות במבנה מיוחד, כמתואר בייצוג המקוצר לנוסחת המבנה של מולקולה (1).

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה של שתי מולקולות המצויות בשמנים שונים:



סעיף א' (הציון 65)

רשום את הקבוצות הפונקציונליות בכל אחת מן המולקולות (1) ו-(2).

התשובה

מולקולה (1) - קשר כפול, אסטר.

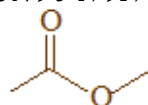
מולקולה (2) - אסטר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

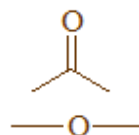
הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לזהות את הקבוצות הפונקציונליות ולציין את השמות שלהן (למרות שקבוצות אחדות מופיעות בנספח לשאלון הבחינה). הטעויות האופייניות:

- זיהוי שגוי של הקבוצה הפונקציונלית של אסטר:



- "חומצה קרבוקסילית"
- "קטון + אתר"

- רישום החלקים של הקבוצה הפונקציונלית של אסטר וזיהוי חלקים אלה כקבוצות פונקציונליות נפרדות:

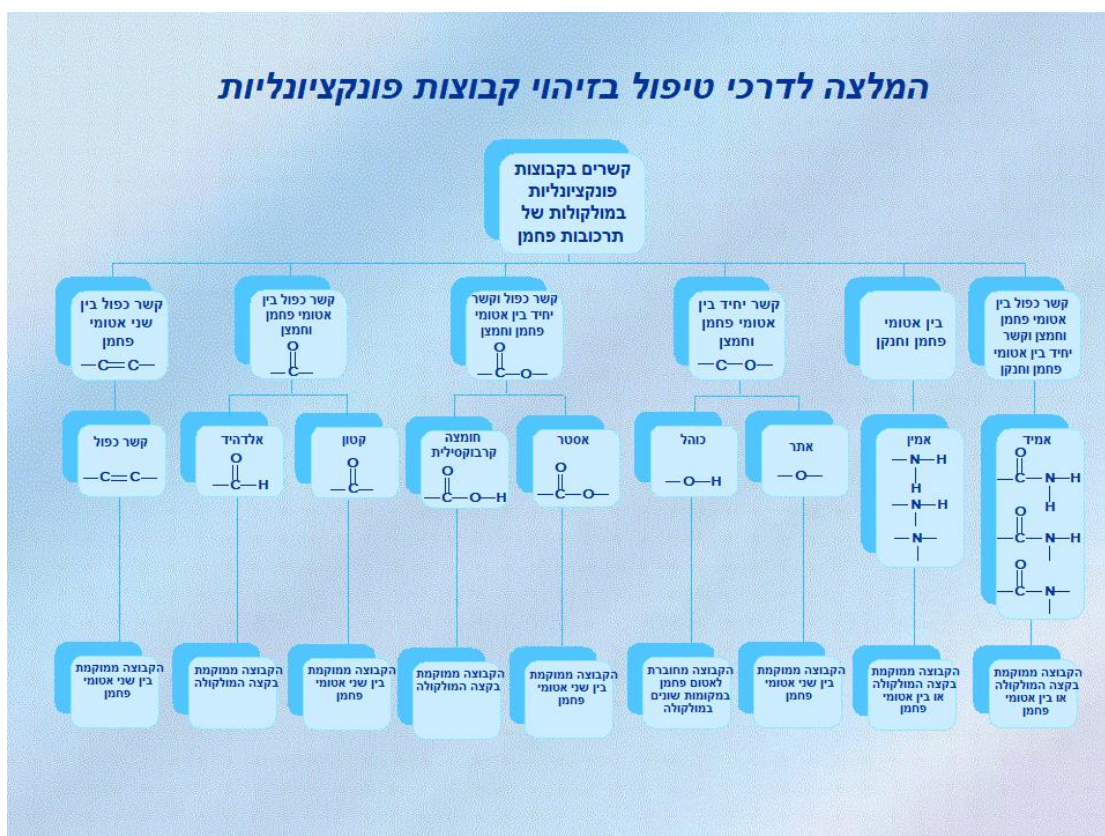


- "קטון"
- "אתר"

- אי-ציון של קווי המשך בייצוג של הקבוצות הפונקציונליות.

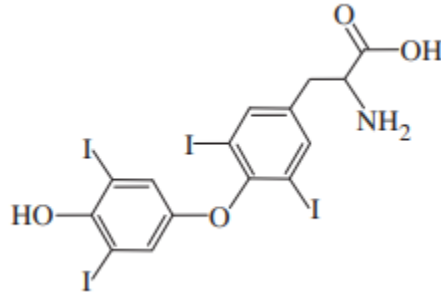
המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים רישום נוסחאות של קבוצות פונקציונליות. אפשר לתת לתלמידים נוסחאות של תרכובות פחמן, שבמולקולות שלהן יש מספר קבוצות פונקציונליות, ולבקש לסמן בעיגול את הנוסחאות של הקבוצות הפונקציונליות ולרשום את שמותיהן. מומלץ להיעזר בתרשים המופיע בהמלצות מתוך השתלמות במסגרת ההדרכה, שהועברה על ידי המדריכות למורי הכימיה רים סאבא ושלומית וינטר:



שאלה לתרגול:

נתון ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של תירוקסין:



איזו קבוצה פונקציונלית אינה מופיעה במולקולת תירוקסין?

א. קטון

ב. כוהל

ג. אתר

ד. אמין

הנימוק:

התשובה הנכונה היא א'.
קבוצה פונקציונלית של קטון, —C(=O)— , אינה מופיעה במולקולת תירוקסין.
קבוצות פונקציונליות המופיעות במולקולת תירוקסין:

כוהל (מסיח ב') —O—H

אתר (מסיח ג') —O—

אמין (מסיח ד') —NH_2

פתיח לסעיפים הבאים

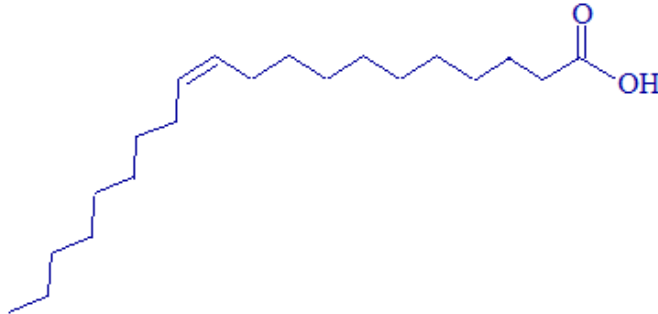
הרכב השמן בזרע החוחובה תלוי באזור הגידול שלו. הטבלה שלפניך מציגה את חומצות השומן העיקריות שמרכיבות את שמן החוחובה המופק מזרעי החוחובה מאזור מסוים במקסיקו.

חומצת השומן	רישום מקוצר של חומצת השומן	אחוז מכלל חומצות השומן
חומצה פלמיטית	C16:0	8.1%
חומצה אולאית	C18:1 ω 9cis	19.7%
חומצה גונדואית	C20:1 ω 9cis	60.6%
חומצה ארוסית	C22:1 ω 9cis	10.1%
חומצות שומן אחרות	-	1.5%

סעיף ב' (הציון 78)

רשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת חומצה גונדואית וייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת חומצה פלמיטית.

התשובה



חומצה גונדואית



חומצה פלמיטית

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים תרגמו נכון רישום מקוצר של מולקולות חומצות השומן לייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולות שתי החומצות, אך חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות:

- אי-רישום של קבוצה קרבוקסילית בקצה המולקולה של חומצת השומן:



חומצה פלמיטית

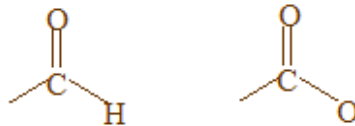


חומצה גונדואית

- מיקום שגוי של קשר כפול במולקולה של חומצה גונדואית.

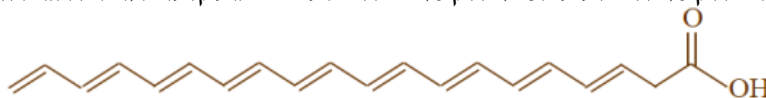
- רישום מבנה טרנס במקום מבנה ציס במולקולה של חומצה גונדואית.

- רישום שגוי של קבוצה קרבוקסילית:



- אי רישום קשר כפול במולקולה של חומצה גונדואית.

- בלבול בין מיקום הקשר הכפול למספר הקשרים הכפולים במולקולת חומצה גונדואית:



- רישום מספר שגוי של אטומי הפחמן במולקולה של חומצת שומן.

- רישום אטומי מימן על הקשר הכפול במולקולה של חומצה גונדואית.

סעיף ג' (הציון 72)

כמה מול חומצה גונדואית, $C_{19}H_{37}COOH_{(l)}$, אפשר להפיק מ-100 גרם חומצות שומן בשמן חוחובה? היעזר בנתוני הטבלה.

התשובה

מסת החומצה הגונדואית ב-100 גרם בשמן חוחובה:

$$100 \text{ gr} \times \frac{60.6\%}{100\%} = 60.6 \text{ gr}$$

$$310 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \quad \text{המסה המולרית של חומצה גונדואית:}$$

$$\frac{60.6 \text{ gr}}{310 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.195 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של חומצה גונדואית ב-100 גרם בשמן החוחובה:}$$

הערה: בשאלה אין דרישה לפרט חישובים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו להשתמש בנתונים שבטבלה ובחישוב עם אחוזים. הטעות האופיינית העיקרית היא חוסר הבנה שלתערובת אין מסה מולרית. כמו כן יש כאן חוסר הבחנה בין חישוב אחוזים של חומר בתערובת הנתונה לבין חישוב מספר המולים של החומר - חוסר התייחסות לאחוז של החומצה הגונדואית וחישוב מספר המולים ב-100 גרם:

- $\frac{100 \text{ gr}}{310 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.322 \text{ mol}$

המלצות

חלק מהתלמידים מתקשים בהבנה של מושג "אחוז". מומלץ לתרגל חישובים עם אחוזים והמרת האחוזים לגרמים. מומלץ להבהיר לתלמידים שלתערובת חומרים אין מסה מולרית.

שאלה לתרגול:

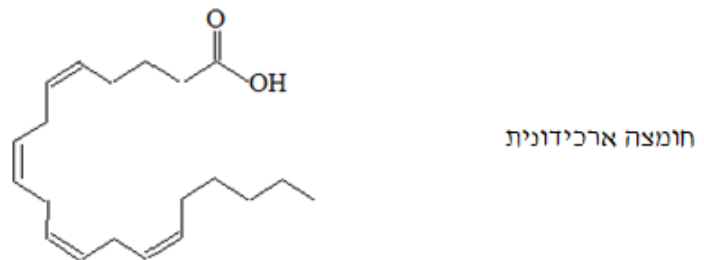
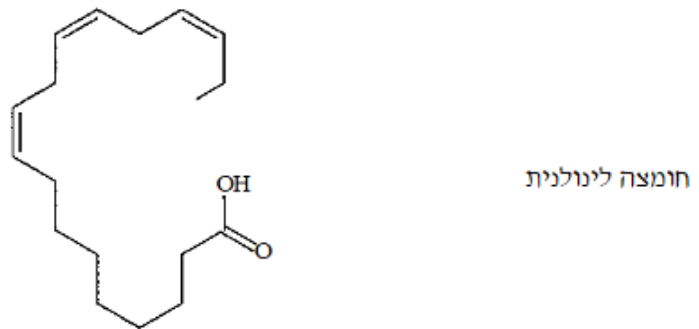
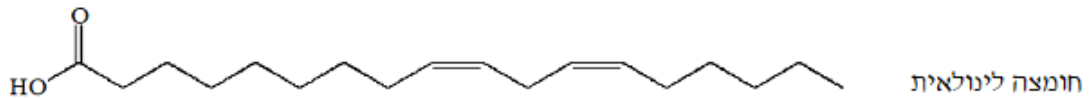
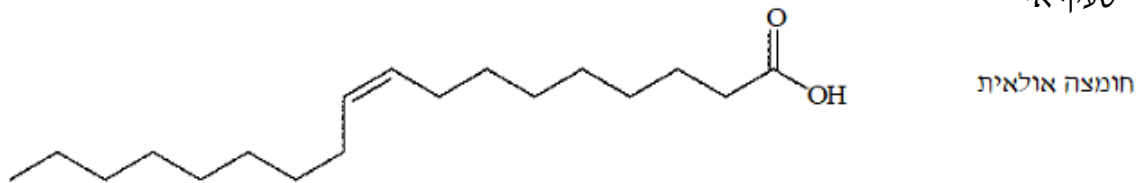
הטבלה הנתונה מציגה את אחוז חומצות השומן העיקריות בטריגליצרידים A ו-B הנמצאים בשמן שומשום.

חומצות שומן	אחוז חומצות השומן בטריגליצריד A	אחוז חומצות השומן בטריגליצריד B
חומצות שומן רוויות	14.7%	34.5%
חומצה אולאית C18:1 ω 9 cis	39.5%	42.3%
חומצה לינולאית C18:2 ω 6 all cis	45%	20.1%
חומצה לינולנית C18:3 ω 3 all cis	0.8%	1%
חומצה ארכידונית C20:4 ω 6 all cis	0	2%

- נתונות שתי דגימות: 100 גרם טריגליצריד A ו- 100 גרם טריגליצריד B.
- א. רשמו ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה עבור מולקולה של כל אחת מחומצות השומן המוצגות בטבלה.
- ב. היעזרו בנתוני הטבלה וחשבו את מספר המולים של חומצה לינולאית בטריגליצריד A. פרטו את החישוב. נתון: הנוסחה המולקולרית של חומצה לינולאית: $C_{18}H_{32}O_2$.
- ג. בדגימה של איזה טריגליצריד, A או B, המסה של חומצה אולאית גדולה יותר? נמקו.

התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'

המסה של חומצה לינולאית ב- 100 גרם טריגליצריד A:

$$100 \text{ gr} \times \frac{45\%}{100\%} = 45 \text{ gr}$$

$$280 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של חומצה לינולאית:

$$\frac{45 \text{ gr}}{280 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.16 \text{ mol}$$

מספר המולים של חומצה לינולאית ב- 100 גרם טריגליצריד A:

סעיף ג'

המסה של חומצה אולאית בדגימה של טריגליצריד A גדולה יותר.
 שתי הדגימות מכילות 100 גרם טריגליצריד. אחוז החומר בתערובת מחושב כמספר גרם חומר
 ב- 100 גרם תערובת.
 בטריגליצריד A יש אחוז גדול יותר של חומצה אולאית, לכן גם המסה של חומצה זו בדגימה היא
 גדולה יותר.

פתיח לסעיפים הבאים

שמן חוחובה מסוג אחר מכיל חומצה אלאידית. חומצה אלאידית היא חומצת שומן אומגה 9 והיא
 איזומר של חומצה אולאית.

סעיף ד' (הציון 69)

רשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת חומצה אלאידית.

התשובה



חומצה אלאידית

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

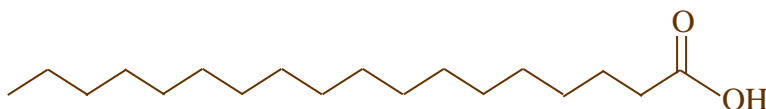
ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לרשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת חומצה
 אלאידית על פי הנתון בשאלה: חומצה אלאידית היא חומצת שומן אומגה 9 והיא איזומר של חומצה
 אולאית, שהרישום המקוצר שלה נתון בטבלה. הטעויות האופייניות שאותרו דומות לטעויות שהופיעו
 בסעיף ב':

♦ אי-רישום של קבוצה קרבוקסילית בקצה המולקולה של חומצה אלאידית:



♦ אי-רישום קשר כפול במולקולה.



♦ מיקום שגוי של הקשר הכפול במולקולה.

♦ רישום מבנה ציס במקום מבנה טרנס במולקולה.

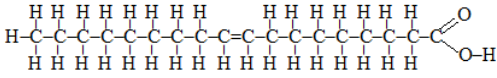
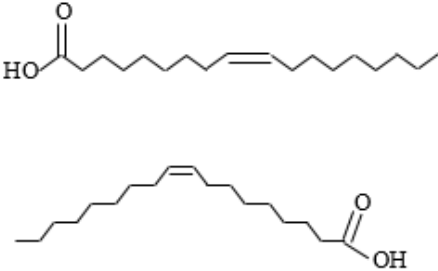
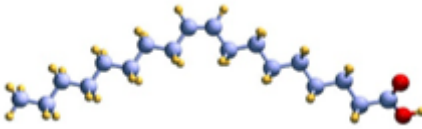
♦ רישום שגוי של קבוצה קרבוקסילית.

♦ רישום מספר שגוי של אטומי הפחמן.

♦ רישום מקוצר במקום ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה.

המלצות לסעיפים ב' ו-ד'

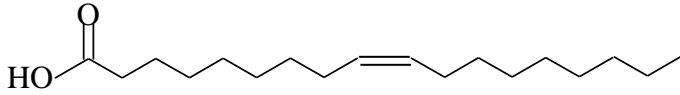
מומלץ לתרגל מעבר בין נוסחאות שונות: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה, נוסחה מולקולרית. מומלץ להדגיש לתלמידים שבמספור אטומי פחמן במולקולה של חומצת שומן יש לכלול גם את אטום הפחמן שבקבוצה הקרבוקסילית. מומלץ תרגול נוסף באמצעות טופס גוגל [רישום מקוצר של חומצות שומן](#). מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלה, המציגה והמסכמת צורות ייצוג שונות ותפקידן. ניתן להשתמש בטבלה זו כאשר חלק מהמידע לא כתוב ולבקש מהתלמידים להשלים את החסר. ראו את הקישור לחומר מס' (43) בטבלה בעמ' 5-7.

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

*התלמידים לא נדרשים לזהות את חומצת שומן על פי מודל מרחבי.

שאלה לתרגול:

בטבלה הנתונה מוצג מידע חלקי על חומצות השומן העיקריות המצויות בשמן זית.

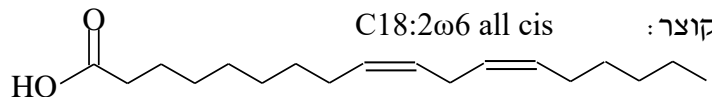
מידע חלקי	חומצת השומן
	אולאית
במולקולה אחת מסוג אומגה 6 יש 18 אטומי פחמן ושני קשרים כפולים מסוג ציס.	לינולאית
C18:0	סטארית
C16:1 ω 7 trans	טרנס-פלמיטולאית

- רשמו נוסחה מולקולרית ורישום מקוצר של חומצה אולאית.
- רשמו רישום מקוצר וייצוג לנוסחת מבנה של חומצה לינולאית.
- רשמו נוסחה מולקולרית וייצוג מלא לנוסחת מבנה של חומצה סטארית.
- קיימת חומצת שומן שהיא איזומר לחומצה טרנס-פלמיטולאית. רשמו ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של איזומר זה.

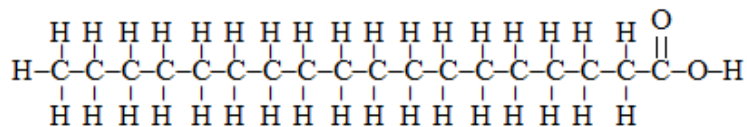
התשובה:

סעיף א' חומצה אולאית: נוסחה מולקולרית: $C_{18}H_{34}O_2$ או $C_{17}H_{33}COOH$
 רישום מקוצר: C18:1 ω 9 cis

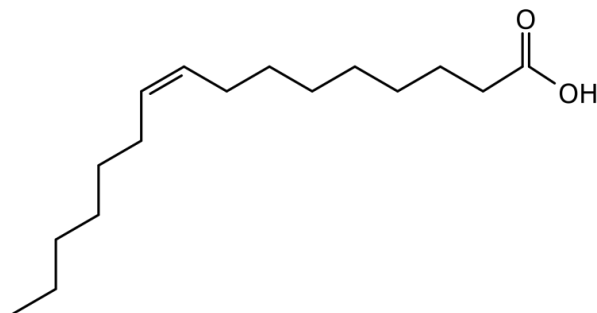
סעיף ב' חומצה לינולאית: רישום מקוצר: C18:2 ω 6 all cis
 ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה:



סעיף ג' חומצה סטארית: נוסחה מולקולרית: $C_{18}H_{36}O_2$ או $C_{17}H_{35}COOH$
 ייצוג מלא לנוסחת מבנה:



סעיף ד' חומצה ציס-פלמיטולאית - איזומר של חומצה טרנס-פלמיטולאית:



סעיף ה' בחירה (הציון 59)

טמפרטורת ההיתוך של חומצה אלאידית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית. הסבר מדוע.

התשובה

(טמפרטורת היתוך היא מדד לחוזק הכוחות הבין מולקולריים בחומר במצב צבירה מוצק.)
הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בין מולקולות חומצות השומן הנתונות הם בעיקר אינטראקציות ון-דר-ולס (וקשרי מימן באזור הקבוצה הקרבוקסילית).
חומצה אולאית וחומצה אלאידית הן איזומרים ולכן ענן האלקטרונים (או: האורך של השייר הפחמימני) של מולקולות שתי החומצות זהה.
ההבדל בין המולקולות הוא גיאומטריית הקשר הכפול (סידור האטומים מסביב הקשר הכפול).
בחומצה אולאית האטומים מסביב לקשר הכפול הם בעמדת ציס ובחומצה אלאידית הם בעמדת טרנס.
קשר כפול במבנה ציס גורם לכיפוף גדול יותר במולקולות מאשר קשר כפול במבנה טרנס.
לכן, במצב מוצק, האריזה של מולקולות החומצה האלאידית צפופה יותר (או: המרחק בין המולקולות קטן יותר) ואינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות שלה חזקות יותר.
נדרשת אנרגייה רבה יותר להחלשת הקשרים בין המולקולות של חומצה אלאידית ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה אלאידית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להשוות בין טמפרטורות ההיתוך של איזומר ציס ואיזומר טרנס של חומצת השומן: התארגנות שונה של מולקולות, השפעת התארגנות המולקולות על חוזק הכוחות הבין מולקולריים והשפעת החוזק של כוחות אלה על טמפרטורות ההיתוך.

הבעיה העיקרית בסעיף זה היא הסברים חלקיים, שלא מתייחסים לכל הגורמים המשפיעים על טמפרטורות היתוך של חומצות שומן. רוב התלמידים כתבו שטמפרטורת ההיתוך של איזומר טרנס גבוהה מזו של איזומר ציס, אך חלקם התקשו בציון של כל הגורמים המשפיעים והסתפקו בהסבר חלקי:

- "טמפרטורת ההיתוך של חומצת שומן מסוג טרנס גבוהה יותר משל ציס. טמפרטורת ההיתוך של חומצה אלאידית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית."
- "לחומצה במבנה ציס יש טמפרטורת היתוך נמוכה יותר כי יש לה אריזה פחות צפופה."
- "יכולת הקיפול של המולקולות שונה באיזומרים ציס וטרנס. לכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה אלאידית גבוהה יותר."

בהסברים חלקיים חסרה התייחסות:

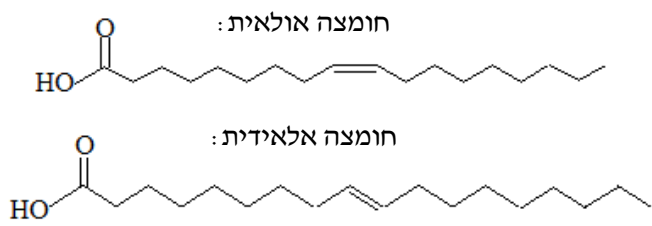
- ♦ לסוג הכוחות הבין מולקולריים בחומצות שומן - בעיקר אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן באזור הקבוצה הקרבוקסילית.
- ♦ לכך שחומצה אולאית וחומצה אלאידית הן איזומרים ולכן ענן האלקטרונים של מולקולות שתי החומצות זהה.

- ◆ לכיפוף גדול יותר במולקולה שאליו גורם קשר כפול במבנה ציס מאשר קשר כפול במבנה טרנס, ולכן, במצב מוצק, האריזה של מולקולות החומצה האלאידית צפופה יותר ואינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות שלה חזקות יותר.
- ◆ לאנרגייה רבה יותר הנדרשת להחלשת הקשרים בין המולקולות של חומצה אלאידית ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה אלאידית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית. הבעיות הנוספות שהתגלו בהסברים :
- ◆ הסברים כלליים הכוללים תיאור כללי של הגורמים המשפיעים על טמפרטורת היתוך של חומצות שומן ללא התייחסות באופן ספציפי לחומצות השומן הנתונות בשאלה.
- ◆ הסברים המתייחסים לחומצת שומן אחת בלבד ללא התייחסות לחומצת השומן הנוספת שאליה יש להשוות את המידע.

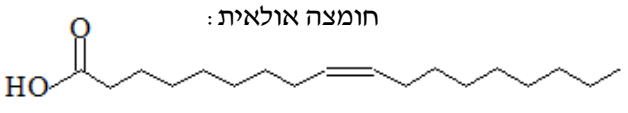
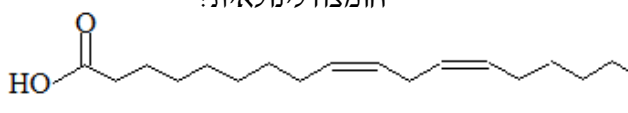
המלצות

מומלץ לתת לתלמידים שאלות דומות ולעזור להם לכתוב הסברים מלאים. רוב הגורמים, שמשפיעים על טמפרטורות היתוך של חומצות שומן, מוכרים לתלמידים. כדי להשוות את טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן, תלמידים צריכים להכיר מספר גורמים נוספים, כגון השפעת מספר הקשרים הכפולים במולקולות, מבנה של הקשרים הכפולים - ציס וטרנס, צפיפות האריזה. מומלץ לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון להשוואה בין טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן בצורת טבלה.

השוואה לדוגמה בין טמפרטורות ההיתוך של חומצת שומן ציס וחומצת שומן טרנס

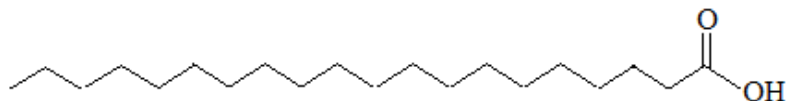
חומצת שומן	אולאית	אלאידית
נוסחה מולקולרית	$C_{18}H_{34}O_2$	$C_{18}H_{34}O_2$
רישום מקוצר	C18:1 ω 9, cis	C18:1 ω 9, trans
ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה		
גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות	הגודל של ענני האלקטרונים במולקולות של שתי החומצות שווה כי שתי חומצות אלה הן איזומרים	
מספר הקשרים הכפולים במולקולה	1	1
מבנה של קשרים כפולים	חומצה אולאית - מבנה ציס חומצה אלאידית - מבנה טרנס	
סוגי הכוחות הבין מולקולריים	אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן	
החוזק היחסי של כוחות בין מולקולריים	בין המולקולות של חומצה אולאית יש אינטראקציות ון-דר-ולס חלשות יותר.	
השפעת מספר הקשרים הכפולים על צפיפות האריזה	קשר כפול במבנה ציס יוצר כיפוף במולקולה של חומצת השומן. הכיפוף מפריע להתקרבות המולקולות. המולקולות לא יכולות להסתדר באריזה צפופה.	
התייחסות לאנרגיה המושקעת	נדרשת פחות אנרגיה להחלשת הכוחות הבין מולקולריים.	
טמפרטורת היתוך	טמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית נמוכה יותר.	

השוואה לדוגמה בין טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן ציס עם מספר שונה של קשרים כפולים

לינולאית	אולאית	חומצת שומן
$C_{18}H_{32}O_2$	$C_{18}H_{34}O_2$	נוסחה מולקולרית
C18:2 ω 6, cis, cis	C18:1 ω 9, cis	רישום מקוצר
<p>חומצה אולאית:</p>  <p>חומצה לינולאית:</p> 		ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה
הגודל של ענני האלקטרונים במולקולות של שתי החומצות דומה כי אורך השרשרות הפחמימניות דומה.		גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות
2	1	מספר הקשרים הכפולים במולקולה
מבנה ציס		מבנה של קשרים כפולים
אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן		סוגי הכוחות הבין מולקולריים
בין המולקולות של חומצה לינולאית יש אינטראקציות ון-דר-ולס חלשות יותר.		החוזק היחסי של כוחות בין מולקולריים
קשר כפול במבנה ציס יוצר כיפוף במולקולה של חומצת השומן. הכיפוף מפריע להתקרבות המולקולות, המולקולות לא יכולות להסתדר באריזה צפופה. ככל שיש יותר קשרים כפולים במבנה ציס יש יותר אזורים כפופים במולקולה.		השפעת מספר הקשרים הכפולים על צפיפות האריזה
נדרשת פחות אנרגיה להחלשת הקשרים הבין מולקולריים		התייחסות לאנרגיה המושקעת
ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה יותר.		טמפרטורת ההיתוך

פתיח לסעיפים הבאים

השמן המופק מזרעים של שיחי חוחובה שגדלים בנגב, מכיל אחוז גבוה יותר של חומצות שומן רוויות. אחת מהן היא חומצה אראכידית. נתון ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת חומצה אראכידית:



סעיף ו' (הציון 89)

כתוב רישום מקוצר של חומצה אראכידית.

התשובה

C20:0

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים כתבו נכון רישום מקוצר של חומצה אראכידית. תלמידים מעטים טעו במספר אטומי הפחמן במולקולה ורשמו C19:0.

המלצות

ראו המלצות ושאלה לתרגול לסעיפים ב' ו-ד' (בסוף ניתוח סעיף ד').

סעיף ז' (הציון 78)

אפשר לקבל חומצה אראכידית מאחת החומצות המוצגות בטבלה בתהליך הידרוגנציה. קבע איזו חומצה מתאימה לקבלת חומצה אראכידית. **הסבר את קביעתך.**

התשובה

קביעה: חומצה גונדואית.
הסבר: למולקולת חומצה גונדואית מספר אטומי פחמן זהה למספר של אטומי הפחמן במולקולת חומצה אראכידית.
תהליך ההידרוגנציה של חומצה גונדואית הוא תהליך שבו נפתח הקשר הכפול (מתרחש תהליך סיפוח) בכל מולקולה, ונוספים שני אטומי מימן (בנוכחות זרז ניקל, Ni_(s)). מתקבלות מולקולות של חומצה אראכידית.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים טעו בקביעת חומצת השומן המתאימה. היו תלמידים שקבעו נכון שאפשר לקבל חומצה אראכידית מחומצה גונדואית, אך התקשו ליישם את תהליך ההידרוגנציה עבור חומצות שומן לא רוויות. הטעויות האופייניות:

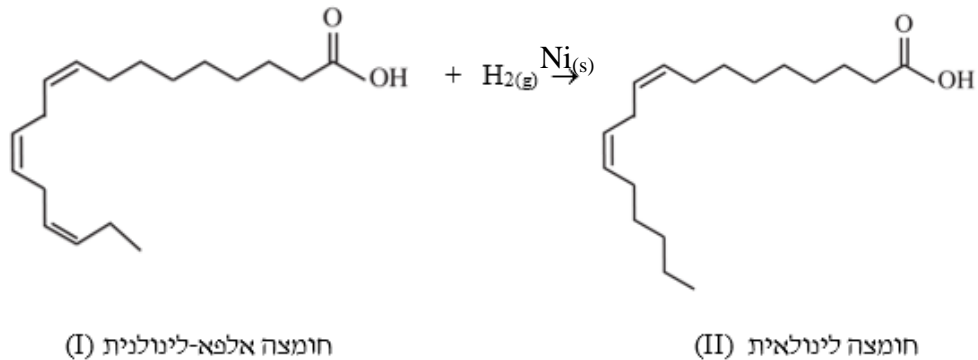
- ♦ הטעות האופיינית העיקרית שנובעת מחוסר הבנה של מהות תהליך הידרוגנציה: קביעה שגויה וניסיון להסבירה:
 - "החומצה המתאימה היא חומצה פלמיטית. חומצה זו הכי דומה במבנה לחומצה אראכידית ואינה מכילה קשרים כפולים."
 - ♦ התעלמות מכך שבתהליך הידרוגנציה מספר אטומי פחמן במולקולת המגיב שווה למספר אטומי פחמן במולקולת התוצר:
 - "אפשר לקבל חומצה אראכידית מחומצה אולאית מכיוון שבתהליך הידרוגנציה על קשר כפול נוספים שני אטומי מימן. הרישום המקוצר של חומצה אולאית הוא C18:1ω9, והרישום המקוצר של חומצה אראכידית יהיה C20:0".
- יש כאן גם בלבול בין אטומי מימן ואטומי פחמן.

- ◆ קביעה נכונה המלווה בהסבר חלקי :
 - ◆ "החומצה המתאימה היא חומצה גונדואית. לחומצה גונדואית ולחומצה אראכידית יש אותו מספר אטומי פחמן במולקולה - 20 אטומי פחמן."
 - ◆ קביעה נכונה וניסוח תהליך ההידרוגנציה באמצעות רישום מקוצר או נוסחאות מולקולריות במקום הסבר :
- $C_{19}H_{37}COOH + H_2 \rightarrow C_{19}H_{39}COOH$
 - $C_{20:1\omega} + H_2 \rightarrow C_{20:0}$

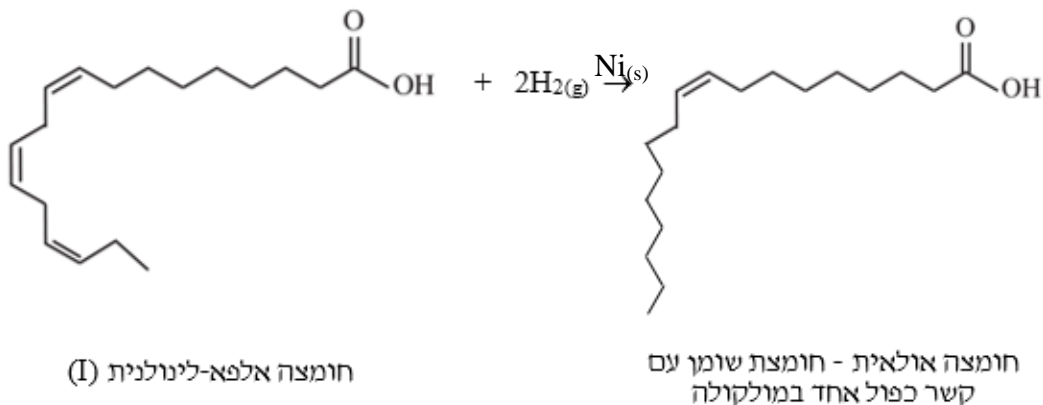
המלצות

כדי למנוע טעויות הנובעות מחוסר הבנה של מהות תהליך ההידרוגנציה, מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים סטויכיומטריים עם יחסי מולים שונים ועם תרכובות פחמן (לא רק חומצות שומן) שבמולקולות שלהן יש מספר קשרים כפולים. בתרגילים אפשר להראות כיצד יחס מולים בין חומצות שומן עם מספר שונה של קשרים כפולים במולקולות לבין מימן קובעים את התוצר העיקרי שמתקבל. מומלץ לנסח את תהליכי ההידרוגנציה עבור חומצה אלפא-לינולנית :

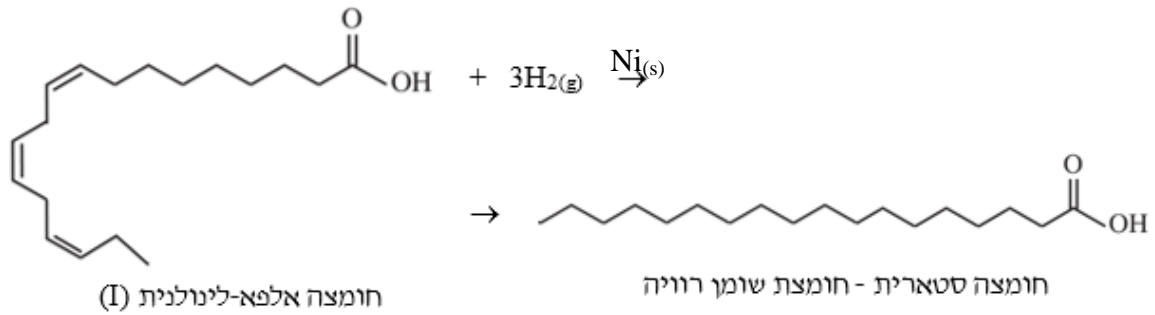
הידרוגנציה עם יחס מולים בין חומצה אלפא-לינולנית למימן 1:1 :



הידרוגנציה עם יחס מולים בין חומצה אלפא-לינולנית למימן 1:2 :



הידרוגנציה עם יחס מולים בין חומצה אלפא-לינולנית למימן 1:3 :



מומלץ 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, כולל הידרוגנציה.
ראו את הקישור לחומר מס' (36) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלות לתרגול:

שאלה 1

הטבלה הנתונה מציגה נתונים חלקיים על ארבע חומצות שומן.

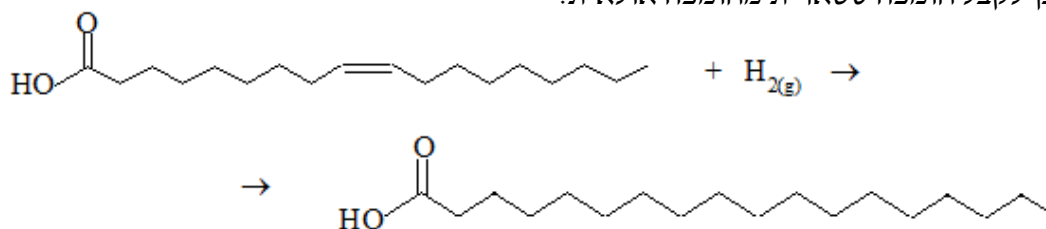
חומצת שומן	נתונים
חומצה אולאית	C18:1 ω 9, cis
חומצה סטארית	C ₁₇ H ₃₅ COOH
חומצה פלמיטית	
חומצה לינולאית	

- א. קבעו אם ניתן לקבל חומצה סטארית מחומצה אולאית. אם כן - נסחו תהליך מתאים, השתמשו בייצוג מקוצר של נוסחת מבנה. אם לא - הסבירו מדוע.
- ב. קבעו אם ניתן לקבל חומצה פלמיטית מחומצה אולאית. אם כן - נסחו תהליך מתאים, השתמשו בייצוג מקוצר של נוסחת מבנה. אם לא - הסבירו מדוע.

התשובה:

סעיף א'

ניתן לקבל חומצה סטארית מחומצה אולאית.



סעיף ב'

לא ניתן לקבל חומצה פלמיטית מחומצה אולאית.

במולקולה של חומצה אולאית יש 18 אטומי פחמן, ובמולקולה של חומצה פלמיטית יש 16 אטומי פחמן. בתהליך ההידרוגנציה מספר אטומי פחמן נשמר. לכן חומצה אולאית אינה מתאימה לשמש מגיב לקבלת חומצה פלמיטית.

שאלה 2

אפשר לקבל חומצה אולאית, $C_{18}:1\omega 9, cis$, בתהליך ההידרוגנציה של חומצת שומן A. נתון רישום מקוצר של ארבע חומצות שומן:

I. $C_{18}:0$ II. $C_{18}:2\omega 6$ III. $C_{18}:3\omega 3$ IV. $C_{20}:2\omega 3$

קיבעו אילו חומצות שומן יכולות להיות חומצת שומן A. נמקו את הקביעה.

א. II ו-I

ב. III ו-II

ג. IV ו-II

ד. IV ו-III

התשובה:

התשובה הנכונה היא ב'.

במולקולה של חומצה A יש 18 אטומי פחמן, כמו במולקולה של חומצה אולאית - תוצר ההידרוגנציה. תהליך ההידרוגנציה של חומצה A הוא תהליך שבו נפתחים אחד או יותר קשרים כפולים בכל מולקולה - מתרחש תהליך סיפוח. לכל קשר שנפתח נוספים שני אטומי מימן. כדי לקבל חומצה אולאית בתהליך ההידרוגנציה של חומצה A, כל מולקולה של חומצה A חייבת להכיל לפחות שני קשרים כפולים. לכן רק חומצות II ו-III יכולות להיות חומצה A.

סעיף ח' בחירה (הציון 67)

אחת הדרכים להפקת שמן חוחובה היא הוספת הקסאן, $C_6H_{14(l)}$, לזרעים גרוסים וניעורם. שמן חוחובה מתמוסס היטב בהקסאן, $C_6H_{14(l)}$. הסבר מדוע.

התשובה

מולקולות שמן החוחובה יכולות ליצור אינטראקציות ון-דר-ולס עם מולקולות ההקסאן, ולכן שמן החוחובה מתמוסס היטב בהקסאן.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר מדוע שמן חוחובה מתמוסס היטב בהקסאן ומה הם הגורמים המשפיעים על המסת השמן בממס מולקולרי. הופיעו טעויות בהסבר המסיסות של שמן, המכיל חומצות שומן, בממס לא מימי ובקביעה של סוג הכוחות הבין מולקולריים בתמיסה מסוג זה. הופיעו הסברים שגויים:

- "שמן חוחובה מתמוסס היטב בהקסאן כי הקשרים בהקסאן חזקים יותר, ולכן הם מתערבבים היטב עם הקשרים בשמן."
- "קשרי ון-דר-ולס שבשני החומרים מתמוססים זה בזה."
- "המסיסות טובה, כי בשני החומרים נוצרים קשרי מימן בין מולקולות."
- "שמן מתמוסס בהקסאן כי בין שמן להקסאן נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס."
- הסבר על כוחות בין חומרים במקום התייחסות לכוחות בין חלקיקים - בין מולקולות המומס לבין מולקולות הממס.
- "שמן מתמוסס בהקסאן כי בשני החומרים יש אותו סוג כוחות בין מולקולריים. התייחסות לאותו סוג של כוחות בין מולקולריים בשני החומרים מבלי להתייחס כלל לכוחות הנוצרים בין מולקולות המומס למולקולות הממס."

המלצות

מומלץ לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון לשאלות על מסיסות חומרים מולקולריים בממסים שונים, בצורת טבלה, על פי ההצעה מהחוברת: [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#) בבחינות הברורות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה.

ראו את הקישור לחומר מס' (17) בטבלה בעמ' 5-7.

קביעת המסיסות של שמן חוחובה בהקסאן

הממס : הקסאן	המומס : שמן חוחובה המכיל חומצות שומן	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכבים החומרים
(אינטראקציות ון-דר-ולס)	(אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן)	(סוגי הכוחות בין מולקולות החומרים) *לא חובה לציין
אינטראקציות ון-דר-ולס		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות הממס למולקולות המומס במהלך ההמסה
מולקולות שמן החוחובה יכולות ליצור אינטראקציות ון-דר-ולס עם מולקולות ההקסאן, ולכן המסיסות של שמן חוחובה בהקסאן טובה.		המסקנה

שאלה לתרגול:

המסיסות של פרופאן, $C_3H_8(g)$, במים זניחה, אך מסיסותו בפחמן ארבע כלורי, $CCl_4(l)$, טובה. הסבירו מדוע.

התשובה:

טבלה 1: קביעת המסיסות של פרופאן במים

הממס : מים	המומס : פרופאן	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכבים החומרים
(קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס)	(אינטראקציות ון-דר-ולס)	(סוגי הכוחות בין מולקולות החומרים) *לא חובה לציין
אפשרות ליצירת קשרי מימן בין מולקולות פרופאן למולקולות מים זניחה, כי במולקולות של פרופאן אין מוקדים ליצירת קשרי מימן.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות הממס לממס ההמסה
המסיסות של פרופאן במים זניחה כי אין אפשרות ליצירת כוחות בין מולקולות פרופאן לבין מולקולות מים.		המסקנה

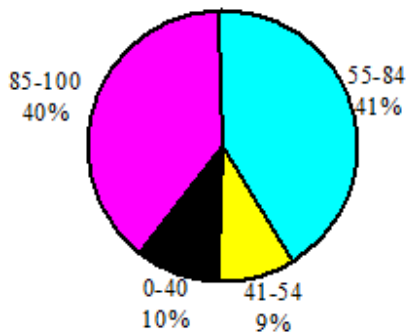
טבלה 2: קביעת המסיסות של פרופאן בפחמן ארבע כלורי

הממס : פחמן ארבע כלורי	המומס : פרופאן	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכבים החומרים
אינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות בין מולקולות החומרים
אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות פרופאן לבין מולקולות פחמן ארבע כלורי.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות הממס למולקולות המומס במהלך ההמסה
המסיסות של פרופאן בפחמן ארבע כלורי טובה כי נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות פרופאן לבין מולקולות פחמן ארבע כלורי.		המסקנה

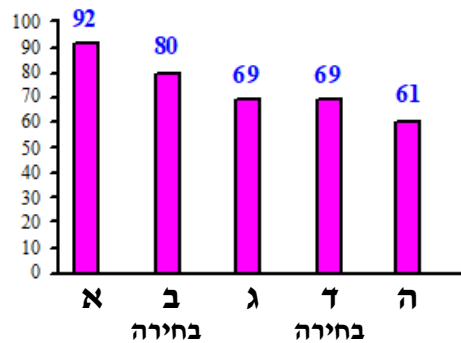
ניתוח שאלה 11

חומצות וביססים, מבנה וקישור

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 64% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לביצע חישובים סטויכיומטריים:
- לחשב ריכוז מולרי של התמיסה כשנתון ריכוז תמיסה זו באחוזים.
- לחשב ריכוז מולרי של התמיסה לאחר המיחול כשנתונים נפח וריכוז מולרי שלה לפני המיחול ונפח התמיסה לאחר המיחול.
- לחשב את מסת המגיב כשנתונים נפח התמיסה של המגיב השני והריכוז המולרי של תמיסה זו.
- לקבוע אם תמיסת החומצה, שנפחה וריכוזה נתונים, תגיב בשלמות עם מוצק בסיסי, שמסתו נתונה, או תישאר בעודף.
- לקבוע את תחום ה-pH של תמיסה מימית - על פי נוכחות יוני הידרוניום, $H_3O^+_{(aq)}$, בתמיסה, ולקשר בין ריכוז יוני הידרוניום, $H_3O^+_{(aq)}$ בתמיסה לבין ה-pH של התמיסה.
- לקשר בין מיחול התמיסה לשינוי של נפח התמיסה ושינוי ריכוז המומס בתמיסה.
- לקבוע ולהסביר את השינוי של pH התמיסה כתוצאה מן המיחול.
- לבחור באיור המתאר נכון את קשרי מימן בין מולקולות, על פי כל הכללים לקיום קשרי מימן.
- לקבוע ולהסביר את השינוי של pH התמיסה כתוצאה מהתרחשות התגובה.
- לקבוע אם pH התמיסה החומצית לאחר התגובה עם חומר בסיסי יהיה גבוה, נמוך או שווה ל-pH התמיסה המקורית.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

שאלון 037381

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

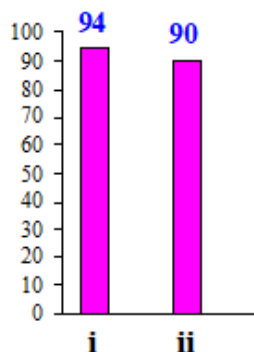


פתיח לשאלה

חומץ הוא נוזל ביתי נפוץ שיש בכל מטבח. הנוזל בעל הריח הייחודי משמש לא רק להכנת רטבים אלא גם לניקוי. חומץ הוא תמיסה של חומצה אצטית, $\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$, במים.

סעיף א' (הציון 92)

על בקבוק חומץ ביתי רשום "חומץ 5%" - כלומר ב- 100 מ"ל תמיסה יש 5 גרם של חומצה אצטית.



תת-סעיף i (הציון 94)

חשב את הריכוז המולרי של החומצה האצטית בבקבוק החומץ. פרט את חישוביך.

התשובה

$$60 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של חומצה אצטית:

מספר המולים של החומצה האצטית ב- 100 מ"ל (0.1 ליטר) תמיסת חומץ:

$$\frac{5 \text{ gr}}{60 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.083 \text{ mol}$$

$$\frac{0.083 \text{ mol}}{0.1 \text{ liter}} = 0.83 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.83 \text{ M}$$

הריכוז המולרי של חומצה אצטית בבקבוק חומץ:

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט כל התלמידים חישובו נכון את הריכוז המולרי של החומצה האצטית

בבקבוק החומץ, כשנתונה המסה של המומס בנפח נתון של התמיסה.

תלמידים מעטים טעו בחישוב מסה מולרית - חיברו את מספרי הפרוטונים של האטומים

במולקולה במקום מספרי המסה או התכוונו לחשב את גודל ענן האלקטרונים של המולקולה:

- $2 \times 6 + 2 \times 8 + 4 \times 1 = 32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

המלצות

יש תלמידים שאינם מבחינים בין מסה מולרית לבין גודל ענן האלקטרונים של מולקולה.

הם מחשבים מסה מולרית במקום גודל ענן אלקטרונים בשאלות שבהן יש להשוות בין מולקולות

של שני חומרים. כאן אותרה טעות אחרת - חישוב של גודל ענן אלקטרוני במקום מסה מולרית עקב

חוסר הבחנה בין מספר אטומי למספר המסה. מומלץ לחדד את ההבדלים האלה בזמן התרגול.

שאלה לתרגול:

תמיסה להזנה דרך הווריד היא תמיסת גלוקוז במים, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{aq})}$. ריכוז הגלוקוז בתמיסה זו הוא 0.31 M.

א. חשב את גודל ענן האלקטרונים (מספר אלקטרונים במולקולה) עבור מולקולת הגלוקוז.

ב. מהו הריכוז של גלוקוז בתמיסה להזנה דרך הווריד באחוזים (כלומר כמה גרם גלוקוז יש

ב- 100 מ"ל תמיסה). פרטו את החישובים.

התשובה:

סעיף א' 106 אלקטרונים במולקולה.

סעיף ב'

$$180 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של גלוקוז:

$$180 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.31 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 55.8 \frac{\text{gr}}{\text{liter}}$$

המסה של גלוקוז ב- 1 ליטר תמיסה:

$$5.58 \text{ gr}$$

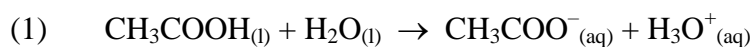
המסה של גלוקוז ב- 100 מ"ל תמיסה:

$$5.58\%$$

הריכוז של גלוקוז בתמיסה באחוזים:

תת-סעיף ii (הציון 90)

חומצה אצטית מגיבה עם מים על פי תגובה (1):



קבע אם ה-pH של תמיסת החומץ קטן מ-7, גדול מ-7, או שווה ל-7. נמק את קביעתך.

התשובה

קביעה: ה-pH של תמיסת החומץ קטן מ-7.

נימוק:

ערך ה-pH יהיה קטן מ-7 משום שבתגובה בה חומצה אצטית מתמוססת במים ומגיבה איתם,

נוצרים יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את תחום ה-pH של תמיסת החומץ ונימקו את קביעתם,

אך היו התלמידים שטעו בנימוק. הטעויות האופייניות:

- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק שאינו מתאים, ללא התייחסות להיווצרות יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$:
- "ערך ה-pH יהיה קטן מ-7 משום שהתמיסה היא חומצית."
- ◆ התייחסות לשינוי ה-pH במקום לתחום ה-pH:
- "ערך ה-pH יהיה גבוה יותר כיוון שבוצע מיהול של חומצה במים וריכוז החומצה ירד."
- "ה-pH לא השתנה מכיוון שמים הוא חומר ניטרלי."

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות דומות ולהדגיש שבנימוק יש להתייחס לתוצרי התגובה.

מומלץ לחדד את ההבדל בין סוג התמיסה (חומצית או בסיסית) לבין סוג החומר (חומצי או בסיסי).

מומלץ לבצע ניסוי: הוספת חומרים שונים למים תוך מדידת pH.

מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדל בין הכנת תמיסה ומיהול של תמיסה קיימת.

שאלה לתרגול:

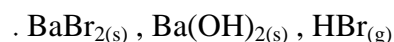
השאלה עוסקת בתמיסות מימיות של שלושה חומרים:

50 מ"ל תמיסת $\text{HBr}_{(aq)}$ בריכוז 0.5 M

50 מ"ל תמיסת $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$ בריכוז 0.5 M

50 מ"ל תמיסת $\text{BaBr}_{2(aq)}$ בריכוז 0.5 M

א. נסחו את התגובה המתרחשת במהלך ההכנסה של כל אחד מן החומרים למים :

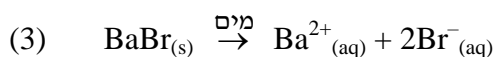
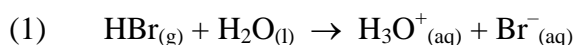


ב. קבעו אם ה-pH של כל אחת מן התמיסות הנתונות קטן מ-7, גדול מ-7 או שווה ל-7. נמקו את הקביעה בעזרת התגובות שניסחת בסעיף א'.

ג. תלמידים ערבבו את שלוש התמיסות הנתונות בכלי אחד. קבעו אם ה-pH התמיסה שהתקבלה בתום הערבוב קטן מ-7, גדול מ-7 או שווה ל-7. פרטו את החישוב ונמקו.

התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'

בתמיסה המתקבלת בתגובה (1) ערך ה-pH יהיה קטן מ-7 משום שבמהלך התגובה של $\text{HBr}_{(g)}$ עם המים נוצרים יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$.

בתמיסה המתקבלת בתגובה (2) ערך ה-pH יהיה גדול מ-7 משום שבמהלך ההמסה של $\text{Ba(OH)}_{2(s)}$ במים משתחררים יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(aq)}$.

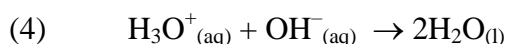
בתמיסה המתקבלת בתגובה (3) ערך ה-pH יהיה שווה ל-7 משום שבמהלך ההמסה של $\text{BaBr}_{2(s)}$ במים לא נוצרים יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$, או יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(aq)}$.

סעיף ג'

קביעה: pH התמיסה שהתקבלה בתום הערבוב גדול מ-7.

פירוט החישוב ונימוק:

בערבוב התרחשה תגובת סתירה:



יוני $\text{Ba}^{2+}_{(aq)}$ ויוני $\text{Br}^-_{(aq)}$ אינם מגיבים במהלך הערבוב (הם יונים משקיפים).

מספר המולים של מימן ברומי ב-50 מ"ל תמיסת $\text{HBr}_{(aq)}$ בריכוז 0.5 M:

$$0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.05 \text{ liter} = 0.025 \text{ mol}$$

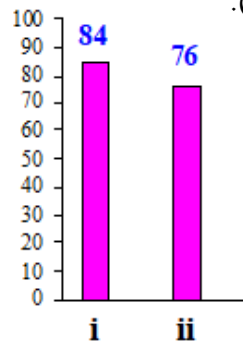
בתגובה (1) מ-1 מול $\text{HBr}_{(g)}$ מתקבל 1 מול יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$. לכן נוצרים 0.025 מול יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$. מספר המולים של בריום הידרוקסידי ב-50 מ"ל תמיסת $\text{Ba(OH)}_{2(aq)}$ בריכוז 0.5 M:

$$0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.05 \text{ liter} = 0.025 \text{ mol}$$

בתגובה (2) מ-1 מול $\text{Ba(OH)}_{2(s)}$ מתקבלים 2 מול יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$. לכן נוצרים 0.05 מול יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$. בתום תגובה (4) נשאר עודף יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(aq)}$, לכן ה-pH התמיסה שהתקבלה בתום הערבוב גדול מ-7.

סעיף ב' בחירה (הציון 80)

כדי שהשימוש בחומץ הביתי יהיה בטיחותי לניקוי, מומלץ למהול אותו במים: מוסיפים 400 מ"ל מים (כשתי כוסות) ל- 100 מ"ל חומץ (כחצי כוס).



תת-סעיף i (הציון 84)

חשב את הריכוז המולרי של החומצה האצטית בתמיסת החומץ המתקבלת לאחר המיהול. פרט את חישוביך.

התשובה

המיהול גרם להגדלת נפח התמיסה פי 5.

(הריכוז המולרי של החומצה האצטית הוא 0.83 M על פי התשובה בתת-סעיף א' i).

היות שמספר המולים של החומצה האצטית אינו משתנה, ריכוז התמיסה יקטן פי 5.

$$0.83 \text{ M} : 5 = 0.166 \text{ M}$$

או:

מספר המולים של חומצה אצטית הוא 0.083 מול.

נפח התמיסה לאחר המיהול הוא 0.5 ליטר.

$$\frac{0.083 \text{ mol}}{0.5 \text{ liter}} = 0.166 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.166 \text{ M}$$

ריכוז התמיסה לאחר המיהול:

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לקשר בין מיהול התמיסה לשינוי נפח התמיסה, לשינוי של מספר מולי המומס בנפח נתון של התמיסה ולשינוי ריכוז המומס בתמיסה, אך חלק מן התלמידים טעו. הטעויות האופייניות:

- ◆ קביעה שגויה של נפח התמיסה לאחר המיהול:
- ◆ "נפח התמיסה לאחר המיהול הוא 400 מ"ל."
- ◆ חוסר הבנה של מהות המיהול:
- ◆ "הריכוז המולרי של החומצה האצטית לא השתנה, ונשאר 0.83 M גם לאחר המיהול, כי מספר המולים של החומצה לא השתנה."

המלצות

מומלץ בזמן ביצוע ניסויי חקר לבקש מהתלמידים להכין תמיסות בריכוזים הדרושים לניסוי על ידי מיהול תמיסות מרוכזות יותר, ולא לספק להם תמיסות מוכנות. מומלץ בזמן השיעור בנושא תמיסות בסטויכיומטריה (לא רק כחלק מניסוי חקר) לבקש מהתלמידים להכין תמיסות בריכוזים שונים, ובמקביל לבצע חישובים כגון חישוב ריכוז מולרי של החומר אשר הומס במים וריכוז מולרי של התוצרים (למשל, עבור חומרים יוניים ניתן לחשב ריכוז מולרי של כל אחד מן היונים בתמיסה וריכוז מולרי של כלל היונים). כמו כן גם לתת להם לבצע מיהול של תמיסות אלה ולתרגל חישוב של ריכוז מומס מסוים בתמיסה המהולה. מומלץ לבנות עם התלמידים טבלה המציגה את הנתונים של התמיסה לפני המיהול ואחרי המיהול, להשוות בין הנתונים שבטבלה ולדון בהם. דוגמה לטבלה מסוג זה המציגה את הנתונים של תמיסת החומצה האצטית לפני ואחרי המיהול, עבור השאלה בתת-סעיף זה:

תמיסת החומה האצטית, $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$		
אחרי המיהול פי 5	לפני המיהול	התמיסה לפני / אחרי המיהול
0.5	0.1	נפח התמיסה (liter)
0.083	0.083	מספר המולים של החומצה האצטית בתמיסה (mol)
0.166	0.83	הריכוז המולרי של החומצה האצטית (M)

שאלה לתרגול:

יש לבצע מיהול של חומצה גופרתית, $\text{H}_2\text{SO}_{4(l)}$, (או של תמיסה מרוכזת שלה), על ידי הוספת חומצה (או תמיסה מרוכזת שלה) למים (אסור להוסיף מים לחומצה גופרתית). במעבדה התלמידים הוסיפו 0.5 ליטר תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$ בריכוז 4 M ל- 2 ליטר מים. חשבו את הריכוז המולרי של תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$ שהתקבלה לאחר המיהול. פרטו את החישובים.

התשובה:

מספר המולים של חומצה גופרתית ב- 0.5 ליטר תמיסת התחלתית בריכוז 4 M:

$$4 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.5 \text{ liter} = 2 \text{ mol}$$

$$2.5 \text{ liter}$$

נפח התמיסה לאחר המיהול:

$$\frac{2 \text{ mol}}{2.5 \text{ liter}} = 0.8 \text{ M}$$

הריכוז של תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$ שהתקבלה לאחר המיהול:

תת-סעיף ii (הציון 76)

קבע אם ה-pH של תמיסת החומץ לאחר המיהול יהיה גבוה, נמוך או שווה ל-pH של תמיסת החומץ לפני המיהול. הסבר את קביעתך.

התשובה

קביעה: לאחר המיחול ה-pH של תמיסת החומץ יהיה גבוה מה-pH של תמיסת החומץ לפני המיחול.
הסבר: ה-pH של תמיסת החומץ לאחר המיחול, יעלה (יהיה פחות חומצי) משום שריכוז יוני ההידרוניום, H_3O^+ (aq), בתמיסה ירד.

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

ניתוח טעויות אופייניות

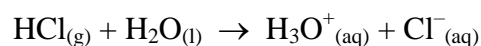
הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שלאחר המיחול ה-pH של תמיסת החומץ יהיה גבוה מה-pH של תמיסת החומץ לפני המיחול. הטעויות האופייניות הופיעו בהסברים:

- ♦ חוסר התייחסות לירידה בריכוז יוני ההידרוניום, H_3O^+ (aq):
- "ה-pH עלה, כי מים הקטינו את ריכוז החומצה."
- ♦ התייחסות לתהליך המיחול כאל תגובת חומצה בסיס:
- "מים מכילים יוני ההידרוקסיד שמגיבים עם חומצה."

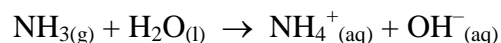
המלצות

מומלץ להנחות את התלמידים להתייחס לריכוז יוני ההידרוניום בהסבר על שינוי של pH התמיסה. מומלץ להבהיר לתלמידים מהו תפקיד המים בתהליכים שונים:

- תהליך מיהול: הוספת מים לתמיסה.
יש להתייחס למיחול של תמיסות שונות:
 - מיהול של תמיסה חומצית
 - מיהול של תמיסה בסיסית
 - מיהול של תמיסה ניטרלית
- תגובת חומצה בסיס שבה מים הם המגיב:
 - מים מתפקדים כבסיס בתגובה עם חומר חומצי:



- מים מתפקדים כחומצה בתגובה עם חומר בסיסי:



שאלה לתרגול:

השלימו את הטבלה:

חומר מוצא				
Ba(OH) _{2(aq)}	Ba(OH) _{2(s)}	HNO _{3(aq)}	HNO _{3(l)}	
				תחום ה-pH של התמיסה
				סוג התהליך המתרחש במהלך הוספת המים: מיהול, המסה, חומצה בסיס
				התמיסה שנוצרה בתום התהליך: בסיסית, חומצית, ניטרלית
				pH התמיסה לאחר התהליך: עלה, ירד או לא השתנה

התשובה:

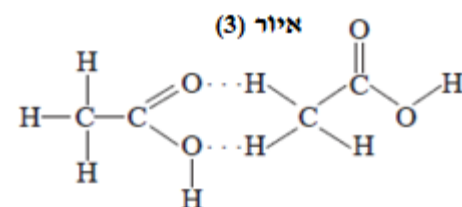
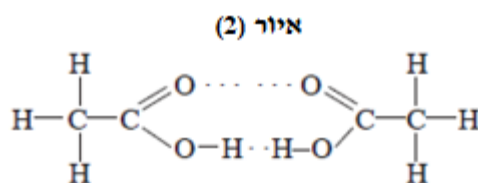
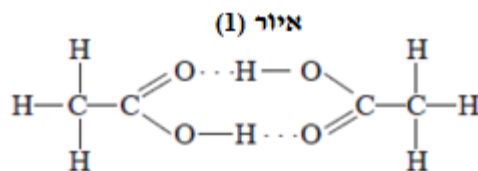
חומר מוצא				
Ba(OH) _{2(aq)}	Ba(OH) _{2(s)}	HNO _{3(aq)}	HNO _{3(l)}	
pH > 7		pH < 7		תחום ה-pH של התמיסה
מיהול	המסה	מיהול	חומצה בסיס	סוג התהליך המתרחש במהלך הוספת המים: מיהול, המסה, חומצה בסיס
בסיסית	בסיסית	חומצית	חומצית	התמיסה שנוצרה בתום התהליך: בסיסית, חומצית, ניטרלית
ירד		עלה		pH התמיסה לאחר התהליך: עלה, ירד או לא השתנה

פתיח לסעיפים הבאים

כאשר מצב הצבירה של חומצה אצטית הוא גז, חלק ממולקולות החומצה האצטית יוצרות צמדים (דימרים). בכל צמד קשרי מימן מתברים בין המולקולות הבודדות.

סעיף ג' (הציון 69)

קבע באיזה מן האיורים (1) - (3) שלפניך, קשרי המימן הנוצרים בצמד בין מולקולות החומצה האצטית מתוארים נכון. נמק את קביעתך.



התשובה

קביעה: איור 1.

נימוק:

קשרי מימן נוצרים בין אטום מימן בעל מטען חלקי חיובי (או: חשוף מאלקטרוניים) הקשור לאטום בעל אלקטרושליליות גבוהה כגון חמצן (או: אחד מאטומי NOF) שעליו מטען חלקי שלילי, לבין זוג אלקטרוניים לא קושר על אטום החמצן (או: אחד מאטומי NOF) במולקולה קרובה, הטעון במטען חלקי שלילי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. היו תלמידים שטעו בבחירת האיור, אך רוב התלמידים בחרו באיור הנכון אבל התקשו בנימוק. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
- "איור (3) מכיוון שקשרי מימן יכולים להיווצר בין אחד מאטומי NOF לאטום מימן."
2. קביעה נכונה המלווה בהסבר חלקי ולא מדויק:
- "קשר מימן נוצר בין אחד מאטומי NOF לאטום מימן."
- "רואים שמימן קשור לשני אטומי NOF בזווית 180° ."
- "אטום מימן צריך להתחבר לאחד מאטומי NOF ולהיות חשוף מאלקטרוניים."

התייחסות להיווצרות קשרי מימן בין מולקולות החומר על פי חלק מהתנאים לקיום קשרים אלה. הדבר עלול לגרום לטעות בזיהוי קשרי מימן :

• **"איור (3) נכון כי הוא מציג כיווניות הקשר."**

הסברים אלה מצביעים על חוסר ידע והבנה של התנאים לקיום קשרי מימן : אי-ציון שאטום המימן בעל מטען חלקי שלילי (או חשוף מאלקטרונים), אי-ציון זוג אלקטרונים לא קושר על אטום חמצן במולקולה קרובה. בעיה נוספת היא חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין קשרי מימן בין מולקולריים.

המלצות

על פי ההצעה מהחבורת : **סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"** בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו : קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה :

בהוראת קשרי מימן מומלץ להדגיש (ולא רק בנושא "מבנה וקישור") את החשיבות של שלושת התנאים לקיום קשרי מימן :

1. אטום מימן "חשוף" מאלקטרונים.
 2. זוג אלקטרונים בלתי קושר על אטום בעל אלקטרושיליות גבוהה.
 3. כיווניות : זווית של 180° בין זוג אלקטרונים בלתי קושר על אטום בעל אלקטרושיליות גבוהה לאטום מימן, שאליו הוא קשור בקשר קוולנטי, ולאטום המימן "החשוף" מאלקטרונים שבמולקולה סמוכה.
- יש להתייחס לשוני בין אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות לקשרי מימן בין המולקולות. מומלץ לבקש מהתלמידים לפתור שאלות מתאימות ממאגר שאלות שבחבורת :

שאלה 3 סעיף א' שאלון 037303 תשע"ה, 2015

שאלה 3 סעיף א' שאלון 037303 תשס"ט, 2009

שאלה 4 סעיף ד' תת סעיף ii שאלון 918651 תשס"ה, 2008

מומלץ להנחות את התלמידים להתייחס בנימוק לבחירה בהיגד מסוים : להסביר קודם כל מדוע נבחר היגד זה, ורק לאחר מכן להסביר מדוע לא נבחרו את ההיגדים הנוספים. מומלץ להקנות לתלמידים ולתרגל איתם מיומנויות אוריינות חזותית וניתוח דימויים עם מהות כימית. לשם כך ניתן לבקש מהתלמידים :

- לתאר במילים איור/דימוי בעל משמעות כימית ברמה של פרטי האיור
- להסביר מה כל פרט מסמל
- לנמק מהי משמעותו של המבנה הכללי של האיור
- לציין עקרונות כימיים הבאים לידי ביטוי באיור
- להסביר מדוע כל פרט נמצא במיקום בו הוא נמצא
- לציין את המסר שהאיור בא להביע.

ראו את הקישור לחומר מס' (17) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

הסבירו את העובדות שבסעיפים א'-ד'.

- בין מולקולות מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, יש קשרי מימן.
- בין מולקולות דו-מתיל אתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_3_{(l)}$, לא נוצרים קשרי מימן.
- בין מולקולות דו-מתיל אתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_3_{(l)}$, לבין מולקולות מים נוצרים קשרי מימן.
- בין מולקולות תלת-מתיל פוספין, $(\text{CH}_3)_3\text{P}_{(l)}$, לבין מולקולות מים לא נוצרים קשרי מימן.

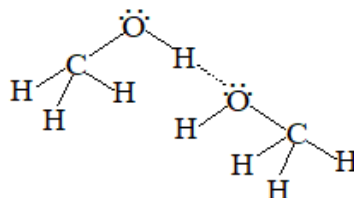
התשובה:

מומלץ להדריך את התלמידים להתחיל לענות לשאלות מסוג זה מבדיקה: האם בכל אחד מן החומרים הנתונים יש תנאים ליצירת קשרי מימן בין מולקולות:

סוג הבדיקה - האם במולקולת החומר יש:			החומר
כיווניות: זווית של 180° בין זוג אלקטרוניים בלתי קושר על אטום בעל אלקטרושיליות גבוהה לאטום מימן, שאליו הוא קשור בקשר קוולנטי, ולאטום המימן "החשוף" מאלקטרוניים שבמולקולה סמוכה.	זוג אלקטרוניים בלתי קושר על אטום בעל אלקטרושיליות גבוהה.	אטום מימן "חשוף" מאלקטרוניים.	
כן	כן	כן	$\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$
לא	כן	לא	$\text{CH}_3\text{OCH}_3_{(l)}$
כן	כן	כן	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
לא	לא	לא	$(\text{CH}_3)_3\text{P}_{(l)}$

סעיף א'

קשרי מימן בין מולקולות מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, נוצרים בין אטום מימן "חשוף" מאלקטרוניים (בעל מטען חלקי חיובי) הקשור לאטום חמצן בעל אלקטרושיליות גבוהה, שעליו מטען חלקי שלילי, לבין זוג אלקטרוניים לא קושר על אטום החמצן במולקולה קרובה, הטעון במטען חלקי שלילי. במתאנול יש כיווניות: זווית של 180° כך ששני אטומי חמצן בעלי האלקטרושיליות הגבוהה ואטום המימן החשוף מאלקטרוניים שביניהם נמצאים על קו ישר. האיור הבא מדגים היווצרות קשר מימני בין שתי מולקולות סמוכות של מתאנול:



סעיף ב'

בין מולקולות דו-מתיל אתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_3_{(l)}$, לא נוצרים קשרי מימן, כי במולקולת החומר אין אטום מימן "חשוף" מאלקטרוניים.

סעיף ג'

בין מולקולות דו-מתיל אתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{l})$, לבין מולקולות מים נוצרים קשרי מימן - בין אטום מימן "חשוף" מאלקטרוניים, הקשור לאטום חמצן בעל אלקטרושליליות גבוהה שעליו מטען חלקי שלילי, במולקולת המים, לבין זוג אלקטרוניים לא קשור על אטום החמצן במולקולה קרובה של תלת-מתיל אתר, הטעון במטען חלקי שלילי.

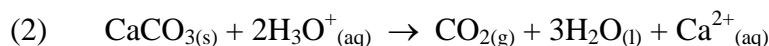
סעיף ד'

בין מולקולות תלת-מתיל פוספין, $(\text{CH}_3)_3\text{P}(\text{l})$, לבין מולקולות מים לא נוצרים קשרי מימן, כי במולקולת תלת-מתיל פוספין לא מתקיים אף אחד מהתנאים לקיום קשרי מימן.

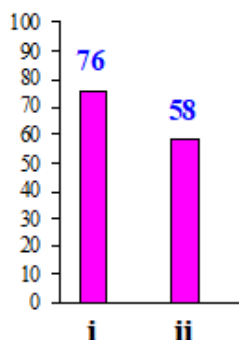
סעיף ד' בחירה (הציון 69)

נוהגים להשתמש בחומץ ביתי להסרת אבנית שמצטברת בקומקום.

נתונה תגובה (2) המתרחשת בין חומצה לבין סידן פחמתי, $\text{CaCO}_3(\text{s})$, שהוא הרכיב העיקרי של אבנית:



אותה תגובה מתרחשת כאשר מטפטפים תמיסת $\text{HCl}(\text{aq})$ על סלעים המכילים אבן גיר, $\text{CaCO}_3(\text{s})$. כך מזהים נוכחות של אבן גיר בסלעים.



תת-סעיף i (הציון 76)

לתמיסת $\text{HCl}(\text{aq})$ בנפח 10 מ"ל ובריכוז 0.5 M הוסיפו $\text{CaCO}_3(\text{s})$. כל המגיבים הגיבו בשלמות על פי תגובה (2). חשב מהי מסת הסידן הפחמתי שהגיב בתגובה זו. **פרט את חישוביך.**

התשובה

$$0.01 \text{ liter} \times 0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.005 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של יוני ההידרוניום, } \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) :$$

יחס המולים בין יוני ההידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, לסידן הפחמתי הוא 1:2.

$$\frac{0.005 \text{ mol}}{2} = 0.0025 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של סידן פחמתי אשר יגיבו :}$$

$$100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \quad \text{המסה המולרית של סידן פחמתי :}$$

$$0.0025 \text{ mol} \times 100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 0.25 \text{ gr} \quad \text{המסה של סידן פחמתי שהגיבה :}$$

או פתרון בצורת טבלה :



CaCO ₃ (s)	H ₃ O ⁺ (aq)	יחידות	גדלים
1	2		יחס מולים
0.25		gr	מסה נתונה/נדרשת
100		$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
0.0025	0.005	mol	מספר מולים
	0.5	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$	ריכוז
	0.01	liter	נפח

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא דילוג על שלב אחד או יותר. טעות הנפוצה ביותר היא טעות ביחס המולים בין יוני ההידרוניום, H₃O⁺(aq), לסידן הפחמתי :

- "יחס המולים בין יוני H₃O⁺(aq) ל- CaCO₃(s) הוא 1:1".

המלצות

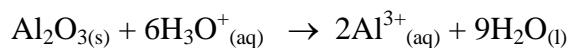
מומלץ לתרגל חישובים סטויכיומטריים עבור תגובות עם מקדמים שונים, ולהקפיד על יחס המולים של החומרים בניסוח תגובה.

שאלה לתרגול:

שם מסחרי של תחמוצת אלומיניום, Al₂O₃(s), הוא אלומינה. מינרלים נפוצים המבוססים על אלומינה כוללים, בין השאר, אבני ספיר.

אלומינה אינה מגיבה עם מים, אך מגיבה עם תמיסה חומצית.

במעבדה התלמידים הוסיפו ל- 20.4 גרם Al₂O₃(s) תמיסת HCl(aq) בריכוז 2 M. המגיבים הגיבו בשלמות על פי התגובה :



חשבו את הנפח של תמיסת HCl(aq) שהתלמידים הוסיפו לאלומינה. פרטו את החישובים.

התשובה:

$$102 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$:

$$\frac{20.4 \text{ gr}}{102 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.2 \text{ mol}$$

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

יחס המולים על פי ניסוח התגובה בין יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ל- $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ הוא 1:6.

$$0.2 \text{ mol} \times 6 = 1.2 \text{ mol}$$

מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ שהגיבו:

בתגובה עם מים, מ- 1 מול $\text{HCl}(\text{aq})$ מתקבל 1 מול יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$,

לכן מספר המולים של $\text{HCl}(\text{aq})$ שהגיבו: 1.2 mol

$$\frac{1.2 \text{ mol}}{2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = 0.6 \text{ liter} = 600 \text{ ml}$$

הנפח של תמיסת $\text{HCl}(\text{aq})$ שהוסיפו לאלומינה:

תת-סעיף ii (הציון 58)

קבע אם ה-pH של תמיסת $\text{HCl}(\text{aq})$ במהלך התרחשות תגובה (2) ירד, עלה או לא השתנה.

נמק את קביעתך.

התשובה

קביעה: ה-pH עולה.

נימוק: במהלך התגובה המתרחשת, תגובה (2), ה-pH עולה משום שיוני ההידרוניום מגיבים.

לכן ריכוזם בתמיסה יורד וה-pH עולה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשה לקבוע כיצד משתנה pH התמיסה במהלך התגובה,

כאשר על פי ניסוח התגובה הנתון, ריכוז יוני ההידרוניום יורד.

ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה - ללא התייחסות לניסוח התגובה הנתון:

• "pH לא השתנה, כי $\text{CaCO}_3(\text{s})$ הוא חומר ניטרלי."

• "pH לא השתנה, כי ריכוז יוני ההידרוניום לא השתנה."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק לא מתאים:

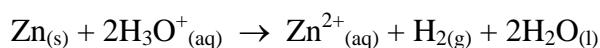
• "pH עלה, כי בתום התגובה יש מים שה-pH שלהם שווה ל-7."

המלצות

מומלץ להנחות את התלמידים להתייחס לריכוז יוני ההידרוניום בהסבר על שינוי של pH התמיסה. מומלץ בזמן הביצוע של ניסויי מעבדה לבקש מהתלמידים לבדוק את pH התמיסה לפני התגובה, במהלך התגובה ובתום התגובה, ולהסביר את תוצאות הבדיקה. מומלץ בזמן השיעור, בשלבי ההקניה של נושא השינוי של רמת pH, לתת לתלמידים להתנסות במדידת pH של תמיסות תוך כדי מיהול ותוך כדי תגובה - במקביל לתרגיל אותו התלמידים פותרים. למשל, אם בתרגיל מדובר בשינוי pH בעקבות מיהול תמיסה, לאפשר לתלמידים למדוד את שינוי ה-pH של תמיסה תוך פתרון התרגיל. אותו דבר לגבי תרגילים העוסקים בתגובות שבמהלכן מתרחש שינוי ב-pH תמיסה.

שאלה לתרגול:

אחת השיטות לקבלת מימן במעבדה היא הוספת גרגרי אבץ, $Zn_{(s)}$, לתמיסת מימן כלורי, $HCl_{(aq)}$. החומרים מגיבים ביניהם על פי התגובה:



שתי קבוצות תלמידים ביצעו בנפרד את הניסוי המתואר לעיל בשיעור מעבדה. שתי הקבוצות קיבלו תמיסת $HCl_{(aq)}$ מאותו בקבוק. התלמידים קיבלו הנחיות:

- לבדוק את ה-pH של תמיסת $HCl_{(aq)}$ לפני הוספת גרגרי אבץ
 - לבדוק את pH התמיסה במהלך התגובה
 - לבדוק את pH התמיסה בתום התגובה - לאחר סיום הפליטה של גז מימן.
- הטבלה הנתונה מציגה את השוואת התוצאות של הבדיקות שנעשו על ידי הקבוצות.

הבדיקה	תוצאת הבדיקה בשתי הקבוצות שווה או שונה
ה-pH של תמיסת $HCl_{(aq)}$ לפני הניסוי	שווה
ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$ בתמיסת $HCl_{(aq)}$ לפני הניסוי	שווה
מגמת שינוי ה-pH של התמיסה במהלך התגובה	שווה (עלייה)
pH התמיסה בתום התגובה	שוונה
ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$ בתמיסה בתום הניסוי	שוונה

בהנחה שהבדיקות היו מדויקות, הסבירו את השוני בתוצאות של שתי הקבוצות - ציינו שתי הסיבות לתוצאות השונות.

התשובה:

הסיבות לתוצאות השונות:

- כל קבוצה קיבלה נפח שונה של תמיסת $HCl_{(aq)}$.
- כל קבוצה הוסיפה מסה שונה של גרגרי אבץ.

סעיף ה' (הציון 61)

לתמיסת $\text{HCl}_{(aq)}$ בנפח 12 מ"ל ובריכוז 0.5 M הוסיפו 0.25 גרם סידן פחמתי, $\text{CaCO}_{3(s)}$, והוא הגיב במלואו. האם ה-pH של התמיסה בתום התגובה גדול מ-7, קטן מ-7 או שווה ל-7? פרט את חישוביך או נמק במילים.

התשובה

קביעה: ה-pH של התמיסה בתום התגובה קטן מ-7.
פירוט החישובים (שלוש גישות לפתרון) ונימוק:

$$0.012 \text{ liter} \times 0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.006 \text{ mol} \quad \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \text{ מספר המולים של יוני ההידרוניום,}$$

$$100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \quad \text{המסה המולרית של סידן פחמתי:}$$

$$\frac{0.25 \text{ gr}}{100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.0025 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של סידן פחמתי אשר הגיבו:}$$

יחס המולים בין יוני ההידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$, לסידן הפחמתי הוא 1:2.
 לכן 0.006 מול של יוני ההידרוניום יגיבו עם כל המולים של הסידן הפחמתי.
 מספר המולים של יוני ההידרוניום בתמיסה גדול ממספר המולים של יוני ההידרוניום הדרושים לתגובה. לכן בתמיסה נותר עודף של יוני ההידרוניום.
 לכן ה-pH של התמיסה בסיום התגובה יהיה קטן מ-7.

או פירוט חישובים בטבלה:



$\text{CaCO}_{3(s)}$	$\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$	יחידות	גדלים
1	2		יחס מולים
0.25		gr	מסה נתונה/נדרשת
100		$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
0.0025	0.006	mol	מספר מולים
	0.5	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$	ריכוז
	0.012	liter	נפח

נימוק לחישובים בטבלה:

0.25 גרם סידן פחמתי מגיבים עד תום עם 0.005 מולים של יוני ההידרוניום.
 מספר המולים של יוני ההידרוניום בתמיסה גדול ממספר המולים של יוני ההידרוניום הדרושים לתגובה עם סידן פחמתי.

לכן נותר עודף של יוני הידרוניום בתמיסה. לכן ה-pH של התמיסה בסיום התגובה יהיה קטן מ-7.

או: נימוק מילולי:

על פי תוצאת החישוב לסעיף ד i נפח תמיסת החומצה הדרוש לתגובה עם 0.25 גרם סידן פחמתי הוא 10 מ"ל.

נפח תמיסת החומצה הנתון הוא 12 מ"ל, ריכוזי שתי התמיסות זהים (או: זו אותה תמיסה), לכן יש עודף של תמיסת חומצה ולכן יש בתמיסה בתום התגובה עודף יוני הידרוניום, $H_3O^+_{(aq)}$, וה-pH של התמיסה בסיום התגובה קטן מ-7.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. התגובה הנתונה היא תגובה שהתלמידים צריכים להכיר, ובכל זאת חלק ניכר מהתלמידים התייחסו ל- $CaCO_{3(s)}$ כאל חומר ניטרלי שלא משפיע על pH התמיסה, והתעלמו מניסוח התגובה הנתון, מהנתונים המספריים ומהצורך בחישובים סטויכיומטריים. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה המלווה בנימוק שגוי ללא התייחסות לערכים מספריים:
 - "ה-pH של התמיסה בסיום התגובה שווה ל-7 כי בתוצרים אין יוני $H_3O^+_{(aq)}$ או יוני $OH^-_{(aq)}$ ".
 - "ה-pH שווה ל-7 משום שחומר יוני הוא ניטרלי ורק הוא נשאר בכלי אחרי שכל החומצה מגיבה".
 - "ה-pH שווה ל-7 מכיוון ש- $CaCO_{3(s)}$ הוא חומר בסיסי שמגיב עם חומצה והתמיסה נעשית ניטרלית".
 2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי ללא התייחסות לערכים מספריים:
 - "pH התמיסה הסופית קטן מ-7 מכיוון שהתמיסה הייתה חומצית והוסיפו $CaCO_{3(s)}$ - חומר ניטרלי".
 - "pH התמיסה קטן מ-7 כי הוסיפו $CaCO_{3(s)}$ שהתמוסס במים והתפרק ליונים שלא מגיבים עם חומצה, והמיסה נשארת חומצית".
- בשני סוגים של הטעויות, ברוב הנימוקים חסרה התייחסות ליוני הידרוניום, $H_3O^+_{(aq)}$. הטעות האופיינית בחישוב היא יחס המולים השגוי בין יוני הידרוניום לסידן פחמתי.

המלצות

מומלץ לבצע עם התלמידים את הניסוי המתואר בסעיף זה, ולבקש מהם לכתוב תצפיות ולמדוד את pH התמיסה בשלבים שונים של הניסוי.

מומלץ לדון עם התלמידים בתגובות הנתונות בנספח לסילבוס: [דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים וחמצון-חיזור](#), ולתרגל את התגובות מהחלק השני של הנספח: דוגמאות לתגובות שהתלמיד צריך להכיר, ויינתנו לתלמידים, לפי הצורך, כנתון בשאלות הברורות. על פי ההצעה מהחבורת: [סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים"](#) בבחינות הברורות בכימיה תשנ"ט-תשע"ז:

קשיי למידה, דרכי הוראה המותאמות לתוכנית הלימודים 30-70, מומלץ לבקש מהתלמידים לבצע עבור כל אחת מהתגובות בחלק השני של הנספח לבצע:

- ♦ זיהוי תהליכי חומצה בסיס וזיהוי החומצה והבסיס בתגובה.
- ♦ בדיקת השינוי בערך ה-pH של התמיסה במהלך התגובה.
- ♦ בדיקת השינוי במוליכות החשמלית של התמיסה.
- ♦ זיהוי תגובות שבהן יש שינוי בערך ה-pH במהלך התגובה, למרות שהתגובה אינה תגובת חומצה בסיס.

ראו את הקישורים לחומרים מס' (3), (19) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

התלמידים ביצעו ניסוי:

4.8 גרם מגנזיום, $Mg_{(s)}$, הגיבו בשלמות עם תמיסת $H_2SO_{4(aq)}$ בריכוז 0.5 M, על פי התגובה:



- א. pH התמיסה בתום הניסוי היה שווה ל-7. מהו הנפח של תמיסת $H_2SO_{4(aq)}$ שהגיב בניסוי? פרטו את החישובים.
- ב. התלמידים ביצעו ניסוי נוסף שבו ל-4.8 גרם מגנזיום, $Mg_{(s)}$, והוסיפו אותו נפח של תמיסת $H_2SO_{4(aq)}$ כמו בניסוי הראשון, אך הריכוז שלה היה 0.6 M. קבעו אם pH התמיסה בתום הניסוי היה גדול מ-7, קטן מ-7 או שווה ל-7. נמקו ללא חישובים.

התשובה:

סעיף א'

$$24 \frac{gr}{mol}$$

המסה המולרית של $Mg_{(s)}$:

$$\frac{4.8 gr}{24 \frac{gr}{mol}} = 0.2 mol$$

מספר המולים של מגנזיום אשר הגיבו:

יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני $H_3O^+_{(aq)}$ ל- $Mg_{(s)}$ הוא 1:2. לכן 0.2 מול $Mg_{(s)}$ יגיבו עם 0.4 מול יוני $H_3O^+_{(aq)}$. בתגובה עם מים, מ-1 מול חומצה גופרתית מתקבלים 2 מול יוני $H_3O^+_{(aq)}$, לכן 0.4 מול יוני $H_3O^+_{(aq)}$ מתקבלים מ-0.2 מול חומצה גופרתית.

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

הנפח של תמיסת $H_2SO_{4(aq)}$ שהגיב בניסוי:

סעיף ב'

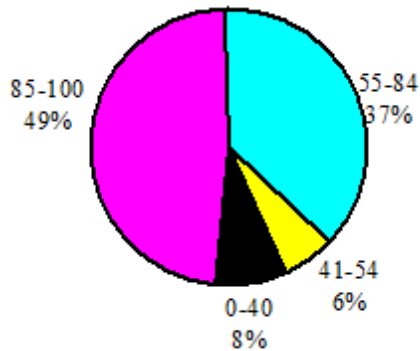
קביעה: pH התמיסה בתום הניסוי היה קטן מ-7.

נימוק: הגדילו את הריכוז של תמיסת $H_2SO_{4(aq)}$, ז.א. הגדילו את מספר המולים של יוני $H_3O^+_{(aq)}$, ללא שינוי נפח התמיסה. לא היה שינוי במסה של $Mg_{(s)}$. לכן נשאר עודף של יוני $H_3O^+_{(aq)}$, ו-pH התמיסה הוא חומצי.

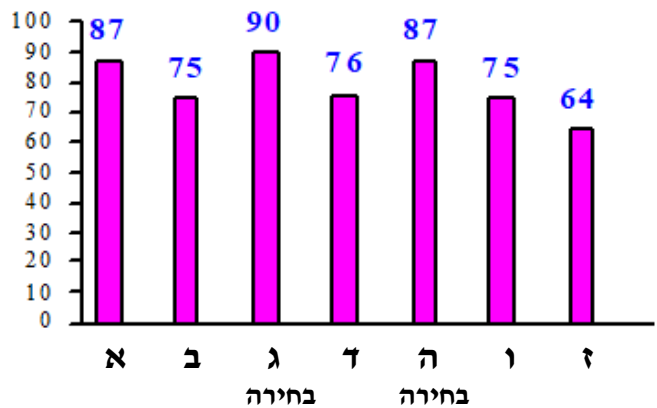
שאלה 12

חמצון-חיזור, חישובים, אנרגיה

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 54% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

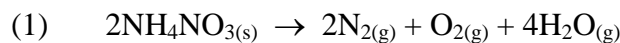
- ⚡ לקבוע דרגות חמצון של אטומים בתרכובות וביונים מורכבים, על פי הכללים.
- ⚡ לסמן דרגות חמצון של אטומים בעיגול מתחת לסימול האטום.
- ⚡ לקבוע אם התגובה הנתונה היא תגובת חמצון-חיזור.
- ⚡ לקרוא גרף ולהשתמש בנתונים שלו. לקשר בין הנתונים האלה לתוצרי התגובה הנתונה.
- ⚡ לחשב את שינוי האנתלפייה של התגובה על פי חוק הס.
- ⚡ לבצע חישובים סטויכיומטריים: לחשב את מסת המגיב כשנתונה מסת התוצר, על פי יחס המולים בניסוח התגובה.
- ⚡ לנסח תהליכי המסה במים של תרכובות יוניות קלי תמס, כולל תרכובות הבנויות מיונים מורכבים.
- ⚡ לנתח את התוצאות של תהליך המיהול של תמיסה מימית. להתייחס לכך שהמטרה של הוספת מים היא הורדת הריכוז של התמיסה.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום		א
יישום		ב
יישום		ג בחירה
יישום		ד
יישום		ה בחירה
הבנה		ו
אנליזה		ז

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בתרכובת יונית אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$. אמון חנקתי מוצק, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, המוספג בתערובת נוזלית של פחמימנים, הוא חומר נפץ שמשמש לפיצוץ סלעים כדי לסלול דרכים באזורים הרריים. אמון חנקתי מתפרק בעת הפיצוץ. נתונה תגובת הפירוק המלא של אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$:



סעיף א' (הציון 87)

קבע אם תגובה (1) היא תגובת חמצון-חיזור. נמק את קביעתך.

התשובה

קביעה: כן.

נימוק:

חלו שינויים בדרגות החמצון של חלק מהאטומים (דרגות החמצון של חלק מהאטומים עולות ודרגות החמצון של חלק מהאטומים יורדות).

או: חלו שינויים בדרגות החמצון של אטומי החנקן המשתתפים בתגובה.

או: חלו שינויים בדרגות החמצון של אטומי החמצן והחמצן המשתתפים בתגובה.

או: התקבלו יסודות בתוצרים מתרכובת במגיבים, מה שמעיד על שינוי בדרגות החמצון של האטומים המשתתפים בתגובה.

או:

דרגת החמצון של אטומי N ביוני $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ עולה (או: משתנה מ-(-3) ל-0).

דרגת החמצון של אטומי N ביוני $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ יורדת (או: משתנה מ-(+5) ל-0).

דרגת החמצון של חלק מאטומי O ביוני $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ עולה (או: משתנה מ-(-2) ל-0).

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

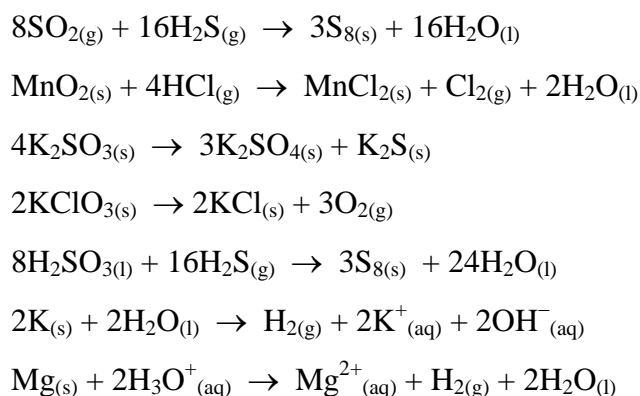
ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה. רוב התלמידים לא התקשו לקבוע שתגובה (1) היא תגובת חמצון-חיזור ולנמק את קביעתם. חלק קטן מהתלמידים טעו. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:
1. קביעה שגויה המלווה בנימוק שגוי. הסיבה לטעויות מסוג זה היא חוסר הבנה שיש תגובות שבהן חלק מאטומי חנקן בתרכובת עוברים חמצון וחלק עוברים חיזור:
 - "התגובה אינה תגובת חמצון-חיזור כי בתגובה יש רק תהליך חיזור בין אטומי ה-N".
 - "התגובה אינה חמצון-חיזור כי זה פנימי".
 - "התגובה אינה תגובת חמצון-חיזור כי יש יותר ממחזור אחד ורק מחמצן אחד".
 - "יש רק אטום אחד שיורד בדרגת החמצון, לכן התגובה היא לא תגובת חמצון-חיזור".
 2. קביעה נכונה המלווה בנימוקים לא מדויקים, חלקיים, ללא התייחסות לשינוי בדרגות חמצון:
 - "כן, כיוון שבתגובה יש גם מחמצן וגם מחזור".
 - "כן, כי יש מעבר אלקטרונים בין המגיבים לתוצרים".טעות נוספת היא רישום דרגות חמצון ללא הקפה בעיגול - כמו מטען.

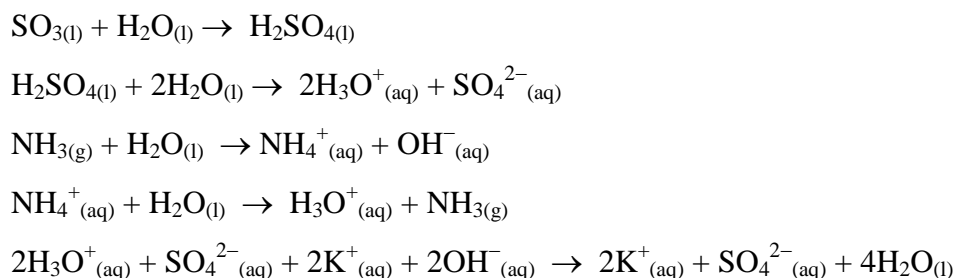
המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים זיהוי סוגי התגובות. מומלץ לתרגל גם תגובות שאינן רגילות, כמו תגובה (1) המופיעה בשאלה. מומלץ לבקש מהתלמידים לזהות סוגים שונים של תגובות, כולל תגובות שהן שילוב של שני סוגים. תגובות לדוגמה:

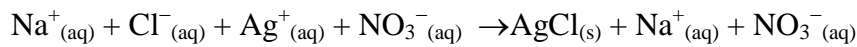
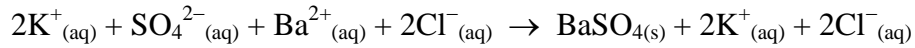
תגובות חמצון-חיזור



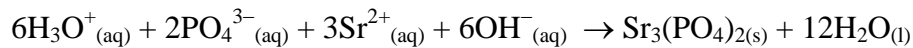
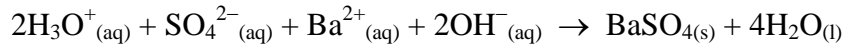
תגובות חומצה-בסיס



תגובות שיקוע

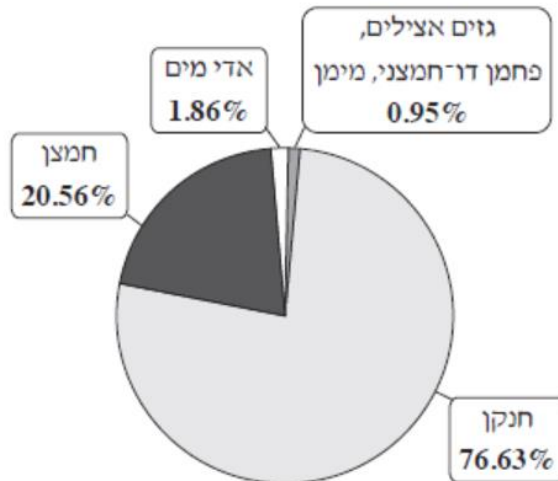


תגובות חומצה-בסיס ושיקוע



פתיח לסעיפים הבאים

הגרף שלפניך מתאר את הרכב האוויר בטמפרטורה של 25°C ובלחות של 60% בלחץ 1 אטמוספירה.



סעיף ב' (הציון 75)

תוצרי הפירוק המלא של אמון חנקתי אינם גורמים לזיהום אוויר. הסבר עובדה זו.

התשובה

תוצרי תגובת הפירוק הם: גז חמצן, גז חנקן ואדי מים. חומרים אלה מרכיבים באופן טבעי את תערובת האוויר, כפי שניתן לראות בגרף הנתון בשאלה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. רוב התלמידים ידעו לקרוא את הגרף הנתון ולקשר בין הנתונים שלו לתוצרי תגובה (1), אך חלקם לא התייחסו לגרף כחלק מהשאלה ולכן לא הסבירו כראוי:
- "תוצרי הפירוק של אמון חנקתי אינם גורמים לזיהום. בשל כך חנקן הינו בעל ריכוז גבוה באוויר האטמוספירה."

- "מכיוון שטמפרטורת ההיתוך של תוצרי הפירוק של אמון חנקתי גבוהה יותר מטמפרטורה של 25°C , אז טמפרטורה זו לא תוכל להשפיע על תוצרי הפירוק ולא תגרום לשום תהליך."
- "כיוון שהתוצרים הם ניטרליים ויציבים."
- "התוצרים הם גזים במצב היסוד וזה מה שיש באוויר."

המלצות

כדי לעזור לתלמידים לקרוא גרף, להשתמש בנתונים שהוא מכיל ולקשר בין הנתונים האלה לשאלות בנושאי הלימוד, מומלץ לעבוד עם התלמידים על משימות להקניית אוריינות: אוריינות כימית. משימות אלה עשויות לעזור לתלמידים בעבודה על קטעים ממאמרים מדעיים ועל שאלות הכוללות בעיות מחיי יום יום. מומלץ להיעזר בחוברת: "חומרי עזר למורה - משימות אוריינות ל"מבוא לכימיה" בדגש על ידע אפיסטימולוגי".

ראו את מקורות הקישורים מס' (15), (27) בטבלה בעמ' 5-7.

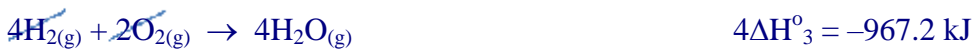
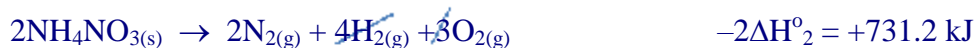
סעיף ג' בחירה (הציון 90)

להלן נתוני ΔH° לתגובות (2) ו-(3).



חשב את ΔH°_1 עבור תגובה (1), שהיא תגובת הפירוק המלא של אמון חנקתי.

התשובה



$$\Delta H^{\circ}_1 = 4\Delta H^{\circ}_3 - 2\Delta H^{\circ}_2 \quad \text{או:}$$

$$\Delta H^{\circ}_1 = 4 \times (-241.8 \text{ kJ}) - 2 \times (-365.6 \text{ kJ}) = -236 \text{ kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חישובו נכון את שינוי האנתלפייה עבור תגובה (1) תוך שימוש בחוק הס. הופיעו טעויות מעטות:

♦ התעלמות מהמקדמים בניסוח התגובה:

$$\Delta H^\circ_1 = (-241.8 \text{ kJ}) + (-365.6 \text{ kJ}) = -607.4 \text{ kJ}$$

♦ טעויות בסימנים:

$$\Delta H^\circ_1 = 4 \times 241.8 \text{ kJ} - 2 \times (-365.6 \text{ kJ}) = 1698.4 \text{ kJ}$$

המלצות

בתשובות לשאלות, העוסקות בחישוב אנתלפיית תגובה באמצעות חוק הס, מומלץ להיעזר בתהליך המפורט בעמוד 9 בחוברת: [סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה.

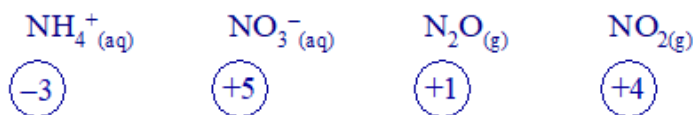
מומלץ להפנות את התלמידים לשיעור בנושא: [חישוב השינוי באנתלפייה לפי חוק הס](#).

ראו את הקישורים לחומרים מס' (24), (41) בטבלה בעמ' 5-7.

סעיף ד' (הציון 76)

בפירוק חלקי של אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, מתקבלות תרכובות חנקן שונות, כגון $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ ו- $\text{NO}_2(\text{g})$. חשב את דרגות החמצון של אטומי החנקן בכל אחד מסוגי היונים המרכיבים את $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ ובשתי תרכובות החנקן הנתונות.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון את דרגות החמצון של אטומי החנקן בתרכובות $\text{NO}_2(\text{g})$ ו- $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$, אך חלק מהתלמידים התקשו בקביעת דרגות החמצון של אטומי החנקן ביונים מורכבים $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ ו- $\text{NO}_3^-(\text{aq})$. הטעות האופיינית היא התעלמות ממטען היון וחישוב דרגות חמצון של אטומי חנקן בהתאם לנוסחאות השגויות:



טעות נוספת היא רישום דרגות חמצון לא בתוך עיגול.

המלצות

מומלץ לתרגל שאלות נוספות בנושא "חמצון-חיזור" מבחינות בגרות קודמות ולהיעזר בפתרונות שרוכזו בחוברת: [תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 70-30.

מומלץ להיעזר במצגת: [דרגות חמצון של יונים מורכבים ושל תרכובות פחמן](#), מתוך המצגות של "כימיה ברשת".

ראו את הקישורים לחומרים מס' (23), (38) בטבלה בעמ' 5-7.

סעיף ה' בחירה (הציון 87)

התרכובת אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, משמשת בעיקר דשן לגידולים חקלאיים.

אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, נוצר בתגובה של חומצה חנקתית, $\text{HNO}_3(\text{l})$, עם אמוניה גזית, $\text{NH}_3(\text{g})$. ניסוח התגובה הוא:



חשב את מסת האמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, שנדרשת להכנת 1.0 ק"ג אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, על פי תגובה (4). נתון: 1 ק"ג = 1000 גרם.

התשובה

המסה המולרית של אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$:

$$\frac{1000 \text{ gr}}{80 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 12.5 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$$

יחסי המולים בין $\text{NH}_3(\text{g})$ ל- $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ הוא 1:1.

מספר המולים של $\text{NH}_3(\text{g})$ שנדרשים לקבלת 1 ק"ג אמון חנקתי הוא:

המסה המולרית של $\text{NH}_3(\text{g})$:

$$12.5 \text{ mol} \times 17 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 212.5 \text{ gr} \quad \text{המסה של } \text{NH}_3(\text{g}) \text{ שנדרשת להכנת האמון החנקתי:}$$

או פתרון בצורת טבלה:



גדלים	יחידות	$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$	$\text{NH}_3(\text{g})$
יחס מולים		1	1
מסה נתונה/נדרשת	gr	1000	212.5
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	80	17
מספר מולים	mol	12.5	12.5

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חיטבו נכון את מסת המגיב כשנתונה מסת התוצר. תלמידים מעטים כתבו תשובות חלקיות - לא ציינו את יחס המולים בניסוח התגובה. טעות נוספת היא אי-התאמת יחידות בחישוב מספר המולים של אמון חנקתי.

המלצות

בתרגילים עם חישובים סטויכיומטריים מומלץ לתת מסה לא רק בגרמים אלא גם בקילוגרמים, בטונות, במיליגרמים. מומלץ להיעזר בלומדה: "[היבטים כמותיים בכימיה](#)". הלומדה מכילה מספר רב של תרגילי חישוב, בנושאי לימוד שונים, כאשר בכל נושא מוצגת דוגמה פתורה לביצוע התרגיל ותרגילים נוספים עבור התלמידים.

מומלץ להיעזר בחוברת: [תרגול ושאלות בנושא "סטויכיומטריה" בבחינות הבגרות בכימיה](#) .
תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 70-30.

ראו את הקישורים לחומרים מס' (20), (37) בטבלה בעמ' 7-5.

פתיח לסעיפים הבאים

לדישון בעונת הקיץ, הדשן אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, משווק בתמיסה מימית בריכוז 9.5 M.

סעיף ו' (הציון 75)

רשום ניסוח לתגובת ההמסה של אמון חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, במים.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התייחסו לאמון חנקתי כאל חומר מולקולרי - רשמו $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$ בתוצרים. טעויות נוספות: רישום מים במגיבים, רישום נוסחאות יונים ללא מטען, רישום אמוניה וחומצה חנקתית בתוצרים:

- $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_4(\text{aq}) + \text{NO}_3(\text{aq})$

המלצות

מומלץ להרגיל את התלמידים להקפיד לרשום את הממס על החץ בניסוח תהליכי ההמסה של חומרים יוניים קלי תמס.

מומלץ להכיר לתלמידים את היונים המורכבים ולתרגל את הניסוחים של תהליכי ההמסה של חומרים יוניים המכילים יונים מורכבים.

מומלץ לתרגל עם התלמידים בכל הזדמנות שאלות על תרכובות יוניות המכילות יוני NH_4^+ , יוני CH_3NH_3^+ ועוד, כיוון שחלק מהתלמידים מתייחסים לתרכובות אלה כאל תרכובות מולקולריות. מומלץ לבקש מהתלמידים לבצע ניסוי פשוט: להמיס אמון חנקתי במים ולבדוק מוליכות חשמלית של התמיסה. לאחר הניסוי כדאי לקיים דיון על תרכובות יוניות המכילות יונים מורכבים.

סעיף ז' (הציון 64)

לדישון בעונת החורף משתמשים בתמיסה בריכוז אחר - 7.9 M.

איזו מן הפעולות c-a שלפניך יש לבצע בתמיסה לדישון בעונת הקיץ כדי שתתאים לדישון בעונת החורף? הסבר את בחירתך.

- הקטנת נפח התמיסה על ידי אידוי מים.
- הגדלת נפח התמיסה על ידי הוספת מים.
- הוספת אמון חנקתי מוצק, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, לתמיסה.

התשובה

קביעה: היגד b.

הסבר:

הריכוז של תמיסת הדשן לדישון בחורף נמוך מהריכוז של תמיסת הדשן לדישון בקיץ ($7.9 \text{ M} < 9.5 \text{ M}$). כדי לקבל תמיסה בריכוז נמוך יותר צריך להוסיף מים - על מנת שנפח התמיסה יגדל ללא שינוי במספר המולים של המומס.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הפנימו שיש להתייחס בתשובה לכך שהמטרה של הוספת מים היא הורדת הריכוז, מכיוון שכאשר מספר המולים של המומס לא משתנה והנפח גדל על ידי הוספת ממס (המים), הריכוז יורד. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

- קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "a - מים קרים לא ממיסים את הדשן. חמים דווקא כן."
 - "a - כדי שהריכוז ירד נאדה את המים."
 - "c - אם נוסיף אמון חנקתי מוצק אנחנו נעלה את הריכוז אך גם נוסיף נפח, וכך נוריד את הריכוז."
- קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי ולא מתאים:

- "b - הגדלת נפח התמיסה, כי בחורף ישנה ירידת גשמים וכמויות מוכפלות של מים מאשר בקיץ."
 - "b - אם מורידים את הריכוז על-ידי מיהול צריך לשנות את המקדמים."
 - "b - כי הריכוז נמוך יותר."
- בטעויות משני הסוגים אין התייחסות למספר המולים של המומס שלא משתנה בתהליך המיהול.

המלצות

מומלץ להיעזר בערכה מותאמת אישית למשימה דיאגנוסטית: "[משימה דורשת ריכוז](#)". בערכה משימות לתלמידים בעברית ובערבית וקובץ הנחייה למורה הכולל, בין השאר, דרכי טיפול בתפיסות שגויות.

מומלץ להיעזר במצגת [תמיסות וריכוזים](#) מתוכנית "כימיה ברשת". המצגת כוללת כל ההיבטים של נושא התמיסות. יש התייחסות לשינוי ריכוז התמיסה החל משקופית 34.

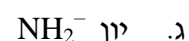
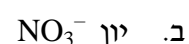
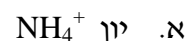
לעיתים התלמידים מתבקשים בשאלה לנמק גם את הבחירה בהיגד הנכון וגם להסביר מדוע לא נבחרו ההיגדים הנוספים. מומלץ להנחות את התלמידים להתייחס בנימוק לבחירה בהיגד מסוים ולהסביר קודם כל מדוע נבחר היגד זה, ורק לאחר מכן להסביר מדוע לא נבחרו את ההיגדים הנוספים.

ראו את הקישורים לחומרים מס' (14), (37) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלות נוספות לתרגול:

שאלה 1

איזה מן היונים הנתונים יכול לשמש גם כמחמצן וגם כמחזור?



הנימוק:

התשובה הנכונה היא ד'.

טווח דרגות החמצון של אטומי חנקן הוא מ- (-3) עד $(+5)$, כאשר (-3) היא דרגת החמצון

המזערית, כמו ביון NH_4^+ וביון NH_2^- , ו- $(+5)$ היא דרגת החמצון המרבית, כמו ביון NO_3^- .

ביון NO_2^- דרגת החמצון של אטום החנקן היא $(+3)$, שהיא אינה מזערית ואינה מרבית.

לכן יון NO_2^- יכול לשמש גם כמחמצן וגם כמחזור.

שאלה 2

התלמידים הכינו 100 מ"ל תמיסה מימית של נתרן הידרוקסיד, $\text{NaOH}_{(aq)}$, בריכוז 0.3 M. הם הוסיפו לתמיסה זו 50 מ"ל מים.

- א. קבעו אם לאחר הוספת המים הריכוז של נתרן הידרוקסידי עלה, ירד או לא השתנה. נמקו.
- ב. חשבו את הריכוז של נתרן הידרוקסידי לאחר הוספת המים. פרטו את החישובים.
- ג. קבעו את הריכוז של יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$, לאחר הוספת המים. נמקו.

התשובה:

סעיף א'

קביעה: לאחר הוספת המים הריכוז של נתרן הידרוקסידי ירד.

נימוק: לאחר הוספת המים נפח התמיסה גדל ומספר המולים של $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ לא השתנה. לכן הריכוז של $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ ירד.

סעיף ב'

מספר המולים של $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ בתמיסה המקורית:

$$0.3 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.1 \text{ liter} = 0.03 \text{ mol}$$

נפח התמיסה לאחר הוספת המים:

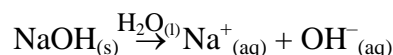
$$0.05 \text{ liter} + 0.1 \text{ liter} = 0.15 \text{ liter}$$

הריכוז של $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ בתמיסה לאחר הוספת המים:

$$\frac{0.03 \text{ mol}}{0.15 \text{ liter}} = 0.2 \text{ M}$$

סעיף ג'

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

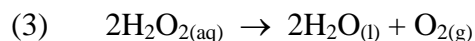
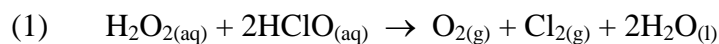


יחס המולים בניסוח התגובה בין $\text{NaOH}_{(\text{s})}$ ליוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ הוא 1:1,

לכן הריכוז של יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ לאחר הוספת המים הוא 0.2 M.

שאלה 3

נתונות שלוש תגובות:



א. לכל אחת מן התגובות הנתונות קבעו דרגות חמצון לכל אחד מן האטומים שבחומרים.

ב. ציינו את המחמצן ואת המחזור בכל אחת מן התגובות הנתונות. נמקו כל קביעה.

התשובה

סעיף א'

דרגות חמצון של אטומים	אטומים בחומרים	חומרים	מגיבים או תוצרים	מספר תגובה
(+1)	H	H ₂ O _{2(aq)}	מגיבים	(1)
(-1)	O			
(+1)	H	HClO _(aq)		
(+1)	Cl			
(-2)	O			
(0)	O	O _{2(g)}	תוצרים	
(0)	Cl	Cl _{2(g)}		
(+1)	H	H ₂ O _(l)		
(-2)	O			
(+1)	H	H ₂ O _{2(aq)}	מגיבים	(2)
(-1)	O			
(+1)	H	HI _(g)		
(-1)	I			
(0)	I	I _{2(s)}	תוצרים	
(+1)	H	H ₂ O _(l)		
(-2)	O			
(+1)	H	H ₂ O _{2(aq)}	מגיב	(3)
(-1)	O			
(+1)	H	H ₂ O _(l)	תוצרים	
(-2)	O			
(0)	O			

סעיף ב'

תגובה (1):

דרגת החמצון של כל אטום חמצן ב- $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ עלתה מ- $\textcircled{-1}$ ל- $\textcircled{0}$ ב- $\text{O}_2(\text{g})$, אטומי חמצן עברו חמצון ושימשו כמחזור.

דרגת החמצון של כל אטום כלור ב- $\text{HClO}(\text{aq})$ ירדה מ- $\textcircled{+1}$ ל- $\textcircled{0}$ ב- $\text{Cl}_2(\text{g})$, אטומי כלור עברו חיזור ושימשו כמחמצן.

תגובה (2):

דרגת החמצון של כל אטום חמצן ב- $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ ירדה מ- $\textcircled{-1}$ ל- $\textcircled{-2}$ ב- $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, אטומי חמצן עברו חיזור ושימשו כמחמצן.

דרגת החמצון של כל אטום יוד $\text{HI}(\text{g})$ עלתה מ- $\textcircled{-1}$ ל- $\textcircled{0}$ ב- $\text{I}_2(\text{s})$, אטומי יוד עברו חמצון ושימשו כמחזור.

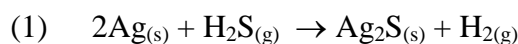
תגובה (3):

דרגת החמצון של חלק מאטומי חמצן ב- $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ ירדה מ- $\textcircled{-1}$ ל- $\textcircled{-2}$ ב- $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, אטומי חמצן אלה עברו חיזור ושימשו כמחמצן.

דרגת החמצון של חלק מאטומי חמצן ב- $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ עלתה מ- $\textcircled{-1}$ ל- $\textcircled{0}$ ב- $\text{O}_2(\text{s})$, אטומי חמצן אלה עברו חמצון ושימשו כמחזור.

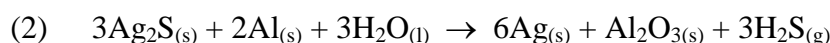
שאלה 4

כלי כסף ותכשיטי כסף משחירים עם הזמן עקב תגובה בין מתכת כסף, $\text{Ag}(\text{s})$, לבין מימן גופרי, $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$, הנמצא באוויר. ההשחרה נובעת מהיווצרות התרכובת כסף גופרי, $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s})$, על פני המתכת, על פי תגובה (1):



- א. קבעו עבור כל אחד מן ההיגדים i ו- ii אם הוא נכון או לא נכון. נמקו.
- i. אטומי הגופרית בתרכובת $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ עוברים חמצון ואטומי המימן בתרכובת זו עוברים חיזור.
- ii. יוני הכסף בתרכובת $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s})$ עוברים חמצון והתרכובת $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ היא המחמצן.

ב. התלמידים ביצעו ניסוי במטרה להוריד הציפוי של $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s})$ מפני התכשיט. מסת התכשיט 6.45 גרם. בתחתית הקערה פרסו התלמידים נייר אלומיניום, $\text{Al}(\text{s})$, מילאו את הקערה במים חמים והכניסו בה התכשיט המושחר. התרחשה תגובה (2):



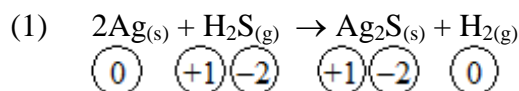
- i. קבעו אם תגובה (2) היא תגובת חמצון-חיזור. אם כן - קבעו את המחמצן ואת המחזור. אם לא - הסברו מדוע.
- ii. במהלך התגובה נוצרו 0.663 גרם אבקה לבנה של תחמוצת אלומיניום, $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$. חשבו את המסה של $\text{Ag}(\text{s})$ שנוצר בתגובה (2). פרטו את החישובים.

התשובה

סעיף א'

קביעה: היגד i אינו נכון.

נימוק: דרגות החמצון של כל אחד מן האטומים בחומרים המשתתפים בתגובה (1):



דרגת החמצון של כל אטום כסף עלתה מ- $\textcircled{0}$ ל- $\textcircled{+1}$ ב- $\text{Ag}_2\text{S}_{(s)}$, אטומי כסף עברו חמצון ושימשו כמחזור.

דרגת החמצון של כל אטום מימן ב- $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ ירדה מ- $\textcircled{+1}$ ל- $\textcircled{0}$ ב- $\text{H}_2_{(g)}$, אטומי מימן עברו חיזור ושימשו כמחמצן.

היגד i אינו נכון כי דרגת החמצון של אטומי גופרית לא עברה שינוי.

קביעה: היגד ii אינו נכון.

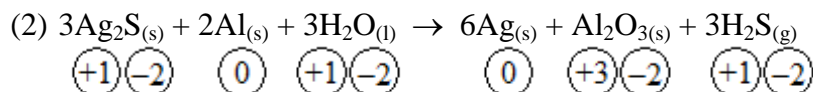
נימוק: יוני הכסף בתרכובת $\text{Ag}_2\text{S}_{(s)}$ הם תוצר החמצון ולא עברו חמצון. (התרכובת $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ היא אכן המחמצן).

סעיף ב'

תת-סעיף i

קביעה: תגובה (2) היא תגובת חמצון-חיזור.

נימוק: דרגות החמצון של כל אחד מן האטומים בחומרים המשתתפים בתגובה (2):



דרגת החמצון של יוני כסף ב- $\text{Ag}_2\text{S}_{(s)}$ ירדה מ- $\textcircled{+1}$ ל- $\textcircled{0}$, יוני כסף עברו חיזור ושימשו כמחמצן.

דרגת החמצון של אטומי אלומיניום עלתה מ- $\textcircled{0}$ ל- $\textcircled{+3}$ ב- $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$, אטומי אלומיניום עברו חמצון ושימשו כמחזור.

תת-סעיף ii

$$102 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$:

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

$$\frac{0.663 \text{ gr}}{102 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.0065 \text{ mol}$$

$$108 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{Ag}_{(s)}$:

יחס המולים בניסוח תגובה (2) בין $Al_2O_{3(s)}$ לבין $Ag_{(s)}$ הוא 6:1 .

כאשר בתגובה נוצר 1 מול $Al_2O_{3(s)}$, נוצרים 6 מול $Ag_{(s)}$,

לכן אם נוצרו 0.0065 מול $Al_2O_{3(s)}$, מספר המולים של $Ag_{(s)}$ שמתקבלים :

$$0.0065 \text{ mol} \times 6 = 0.039 \text{ mol}$$

המסה של $Ag_{(s)}$ שנוצר בתגובה (2) :

$$108 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.039 \text{ mol} = 4.212 \text{ gr}$$

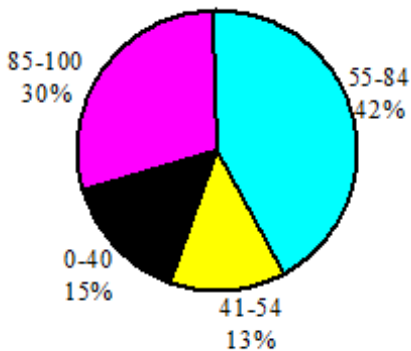
או :

גדלים	יחידות	$Al_2O_{3(s)}$	$6Ag_{(s)}$
יחס מולים		1	6
מסה נתונה/נדרשת	gr	0.663	4.212
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	102	108
מספר מולים	mol	0.0065	0.039

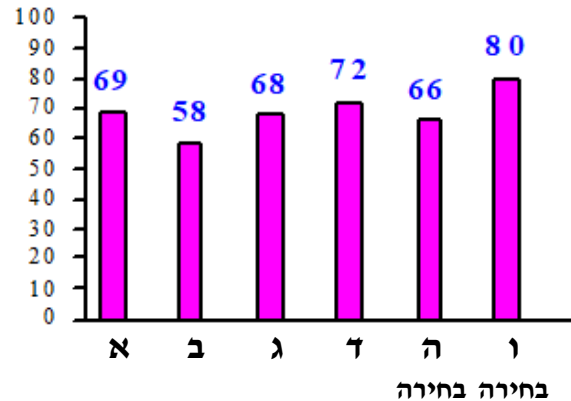
ניתוח שאלה 13

מבנה וקישור, אנרגייה

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 48% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 68
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

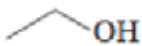

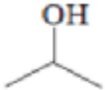
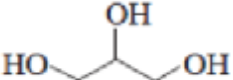
- לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של כהלים כאשר נתון ייצוג מקוצר של נוסחאות מבנה של כהלים אלה.
- להבחין בין נוסחת ייצוג אלקטרונית לבין ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה.
- לזהות תרכובות שהן איזומרים על פי ייצוג מקוצר של נוסחאות מבנה.
- לקבוע את סוגי הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בחומרים הנתונים.
- לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים.
- לקבוע ולהסביר את כל הגורמים המשפיעים על טמפרטורת הרתיחה של חומרים מולקולריים.
- לקבוע את קוטביות המולקולה על פי נוסחת המבנה שלה.
- לקשר בין הבדל בשטח פנים של מולקולות איזומרים להבדל בטמפרטורת הרתיחה שלהם.
- לקבוע אם תהליך הוא אקסותרמי או אנדותרמי על פי מידע נתון - מחיי יום יום.
- להבחין בין מערכת לסביבה על פי מידע נתון.
- להתאים סוג של תגובה, אנדותרמית או אקסותרמית, לסימן של ΔH .
- לקבוע את סוג התגובה: אידוי, המסה במים, עיבוי או פירוק.
- לבחור דיאגרמת אנרגייה מתאימה לניסוח תגובה ולנמק את הבחירה.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

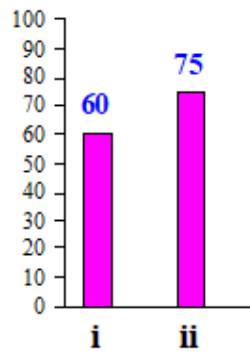
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום	i	א
יישום	ii	
יישום		ב
יישום		ג
יישום		ד
יישום	i	ה בחירה
יישום	ii	
הבנה	iii	
אנליזה		ו בחירה

פתיח לשאלה

אלכוג'ל הוא חומר שמשמש לחיטוי וניקוי הידיים כאשר מים וסבון אינם זמינים.
 האלכוג'ל הוא תערובת נוזלית של סוגי כוהל שונים המומסים במים.
 לפניך טבלה ובה נתונים על כהלים שאפשר למצוא באלכוג'ל.

שם הכוהל	טמפרטורת רתיחה (°C)	ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה של מולקולות הכוהל	
אתאנול	78		1
1-פרופאנול	97		2
2-פרופאנול	82		3
גליצרול	-		4

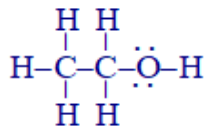
סעיף א' (הציון 69)



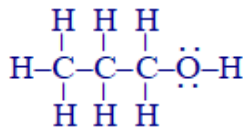
תת-סעיף i (הציון 60)

רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית לכל אחת ממולקולות הכוהל הרשומות בטבלה.

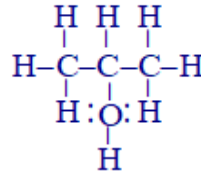
התשובה



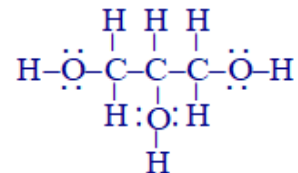
אתאנול



1-פרופאנול



2-פרופאנול



גליצרול

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של כהלים. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ רישום נוסחאות מולקולריות במקום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות:
- גליצרול - $\text{C}_3\text{O}_3\text{H}_8$ 2-פרופאנול - C_3OH_8 1-פרופאנול - C_3OH_8 אתאנול - C_2OH_6
- ♦ מוסיפים אטומים ו/או אלקטרונים על ייצוג מקוצר של נוסחאות מבנה.
- ♦ טעויות במספר אלקטרונים במולקולה:
- נוסחאות ללא אלקטרונים בלתי קושרים. הסיבה לטעות זו היא כנראה בלבול בין נוסחת ייצוג אלקטרונים לבין ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה.
- נוסחאות עם אלקטרונים עודפים.
- נוסחאות עם סימון כפול של אלקטרונים: גם ציון אלקטרונים באמצעות נקודות וגם סימון קווים המייצגים קשרים (טעות נפוצה).
- ♦ רישום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות ללא אטומי מימן. טעות זו מצביעה על בלבול בין נוסחת ייצוג אלקטרונית לבין ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה.
- ♦ רישום של קבוצת O-H ללא הפרדה בין אטומים על ידי זוג אלקטרונים או קו המייצג קשר.

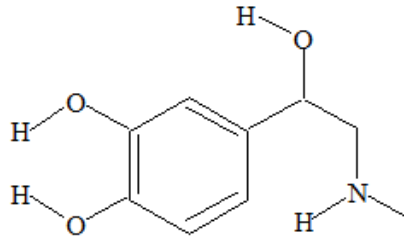
המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים מעבר בין צורות ייצוג שונות של מולקולות: נוסחה מולקולרית, נוסחת ייצוג אלקטרונית, ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה וייצוג מלא של נוסחאות מבנה. בנושא חומצות שומן ניתן להתייחס גם לרישום המקוצר.

כדי להבהיר את ההבדלים בין צורות הייצוג השונות מומלץ להתבסס על [המונחון לנוסחאות של חומרים](#) שפורסם על ידי הפיקוח על הוראת הכימיה.
ראו הקישור לחומר מס' (4) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

נתון ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה למולקולה אדרנלין:

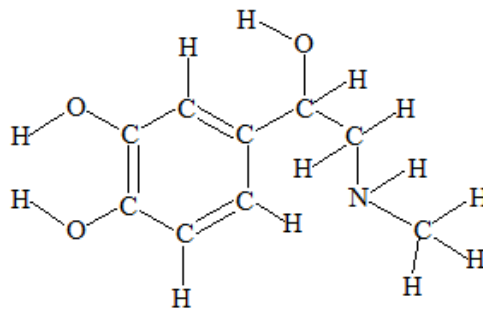


- רשמו ייצוג מלא של נוסחת מבנה למולקולת אדרנלין.
- רשמו נוסחת ייצוג אלקטרונית למולקולת אדרנלין.
- רשמו נוסחה מולקולרית של אדרנלין.

התשובה:

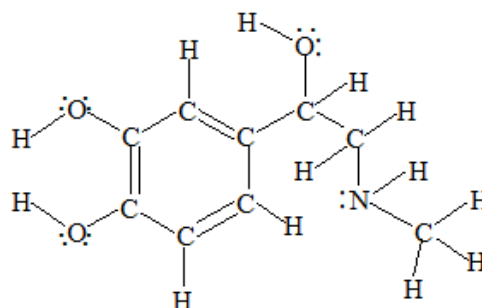
סעיף א'

ייצוג מלא לנוסחת מבנה של מולקולה אדרנלין:



סעיף ב'

נוסחת ייצוג אלקטרונית של מולקולה אדרנלין:



סעיף ג'

נוסחה מולקולרית של אדרנלין: $C_9H_{13}NO_3$

תת-סעיף ii (הציון 75)

אילו שני כהלים מבין הכהלים הנתונים בטבלה הם איזומרים? נמק.

התשובה

קביעה: הכהלים 1-פרופאנול ו-2-פרופאנול הם איזומרים.

נימוק: למולקולות יש אותה נוסחה מולקולרית (C_3H_7OH), אבל לכל אחת מהן יש ייצוג שונה של נוסחת מבנה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון את שני האיזומרים, אך חלק מהם התקשו בנימוק:

- "(2) ו-(3) הם איזומרים, כי מספר האלקטרונים שלהם שווה, אך המבנה שונה."
- "כהלים 1-פרופאנול ו-2-פרופאנול הם איזומרים, כי שניהם פרופאנולים."
- "כי לשני חומרים יש שם זהה."

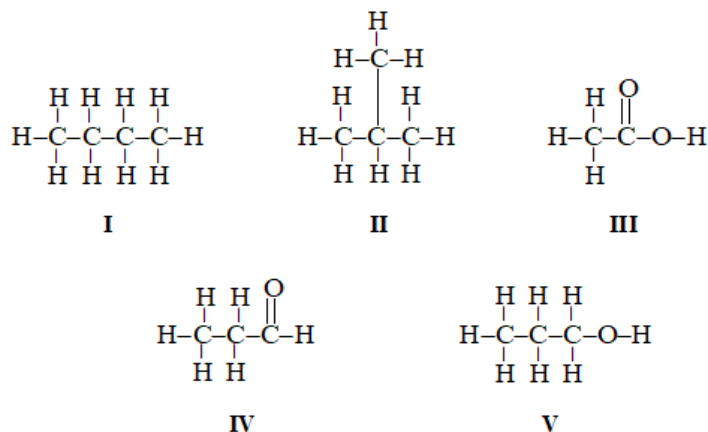
המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים זיהוי איזומרים על ידי הצגת נוסחאות שונות עבור מולקולות של מספר תרכובות: נוסחאות מולקולריות, ייצוג מקוצר של נוסחאות מבנה, ייצוג מלא של נוסחאות מבנה, ואיתור האיזומרים בין הנוסחאות השונות. מומלץ לבקש מהתלמידים לרשום ייצוג מקוצר וייצוג מלא לנוסחאות המבנה של איזומרים עבור נוסחה מולקולרית נתונה - לבקש לצייר מספר איזומרים, ולאחר מכן להציג את כל האיזומרים האפשריים על הלוח ולסכם את מה שהוצג.

שאלות לתרגול:

שאלה 1

נתון ייצוג מלא של נוסחאות מבנה של חמש תרכובות. אילו מהן הן איזומרים?

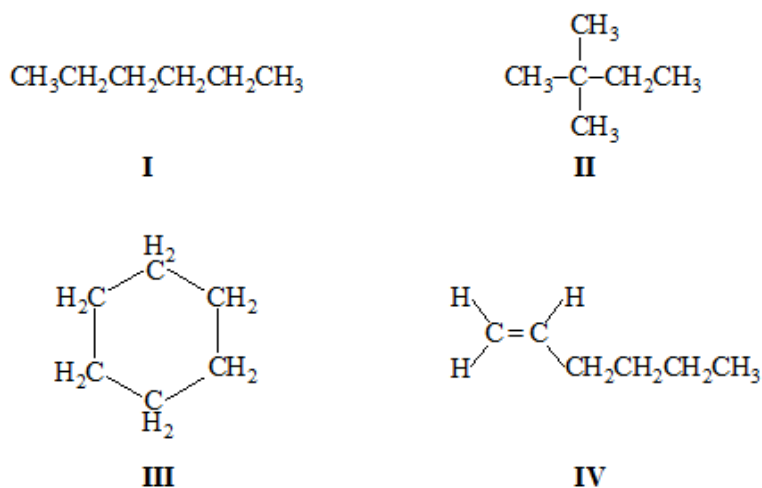


התשובה:

תרכובות (I) ו-(II) הן איזומרים. יש להן אותה נוסחה מולקולרית - C_4H_{10} , אך נוסחאות המבנה שלהן שונות.

שאלה 2

נתון ייצוג מקוצר לנוסחאות מבנה של ארבעה חומרים, (I)-(IV).



- א. ציינו אילו מבין הנוסחאות מייצגות איזומרים. נמקו.
ב. רשמו סוג נוסף של ייצוג מקוצר של נוסחאות מבנה (בעזרת קווים) של החומרים **II** ו-**IV**.

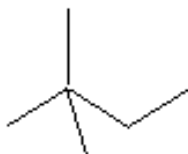
התשובה:

סעיף א'

נוסחאות **I** ו-**II** מייצגות איזומרים שהנוסחה המולקולרית שלהם היא C_6H_{14} .
נוסחאות **III** ו-**IV** מייצגות איזומרים שהנוסחה המולקולרית שלהם היא C_6H_{12} .

סעיף ב'

ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה למולקולה של חומר **II**:



ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה למולקולה של חומר **IV**:



סעיף ב' (הציון 58)

הסבר מדוע טמפרטורת הרתיחה של 1- פרופאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אתאנול.

התשובה

בין מולקולות 1-פרופאנול מתקיימים קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. וגם בין מולקולות אתאנול מתקיימים קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. מספר המוקדים האפשריים ליצירת קשרי מימן במולקולת 1-פרופאנול זהה למספר המוקדים האפשריים ליצירת קשרי מימן במולקולת אתאנול (ולכן חוזק קשרי המימן בין מולקולות 1-פרופאנול דומה לחוזק קשרי המימן שבין מולקולות אתאנול). ענן האלקטרונים של מולקולת 1-פרופאנול גדול (או: השייר הפחמימני גדול; או: שרשרת אטומי פחמן ארוכה; או: החלק ההידרופובי גדול) מענן האלקטרונים של מולקולת אתאנול (כאשר ענן האלקטרונים גדול יותר יש סיכוי גדול יותר ליצירת דו-קוטב רגעי גדול יותר ואז המשיכה בין הדו-קטבים חזקה יותר). לכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 1-פרופאנול חזקות יותר מאשר אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות אתאנול. נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק הקשרים שבין מולקולות 1-פרופאנול במצב נוזל מאשר לניתוק הקשרים שבין מולקולות אתאנול במצב נוזל. לכן טמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אתאנול.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים לכתוב את ההסבר המורכב: קביעת סוגי הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בחומרים הנתונים, הקישור בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין טמפרטורת הרתיחה, קביעת הגורמים המשפיעים על טמפרטורת רתיחה של חומרים מולקולריים, הסבר על הגורמים המשפיעים על טמפרטורת רתיחה של חומרים מולקולריים. תלמידים רבים מתקשים במתן תשובות מפורטות ומנומקות בהתאם לנדרש. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ הסברים חלקיים:
- הסבר המתייחס למבנה המולקולות בלבד ללא התייחסות לסוג וחוזק הכוחות שבין המולקולות:
- "מכיוון שיש יותר פחמנים טמפרטורת הרתיחה גבוהה יותר."
- הסבר המתייחס להבדל בגודל ענן האלקטרונים בלבד:
- "בגלל שענן האלקטרונים גדול יותר."
- ♦ חוסר הבחנה בין גורמים המשפיעים על חוזק כוחות בין מולקולריים:
- "אותה כמות של אינטראקציות מימן וקשרי ון-דר-ולס, לכן הגורם המכריע הוא גודל ענן האלקטרונים."

- ◆ הסברים שאינם מתייחסים באופן מפורש למספר מוקדים ליצירת קשרי מימן. קיימת התייחסות לאזור שיכול ליצור קשרי מימן או התייחסות ליותר מוקדים ללא פירוט:
- "למולקולת 1-פרופאנול יש ענן אלקטרוניים גדול יותר ושטח פנים גדול יותר, לכן יש לה יותר מוקדים ליצירת קשרים בין מולקולריים"
- ◆ התייחסות לשטח הפנים של המולקולות כאל הגורם המשמעותי בהסבר על טמפרטורת רתיחה של חומרים ללא קשר לגודל ענן האלקטרוניים ולקוטביות המולקולות:
- "מולקולת הפרופאנול יותר גדולה ממולקולת אתאנול, לכן יש לה שטח פנים גדול יותר, וזה מגדיל את קשרי ון-דר-ולס ומקשה להפריד בין המולקולות."
- ◆ חוסר התייחסות לגורמים דומים, במקרה זה למספר הזהה של המוקדים ליצירת קשרי מימן.

המלצות

בתשובות לשאלות העוסקות בכוחות בין מולקולריים מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלאות על פי התבנית המופיעה בעמוד 10 בחוברת: [סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה. בחוברת ניתן למצוא שאלות מתאימות ממאגר שאלות מבחינות הבגרות עם תשובות. אפשר להכניס שינויים לתבנית זו בהתאם לשאלה נתונה. לדוגמה, תבנית לסעיף ב:

החומרים	אתאנול	1-פרופאנול
נוסחאות מולקולריות	C_2H_5OH או C_2H_6O	C_3H_7OH או C_3H_8O
סוג החומרים	חומרים מולקולריים	
נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות החומרים	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-\ddot{O}-H \\ & \\ H & H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-\ddot{O}-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$
גודל ענני האלקטרוניים במולקולות החומרים	26 אלקטרוניים במולקולה	34 אלקטרוניים במולקולה
קוטביות המולקולות של החומרים	המולקולות קוטביות	
סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס
ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	מספר המוקדים האפשריים ליצירת קשרי מימן במולקולת 1-פרופאנול זהה למספר המוקדים האפשריים ליצירת קשרי מימן במולקולת אתאנול ולכן חוזק קשרי המימן בין מולקולות 1-פרופאנול זהה לחוזק קשרי המימן שבין מולקולות האתאנול. ענן האלקטרוניים של מולקולת 1-פרופאנול גדול מענן האלקטרוניים של מולקולת האתאנול. לכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 1-פרופאנול חזקות יותר מאשר אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות האתאנול.	
התייחסות לאנרגייה הנדרשת להפרדה בין המולקולות	נדרשת אנרגייה רבה יותר לפירוק הכוחות שבין מולקולות 1-פרופאנול במצב נוזל מאשר לפירוק הכוחות שבין מולקולות האתאנול במצב נוזל.	
טמפרטורת הרתיחה של החומרים	לכן טמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אתאנול.	

מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית **"מי גבוהה יותר?"**.
 מומלץ לבצע עם התלמידים פעילות: משחק **"מהו הגורם המשפיע?"**: העוסק בכוחות בין מולקולריים.
 מומלץ להציג לתלמידים תבנית לניסוח תשובה מילולית בשאלה של השוואת טמפרטורת רתיחה של חומרים מולקולריים: קביעה - לאיזה חומר טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר.
 שלבי ההסבר:

- התייחסות לקריטריונים הדומים בשני החומרים
- התייחסות לקריטריונים השונים בשני החומרים
- הסבר השפעת הקריטריונים השונים על חוזק הכוחות שבין המולקולות
- התייחסות לאנרגיה הנדרשת כדי לנתק את הכוחות בין המולקולות בשני החומרים.
- סיכום:

חשוב לשים לב בהסבר המילולי להבדל בין מושגים המתייחסים לחומרים, כגון טמפרטורת רתיחה, כוחות בין מולקולריים או מצב צבירה, לבין מושגים המתייחסים לחלקיקים - מולקולות.
ראו את הקישורים לחומרים מס' (12), (17), (31) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

קבעו לאיזה מבין שני החומרים - מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, או מתיל אמין, $\text{CH}_3\text{NH}_{2(l)}$, צפויה להיות טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר. נמקו את הקביעה.

התשובה:

מתאנול	מתיל אמין	החומרים
CH_3OH או CH_4O	CH_3NH_2 או CH_5N	נוסחאות מולקולריות
מולקולריים		סוג החומרים
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\ddot{\text{O}}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות החומרים
18 אלקטרונים	18 אלקטרונים	גודל ענני האלקטרונים במולקולות החומרים
המולקולות קוטביות		קוטביות המולקולות של החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
למולקולות של שני החומרים גודל ענני האלקטרונים זהה. הכוחות - קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. קשרי המימן בין המולקולות של $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$ חזקים יותר מקשרי המימן שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{NH}_{2(l)}$, מפני שהקשר H-O קוטבי יותר מהקשר H-N, (כי האלקטרושליליות של אטום החמצן גבוהה מזו של אטום החנקן). ולכן אטום המימן במתאנול הוא בעל מטען חיובי חלקי גדול יותר.		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
נדרשת אנרגייה רבה יותר לפירוק הכוחות שבין מולקולות מתאנול במצב נוזל מאשר לפירוק הכוחות שבין מולקולות מתיל אמין במצב נוזל.		התייחסות לאנרגייה הנדרשת להפרדה בין המולקולות
לכן טמפרטורת הרתיחה של מתאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של מתיל אמין.		טמפרטורת הרתיחה של החומרים

תשובה מילולית:

קביעה: טמפרטורת הרתיחה של מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של מתיל אמין, $\text{CH}_3\text{NH}_{2(l)}$.

התייחסות לקריטריונים הדומים בשני החומרים:

שני החומרים מולקולריים. גודל ענני האלקטרונים של מולקולות שני החומרים דומה. למולקולות של שני החומרים קוטביות קבועה. בין המולקולות של שני החומרים קיימות אינטראקציות ון-דר-ולס וגם קשרי מימן. בכל אחת מהמולקולות קיים אותו מספר מוקדים ליצירת קשרי מימן.

התייחסות לקריטריונים השונים בשני החומרים:

הגורם העיקרי להבדל הוא חוזק קשרי המימן הנוצרים בין המולקולות. הסבר השפעת הקריטריונים השונים לחוזק הכוחות שבין המולקולות:

קשרי המימן בין המולקולות של $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$ חזקים יותר מקשרי המימן שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{NH}_{2(l)}$, מפני שהקשר H-O קוטבי יותר מהקשר H-N, (כי האלקטרושליליות של אטום חמצן גבוהה מזו של אטום החנקן). ולכן אטום המימן במתאנול הוא בעל מטען חיובי חלקי גדול יותר.

התייחסות לאנרגיה הנדרשת כדי לנתק את הקשרים בין המולקולות בשני החומרים:

נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק הקשרים שבין מולקולות מתאנול.

סיכום:

טמפרטורת הרתיחה של מתאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של מתיל אמין.

סעיף ג' (הציון 68)

- איזה מבין ההיגדים (1) - (3) שלפניך מסביר את ההבדל בין טמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול לבין טמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול? **נמק.**
- (1) שטח הפנים של מולקולת 1-פרופאנול גדול משטח הפנים של מולקולת 2-פרופאנול.
 - (2) מולקולת 1-פרופאנול היא קוטבית, ואילו מולקולת 2-פרופאנול אינה קוטבית.
 - (3) גודל ענן האלקטרונים של מולקולת 1-פרופאנול שונה מגודל ענן האלקטרונים של מולקולת 2-פרופאנול.

התשובה

קביעה: היגד (1)

נימוק:

לשתי המולקולות 1-פרופאנול ו-2-פרופאנול ענן אלקטרונים בגודל זהה (או: אותו שייר פחמימני; או: אותו מספר אטומי פחמן).

מולקולת 2-פרופאנול בעלת שטח פנים קטן יותר מאשר מולקולת 1-פרופאנול. לכן שטח המגע בין מולקולות 2-פרופאנול קטן יותר.
אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 2-פרופאנול חלשות יותר (פחות משיכה בין קטבים רגועים).
נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק הקשרים שבין מולקולות 1-פרופאנול במצב נוזל מאשר לניתוק הקשרים שבין מולקולות 2-פרופאנול במצב נוזל.
לכן מטמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע ששטח הפנים של מולקולת 1-פרופאנול גדול משטח הפנים של מולקולת 2-פרופאנול. הסיבה לכך היא חוסר יכולת לקשר בין הבדל בשטח פנים של מולקולות איזומרים להבדל בטמפרטורת הרתיחה שלהם. חלק מהתלמידים שבחרו בהיגד הנכון התקשו להסביר את הבחירה שלהם. הטעויות האופייניות שאותרו:
1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה - קביעה שגויה של קוטביות במולקולות המכילות יותר מאטום מרכזי אחד:
 - "היגד (2) נכון כי מולקולת 1-פרופאנול קוטבית ו-2-פרופאנול אינה קוטבית כי ל-1-פרופאנול צורה זוויתית ול-2-פרופאנול משולש מישורי."
 - 2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי.
הבעיה העיקרית היא חוסר התייחסות לשטח הפנים של מולקולות:
 - "היגד (1) נכון, כי קשה יותר לחמם 1-פרופאנול."
 - "היגד (1) נכון. היגד (2) שגוי כי שתי המולקולות אינן קוטביות."

חלק מהתלמידים טועים בקביעת הקוטביות של מולקולות תרכובות פחמן גם אם הנוסחאות נתונות, במיוחד של מולקולות המכילות יותר מאטום פחמן מרכזי אחד.
תלמידים קובעים נכון שבין מולקולות התרכובת יש קשרי מימן, אך לא מקשרים בין קביעה זו למידת הקוטביות של המולקולות.

המלצות

יש תלמידים שמנמקים את בחירת ההיגד הנכון בדרך שלילה. מומלץ להנחות את התלמידים לנמק קודם כל את הבחירה בהיגד הנכון.
גם בתשובה לסעיף זה מומלץ לבנות עם התלמידים תבנית, כפי שנעשה בסעיף ב' :

1-פרופאנול	2-פרופאנול	החומרים
C_3H_7OH או C_3H_8O	$C_2H_4(OH)CH_3$ או C_3H_8O	נוסחאות מולקולריות
34 אלקטרוניים במולקולה	34 אלקטרוניים במולקולה	גודל ענני האלקטרוניים במולקולות החומרים
חומרים מולקולריים		סוג החומרים
$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C-C-C-\ddot{O}-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C-C-C-H \\ & & \\ H:O: & H & \\ & & \\ & H & \end{array}$	נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות החומרים
המולקולות קוטביות		קוטביות המולקולות של החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
<p>מספר המוקדים האפשריים ליצירת קשרי מימן במולקולת 1-פרופאנול זהה למספר המוקדים האפשריים ליצירת קשרי מימן במולקולת 2-פרופאנול ולכן חוזק קשרי המימן בין מולקולות 1-פרופאנול זהה לחוזק קשרי המימן שבין מולקולות 2-פרופאנול. גודל ענן האלקטרוניים של מולקולת שני החומרים זהה - הם איזומרים. מולקולת 2-פרופאנול בעלת שטח פנים קטן יותר מאשר מולקולת 1-פרופאנול, לכן שטח המגע בין מולקולות 2-פרופאנול קטן יותר. לכן יש פחות משיכה בין קטבים רגועים. אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 2-פרופאנול חלשות יותר מאשר אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 1-פרופאנול חזקות יותר. מאשר אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 2-פרופאנול.</p>		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק הכוחות שבין מולקולות 1-פרופאנול במצב נוזל מאשר לניתוק הכוחות שבין מולקולות 2-פרופאנול במצב נוזל.		התייחסות לאנרגייה הנדרשת להפרדה בין המולקולות
לכן טמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול.		טמפרטורת הרתיחה של החומרים

שאלה לתרגול:

טמפרטורת הרתיחה של אוקטאן, $C_8H_{18(l)}$, גבוהה מטמפרטורת הרתיחה יוד כלורי, $ICl_{(l)}$. הסבירו עובדה זו.

התשובה:

הסבר מילולי:

נתון: טמפרטורת הרתיחה של אוקטאן, $C_8H_{18(l)}$, גבוהה מטמפרטורת הרתיחה יוד כלורי, $ICl_{(l)}$. התייחסות לקריטריונים הדומים בשני החומרים: שני החומרים הם מולקולריים. גודל ענני האלקטרוניים של מולקולות שני החומרים דומה. בין המולקולות של שני החומרים קיימות אינטראקציות ון-דר-ולס. התייחסות לקריטריונים השונים בשני החומרים: הגורם העיקרי להבדל הוא קוטביות מולקולות החומרים. למולקולות $ICl_{(l)}$ קוטביות קבועה

למולקולות $C_8H_{18(l)}$ קוטביות רגעית. כלומר אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $ICl_{(l)}$ פועלות בין דו-קטבים קבועים ובין דו-קטבים רגעים, ואינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות $C_8H_{18(l)}$ פועלות בין קטבים רגעים בלבד.

לפי קריטריון זה היינו מצפים שהכוחות בין מולקולות $C_8H_{18(l)}$ יהיו חלשים יותר, אך זה לא תואם לנתוני השאלה.

ההבדל היחיד, שיכול להסביר את הנתון, הוא שטח הפנים הגדול יותר של מולקולות $C_8H_{18(l)}$ יחסית לשטח הפנים של מולקולות $ICl_{(l)}$.

הסבר השפעת הקריטריונים השונים לחוזק הכוחות שבין המולקולות:

שטח הפנים של מולקולות $C_8H_{18(l)}$ גדול יותר, לכן שטח המגע בין המולקולות שלו גדול יותר. נוצרות יותר אינטראקציות ון-דר-ולס, לכן הכוחות בין מולקולות $C_8H_{18(l)}$ חזקים יותר לעומת הכוחות בין מולקולות $ICl_{(l)}$.

התייחסות לאנרגייה הנדרשת כדי לנתק את הכוחות בין המולקולות בשני החומרים:

נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק הכוחות שבין מולקולות $C_8H_{18(l)}$ מאשר לניתוק הכוחות בין מולקולות $ICl_{(l)}$.

סיכום: טמפרטורת הרתיחה של אוקטאן, $C_8H_{18(l)}$, גבוהה מטמפרטורת הרתיחה יוד כלורי, $ICl_{(l)}$.

או:

החומרים	יוד כלורי	אוקטאן
נוסחאות מולקולריות	ICl	C_8H_{18}
סוג החומרים	מולקולריים	
נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות החומרים	$\ddot{I}-\ddot{Cl}:$	<pre> H H H H H H H H H - C - C - C - C - C - C - C - H H H H H H H H H </pre>
גודל ענני האלקטרונים במולקולות החומרים	70 אלקטרונים	66 אלקטרונים
קוטביות המולקולות של החומרים	קוטביות קבועה	קוטביות רגעית
שטח פנים של מולקולות	כל מולקולה מורכבת משני אטומים ולכן שטח פנים שלה קטן יותר	כל מולקולה מורכבת מאטומים רבים ולכן שטח הפנים שלה גדול יותר
סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	אינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס
ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	שטח הפנים של מולקולות $C_8H_{18(l)}$ גדול יותר, לכן שטח המגע בין המולקולות שלו גדול יותר. נוצרות יותר אינטראקציות ון-דר-ולס, לכן הכוחות בין מולקולות $C_8H_{18(l)}$ חזקים יותר לעומת הכוחות בין מולקולות $ICl_{(l)}$.	
התייחסות לאנרגייה הנדרשת להפרדה בין המולקולות	נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק הכוחות שבין מולקולות $ICl_{(l)}$. מאשר לניתוק הכוחות בין מולקולות $C_8H_{18(l)}$.	
טמפרטורת הרתיחה של החומרים	לכן טמפרטורת הרתיחה של אוקטאן, $C_8H_{18(l)}$, גבוהה מטמפרטורת הרתיחה יוד כלורי, $ICl_{(l)}$.	

* שטח פנים של המולקולות הוא קריטריון שמשמשים בו רק כאשר הקריטריונים האחרים אינם מאפשרים מתן תשובה על השאלה.

סעיף ד' (הציון 72)

קבע אם טמפרטורת הרתיחה של גליצרול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול או נמוכה ממנה. **נמק את קביעתך.** בתשובתך התייחס **לכל סוגי הכוחות הפועלים** בין המולקולות בכל אחת משתי התרכובות.

התשובה

קביעה: טמפרטורת הרתיחה של גליצרול גבוהה יותר מטמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול.
נימוק:

בין מולקולות גליצרול יש אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן, וגם בין מולקולות 2-פרופאנול יש אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן.

במולקולות גליצרול יש יותר מוקדים אפשריים ליצירת קשרי מימן (כי יש יותר קבוצות הידרוקסיל (-OH) לעומת מולקולות 2-פרופאנול (שבהן יש קבוצת הידרוקסיל אחת).

לכן קשרי המימן בין מולקולות הגליצרול רבים יותר מאשר קשרי המימן בין מולקולות 2-פרופאנול. הענן האלקטרוני של מולקולת גליצרול גדול מהענן האלקטרוני של מולקולת 2-פרופאנול (כאשר ענן האלקטרוני גדול יותר יש סיכוי גדול יותר ליצירת דו-קוטב רגעי גדול יותר ואז המשיכה בין הדו-קטבים חזקה יותר).

ולכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות הגליצרול חזקות יותר מאשר אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות 2-פרופאנול.

נדרשת אנרגייה רבה יותר לניתוק הקשרים בין מולקולות הגליצרול במצב נוזל מאשר לניתוק הקשרים בין מולקולות 2-פרופאנול במצב נוזל.

לכן טמפרטורת הרתיחה של גליצרול גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו להסביר את השפעת הגורמים השונים על טמפרטורת רתיחה של חומרים מולקולריים. רוב התלמידים קבעו נכון שטמפרטורת הרתיחה של גליצרול גבוהה יותר מטמפרטורת הרתיחה של 2-פרופאנול. הטעויות האופייניות אותרו בהסברים:

- ♦ הסברים חלקיים:
- הסברים המתייחסים רק לאחד הגורמים המשפיעים על טמפרטורת הרתיחה:
- "כי ענן האלקטרוני של גליצרול גדול יותר משל 2-פרופאנול."
- הסברים המציינים את הגורמים המשפיעים על טמפרטורת הרתיחה ללא הסבר כיצד גורמים אלו משפיעים על חוזק הקשרים שבין המולקולות:
- "ענן האלקטרוני של מולקולות וקשרי מימן משפיעים על טמפרטורת רתיחה של חומרים."
- הסברים המתבססים על גורמים שאינם משמעותיים במקרה הנתון, כגון שטח פנים של מולקולות (חוסר הבחנה בין גורמים משמעותיים ואינם משמעותיים במקרה הנתון):

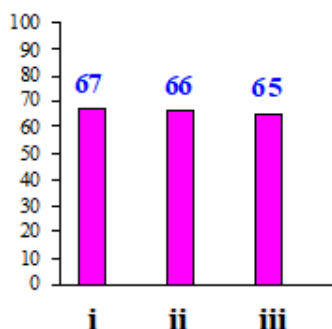
- "סיבה ראשונה כי שטח הפנים יותר גדול."
- ♦ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים :
- "במולקולות הגליצרול ישנם שלושה קשרי מימן וב-2-פרופאנול יש רק קשר אחד, לכן יהיה יותר קשה לפרק את המולקולה."
- "בגליצרול יותר קשרי H-O שחזקים מקשרי H-C כי ההפרש באלקטרושליליות גדול יותר, ולכן צריך להשקיע יותר אנרגיה."
- ♦ התייחסות למסה מולרית כאל קריטריון משפיע במקום להתייחס למושג "גודל ענן האלקטרוניים".

המלצות

מומלץ להתייחס במהלך ההוראה למשמעות הקריטריונים המשפיעים על חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס על פי סדר ההשפעה שלהם על טמפרטורת הרתיחה של החומרים. גודל ענן האלקטרוניים של המולקולות הוא הגורם המשמעותי ביותר המשפיע על חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס. כאשר גודל ענן האלקטרוניים של המולקולות דומה, ניתן להתייחס להשפעת קוטביות המולקולות. במקרה ששני הקריטריונים הראשונים דומים, ניתן להתייחס לשטח הפנים של המולקולות- לרוב בשאלות המתייחסות לאיזומרים. כמו כן, מומלץ להתייחס לגורמים המשפיעים על חוזק קשרי מימן - מספר המוקדים ליצירת קשרי מימן וקוטביות הקשר המימני. ברוב השאלות בנושא ההשוואה יש להתייחס להבדל באחד הגורמים בלבד או לתת לתלמידים נתון שיסייע לקבוע איזה מהגורמים יותר משמעותי.

סעיף ה' בחירה (הציון 66)

אם נרטיב את כפות ידינו במים, נשפוך עליהן אלכוהול המכיל 70% אתאנול, $C_2H_5OH_{(l)}$, ונשפף אותן מעט זו בזו, נרגיש שהידיים מתחממות.



תת-סעיף i (הציון 67)

האם בתהליך המתואר הידיים קולטות אנרגייה או פולטות אנרגייה? נמק.

התשובה

קביעה: הידיים קלטו אנרגייה.

נימוק:

הידיים קלטו אנרגייה (הטמפרטורה שלהן עלתה) בגלל שבתהליך המתואר נפלטה אנרגייה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע אם התגובה אנדותרמית או אקסותרמית על פי מידע נתון - מחיי יום יום. הטעויות האופייניות:

- ◆ הסברים לא ברורים:
- "הידיים פולטות אנרגיה שמחממת את הידיים כתוצאה מתזוזת הידיים."
- ◆ חוסר הבחנה בין הנתונים המתייחסים לתגובה המתרחשת לבין הנתונים המתייחסים לסביבה.
- "התגובה אנדותרמית כאשר טמפרטורת הסביבה עולה."

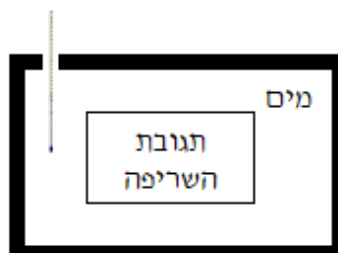
המלצות

בהוראת פרק האנרגייה הכימית מומלץ לשלב דוגמאות מחיי היום יום כדי להמחיש את הנושא באופן ברור. שאלות מבחינות בגרות בנושא האנרגייה המשלבות דוגמאות מחיי יום יום ומתעשייה: שאלות בנושא האנרגייה מבחינות הבגרות עם תשובות מפורטות, נמצאות בחוברת: סיכום [ניתוח השאלות בנושא "אנרגייה"](#) בבחינות הבגרות בכימיה 2016-1998: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70: שאלה 1 בגרות תשע"ה 2015 שאלון 037201, שאלה 1 בגרות תשע"ג 2013 שאלון 037201, שאלה 1 בגרות תשע"ב 2012 שאלון 037201, שאלה 6 בגרות תשס"ג 2003 שאלון 0958651, שאלה 3 בגרות תש"ס 2000 שאלון 037201. ניתן למצוא שאלות נוספות מסוג זה [בחוברות של ניתוח בגרות](#): שאלה 9 תש"ף 2020 שאלון 037381, שאלות 9 ו-11 תשע"ט 2019 שאלון 037381, שאלה 14 תשע"ח 2018 שאלון 037381, שאלה 2 תשע"ז 2017 שאלון 037381, שאלה 16 תשע"ו 2016 שאלון 037201.

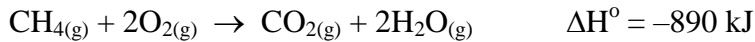
ראו את הקישורים לחומרים מס' (21), (24), בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

ביום חורפי וגשום יצאה קבוצת תלמידים לסיור בשטח. הם רצו לחמם לעצמם מים כדי שיוכלו למזוג אותם לאחר מכן לבקבוקי מים חמים שיחממו אותם. היה ברשותם בלון שהכיל גז מתאן, $\text{CH}_4(g)$. הם הזרימו את הגז יחד עם אוויר לכלי סגור. התלמידים הכניסו את המים שרצו לחמם למכל מבודד, הכניסו לתוכם את הכלי עם הגז והציתו את האש. לאחר 10 דקות הם כיבו את האש והמתינו 10 דקות נוספות.

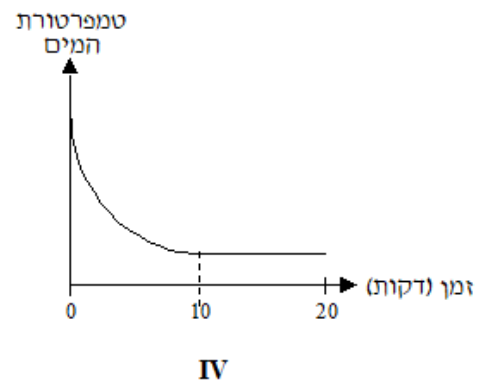
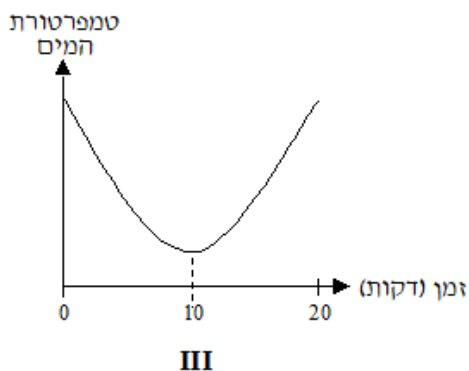
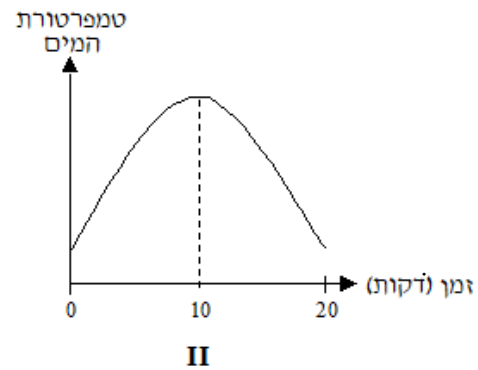
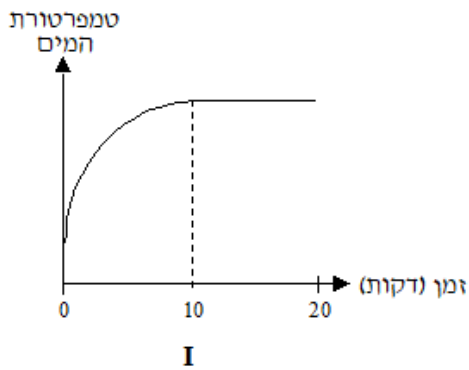


נתון ניסוח התגובה שהתרחשה :



- א. i. תארו את המערכת.
 ii. קבעו אם המערכת פתוחה, סגורה או מבודדת. הסבירו את הקביעה.
 iii. קבעו מהי הסביבה ואם היא מוגדרת. הסבירו את הקביעה.
 iv. קבעו מהו הכיוון של מעבר האנרגייה : מהמערכת אל הסביבה, מהסביבה את המערכת או אין מעבר אנרגייה בין המערכת והסביבה. נמקו את הקביעה.

- ב. טמפרטורת המים נמדדה החל מתחילת הניסוי ועד תום הניסוי לאחר 10 דקות.
 נתונים ארבעה גרפים I-IV. איזה מן הגרפים הנתונים מתאר נכון את השתנות טמפרטורת המים מתחילת החימום למשך 20 דקות? הסבירו את הבחירה ומדוע פסלתם כל אחד מן הגרפים האחרים.



התשובה:

סעיף א'

תת-סעיף i

המערכת היא תגובת השריפה של מתאן. מערכת התחלתית מכילה את הגזים מתאן וחמצן, המערכת הסופית מכילה הגזים פחמן דו-חמצני ואדי מים.

תת-סעיף ii

המערכת סגורה. התגובה התרחשה בכלי סגור. במערכת סגורה אין מעבר של חומרים בין המערכת לסביבה, אך יש מעבר אנרגייה.

תת-סעיף iii

הסביבה היא המים שבמכל המבודד. הסביבה מוגדרת כי המכל מבודד.

תת-סעיף iv

במקרה הנתון אנרגייה עוברת מהמערכת אל הסביבה, מכיוון שהתגובה היא אקסותרמית. בתגובה אקסותרמית אנרגייה נפלטת מהמערכת אל הסביבה.

סעיף ב'

קביעה: גרף I.

הסבר:

גרף I מתאר נכון את השתנות טמפרטורת המים מתחילת החימום למשך 20 דקות. התגובה הנתונה היא אקסותרמית, לכן אנרגייה עוברת מהמערכת אל הסביבה, כלומר אל המים במכל, וטמפרטורת המים עולה. לאחר 10 דקות התגובה נגמרה, לכן האנרגייה כבר לא עוברת מהמערכת אל הסביבה, וטמפרטורת המים הפסיקה לעלות. לאחר מכן טמפרטורת המים נשארת קבועה מכיוון שהמים נתונים בכלי מבודד, ולכן אנרגייה לא עוברת מהמים החמים אל הסביבה הרחוקה יותר.

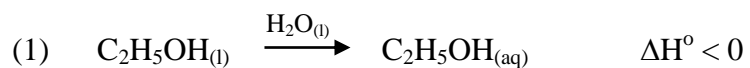
גרף II אינו נכון, כי על פי גרף זה לאחר 10 דקות טמפרטורת המים יורדת. גרף זה מתאים למקרה שבו המים היו נתונים בכלי לא מבודד, ואנרגייה הייתה נפלטת אל הסביבה החיצונית.

גרף III אינו נכון משתי סיבות: ראשית טמפרטורת המים, על פי גרף זה, יורדת - דבר שלא מתאים לכך שהתגובה אקסותרמית; ושנית שטמפרטורת המים משתנה לאחר 10 דקות - דבר שאינו מתאים לכך שהכלי מבודד.

גרף IV אינו נכון, כי על פי גרף זה טמפרטורת המים יורדת - דבר שאינו מתאים לכך שהתגובה היא אקסותרמית.

תת-סעיף ii (הציון 66)

קבע איזו מן התגובות (1) או (2) היא התגובה הגורמת לתחושת התחממות לנתחנות בידים. נמק את קביעתך.



התשובה

קביעה: ניסוח תגובה (1).

נימוק: מתאר ניסוח תגובה אקסותרמית (שבה נפלטת אנרגייה לסביבה).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקשר בין המידע הנתון - מחיי יום יום לבין התאמת סוג התגובה, אנדותרמית או אקסותרמית, לסימן של ΔH° . הטעויות האופייניות:

- ♦ אי התאמה בין הקביעה הנכונה בתת-סעיף א i לבין הבחירה הנכונה בתת-סעיף זה.
- "תגובה (2) מכיוון שאתאנול הופך לגז והאנרגיה נפלטת בצורת גז."
- ♦ בחירה נכונה המלווה בחזרה על הקביעה בתת-סעיף א i במקום נימוק:
- "אתאנול עובר תהליך אקסותרמי."

המלצות

מומלץ לחזור על ההגדרות של תגובה אקסותרמית ותגובה אנדותרמית ומה הקשר בין שינויי האנתלפייה במערכת לבין שינויי הטמפרטורה בסביבה.

תת-סעיף iii (הציון 65)

מהו השינוי שעובר האתאנול על פי התגובה שבחרת בתת-סעיף ii: אידוי, המסה במים, עיבוי או פירוק?

התשובה

האתאנול עבר המסה במים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשה לקבוע את סוג התגובה, למרות השאלה הפשוטה. הטעויות האופייניות:

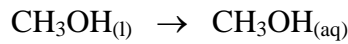
- ♦ אי התאמה בין הקביעה בתת-סעיף ה ii לבין הבחירה בתת-סעיף ה iii.
- ♦ בלבול בין סוגי התגובות השונים. כנראה יש תלמידים שלא זוכרים כיצד מכנים את התגובות השונות.

המלצות

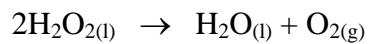
אפשר לדון עם התלמידים על אפשרות שחלק מהמתאנול עובר אידוי, אך הנתון על התחממות הידיים מלמד שתהליך ההמסה היה יותר דומיננטי. בכל שלב שבו מתרגלים תגובות מומלץ להתייחס לסוג התגובה המתרחשת.

דוגמאות לתגובות שונות:





המסה במים :

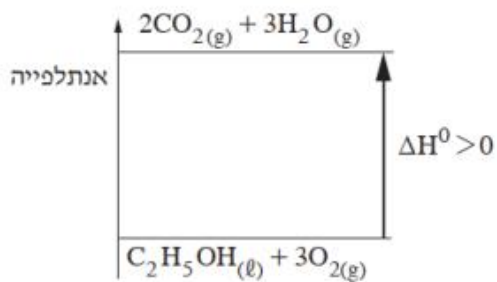


פירוק :

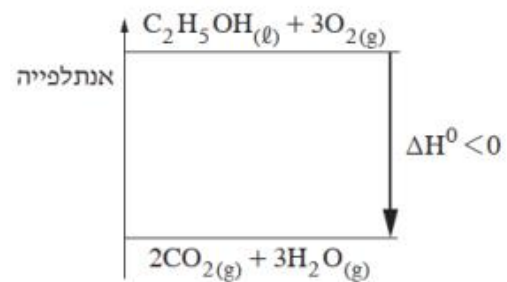
סעיף ו' בחירה (הציון 80)

יש להימנע משימוש באלכוג'ל ליד מקור אש שכן החומר דליק ועלול לגרום לשרפה. נתונות ארבע דיאגרמות של שינוי האנתלפייה.

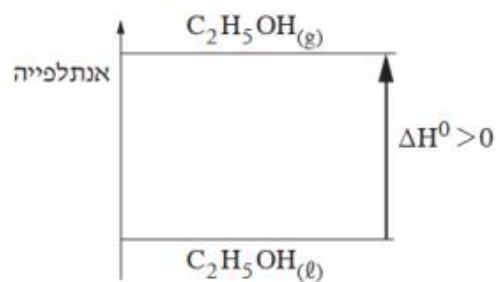
מהי הדיאגרמה שמתארת בצורה הנכונה את שינוי האנתלפייה בתגובת השרפה של אתאנול? נמק את בחירתך, והסבר מדוע פסלת כל אחת מן הדיאגרמות האחרות.



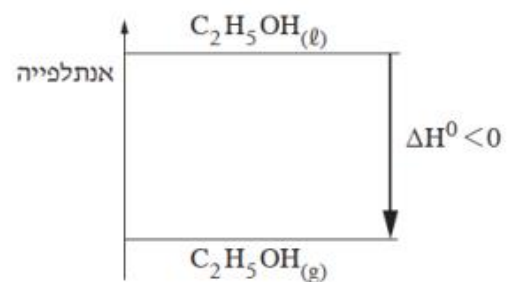
דיאגרמה 2



דיאגרמה 1



דיאגרמה 4



דיאגרמה 3

התשובה

קביעה: דיאגרמה 1

נימוק:

דיאגרמת אנרגייה 1 - מייצגת תגובת שרפה על פי המגיבים והתוצרים שהיא אקסותרמית בהתאם לנתון, הגורמת לפליטת אנרגייה לסביבה.

דיאגרמת אנרגייה 2 - מייצגת תגובה אנדותרמית שאינה מתאימה לנתון שהאלכוג'ל הוא חומר דליק הגורם לשרפה, כלומר שנפלטת אנרגייה במהלך שרפתו.

דיאגרמת אנרגייה 3 - מייצגת תגובה אקסותרמית (שגויה) של תהליך איזודי. (תהליך איזודי הוא אנדותרמי) (או: התגובה המתוארת אינה תגובת שרפה).

דיאגרמת אנרגייה 4 - מייצגת תהליך (איזודי של האתאנול) שהוא אנדותרמי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את הדיאגרמה שמתארת שינוי האנתלפייה בתגובת השרפה של אתאנול - דיאגרמה 1. יחד עם זאת חלק מהתלמידים התקשו להסביר את הבחירה הנכונה ומדוע פסלו כל אחת מן הדיאגרמות האחרות.
- הטעויות האופייניות:
- ◆ קביעה נכונה ללא הסבר.
 - ◆ קביעה נכונה המלווה בהסבר רק על דרך שלילה - מדוע הדיאגרמות האחרות נפסלו, בלי להסביר מדוע הדיאגרמה הראשונה היא הנכונה. יש כאן חוסר התייחסות לנוסח השאלה.
 - ◆ קביעה נכונה המלווה בהסבר חלקי - רק מדוע הדיאגרמה הראשונה היא הנכונה, ללא הסבר מדוע נפסלו הדיאגרמות האחרות.
 - "דיאגרמה 1 כי תהליך שרפה הוא תהליך אקסותרמי."
 - ◆ קביעה שגויה המלווה בנימוק שגוי:
 - "דיאגרמה 2. אתאנול חומר נוזלי. בתגובת שריפה מגיב עם חמצן מתקבלים גזים, ולכן האנתלפייה של התוצרים גדולה מהאנתלפייה של המגיבים."
 - "דיאגרמה 2 כי בתגובת שריפה $\Delta H^0 > 0$."

המלצות

- מומלץ להרגיל את התלמידים לענות על כל מה שנשאל בשאלה ולכתוב הסברים מלאים. מומלץ לתרגל עם התלמידים מעבר בין צורות ייצוג שונות לשינוי האנתלפייה של תגובה. הנושא מופיע בספר הלימוד "אנרגייה בקצב הכימיה" מהדורה שנייה מאת עדינה שינפלד, ד"ר צביה קברמן וירדן קדמי, עמוד 40.
- מומלץ לצפות בשיעורים המוקלטים בנושא אנרגייה הקיימים במאגר ההקלטות של מערכת השידורים הלאומית.
- בייחוד שיעור בנושא "[אנרגייה - שינוי אנתלפייה במהלך התרחשות תגובות כימיות](#)" שבו יש התייחסות לנושא של שרטוט גרפים בהתאם לניסוחי תגובות.
- ניתן גם לתרגל שאלות נוספות מבחינות בגרות קודמות ולהיעזר בפתרונות שרוכזו בחוברת: סיכום [ניתוח השאלות בנושא "אנרגייה"](#) בבחינות הבגרות בכימיה 1998-2016: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70.
- מומלץ לבצע עם התלמידים את הפעילות: [תשבץ בנושא אנרגייה](#) עם פתרון המתייחס להגדרות רלוונטיות לנושא.
- ראו את הקישורים לחומרים מס' (24), (32), (42) בטבלה בעמ' 5-7.

המלצות כלליות לשאלה 13

בהוראת נושא "מבנה וקישור" מומלץ להיעזר בחוברת: סיכום [ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה.

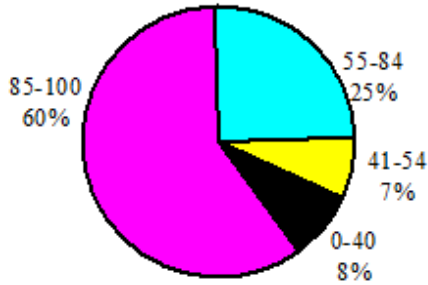
החוברת הוכנה על בסיס ניתוחי התוצאות של בחינות בגרות תשנ"ח-תשע"ו וכוללת:

- סיכום טעויות המשגה אופייניות של תלמידים, שאותרו במהלך הערכה רב-שנתית של בחינות הבגרות, והסבר למקורות הטעויות.
 - המלצות לדרכי הוראה ולפעילויות המתאימות לנושא, המסייעות להתגבר על טעויות המשגה ולמנוע אותן.
 - מאגר שאלות בנושא "מבנה וקישור", שעברו עיבוד והתאמה לתוכנית הלימודים בהיקף 70% ותשובות לשאלות אלה.
- הסיכום כולל גם נושא "מבנה האטום", שהוא שלב מקדים להוראת הנושא "מבנה וקישור".
ראו את הקישור לחומר מס' (24) בטבלה בעמ' 5-7.

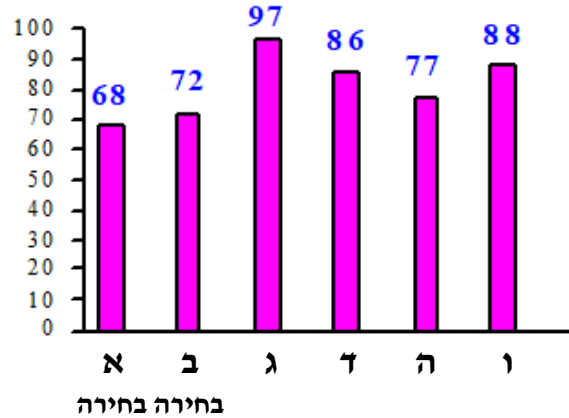
ניתוח שאלה 14

חומרים יוניים, חישובים

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 61% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להבדיל בין רמה מיקרוסקופית לרמה מאקרוסקופית.
- להסביר ברמה מיקרוסקופית את התכונות של תרכובות יוניות, ולקשר תכונות אלה לטמפרטורה הגבוהה של תרכובות אלה.
- לקשר בין טמפרטורת ההיתוך הגבוהה של חומר יוני לבין מצב הצבירה שלו בטמפרטורת החדר.
- להסביר ברמה מיקרוסקופית מדוע חומר יוני במצב מוצק לא מוליך חשמל ומוליך חשמל במצב נוזל.
- לנסח את תהליך ההמסה במים של חומר יוני (קל תמס).
- לבצע חישובים סטויכיומטריים:
- חישוב מספר המולים של החומר הנתון במדגם על פי מסת המדגם והמסה המולרית של החומר.
- חישוב מספר המולים של כל אחד מן סוגי היונים הממוימים על פי יחס המולים בניסוח תהליך ההמסה.
- חישוב מספר המולים הכולל של היונים בתמיסה.
- חישוב מספר המולים של יונים ממוימים על פי ריכוז התמיסה ונפח התמיסה.
- חישוב מסת החומר המומס על פי המסה המולרית של החומר ומספר המולים שלו בתמיסה הנתונה.
- לרשום נוסחה אמפירית של חומר יוני.
- לנסח ולאזן את התגובה כאשר נתונים המגיבים והתוצרים.
- להבחין בין נוסחת החומר לבין נוסחאות היונים שמהם החומר מורכב.
- לנסח את תהליך ההיתוך של חומר יוני.
- להתאים יחידות מידה ולבצע מעבר נכון בין יחידות.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בחומרים יוניים ובתכונותיהם.

סעיף א' בחירה (הציון 68)

כל החומרים היוניים הם מוצקים בטמפרטורת החדר. הסבר קביעה זו ברמה מיקרוסקופית.

התשובה

חומרים יוניים בנויים מסריג יוני המורכב מיונים חיוביים (קטיונים) ומיונים שליליים (אניונים). בין היונים בעלי המטענים המנוגדים קיימים קשרים יוניים (משיכה חשמלית חזקה). דרושה אנרגייה רבה על מנת להחליש את הקשרים בין היונים. טמפרטורת ההיתוך של החומרים היוניים גבוהה מטמפרטורת החדר. לכן בטמפרטורת החדר חומרים אלו הם מוצקים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים להסביר את התכונות של תרכובות יוניות ברמה מיקרוסקופית ולקשר ביניהן לבין טמפרטורת ההיתוך הגבוהה. כמו כן הם מתקשים לקשר בין טמפרטורת ההיתוך הגבוהה של חומרים יוניים לבין מצב צבירה מוצק שלהם בטמפרטורת החדר. הטעויות האופייניות:

- ◆ חוסר הבחנה בין חומרים יוניים לבין מתכות ולבין חומרים מולקולריים :
 - "בחומר יוני יש קשר יוני בין המולקולות."
 - "חומר יוני מורכב מחומר מתכתי וחומר מולקולרי."
- ◆ חוסר הבחנה בין סוגי החלקיקים ובין הכוחות הפועלים ביניהם :
 - "בין היונים יש כוחות משיכה ון-דר-ולס."
 - "בחומר יוני יש משיכה חזקה בין האטומים."
- ◆ חוסר התייחסות לכך שטמפרטורת ההיתוך של חומרים יוניים גבוהה מטמפרטורת החדר.
- ◆ חוסר הבחנה בין רמה מיקרוסקופית לרמה מאקרוסקופית :
 - "חומר יוני הוא מוצק חזק."

המלצות

מומלץ בכל ניסוי ובכל תרגיל, שבו מוזכר חומר כלשהו, לבקש מהתלמידים לתאר אותו ברמה מאקרוסקופית, ברמה מיקרוסקופית וברמת הסמל - על פי ההנחיות בנספח לסילבוס : [דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות \(מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל\)](#). כמו כן, מומלץ לעבור עם התלמידים על המצגת : [דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות](#), ולאחר מכן לנתח עם התלמידים דוגמאות נוספות. מומלץ להרגיל את התלמידים לכלול בהסבר את כל המרכיבים של המבנה המיקרוסקופי של החומר : סוג החלקיקים, סוג הקשרים בין החלקיקים, סוג הסריג וסידור החלקיקים, אופני תנועה של החלקיקים.

ראו את הקישורים לחומרים מס' (2), (33) בטבלה בעמ' 5-7 .

שאלה לתרגול:

אשלגן כלורי, $KCl_{(s)}$, הוא חומר יוני והוא מוצק בטמפרטורת החדר.

- א. הסבירו עובדה זו ברמה מיקרוסקופית.
- ב. תארו את אשלגן כלורי ברמה מאקרוסקופית.
- ג. תארו את אשלגן כלורי ברמת הסמל.

התשובה:

סעיף א'

אשלגן כלורי, $KCl_{(s)}$, בנוי מסריג יוני המורכב מיונים חיוביים (קטיונים) K^+ ויונים שליליים (אניונים) Cl^- . בין היונים החיוביים והשליליים קיימים קשרים יוניים משיכה חשמלית חזקה). דרושה אנרגייה רבה על מנת להחליש את הקשרים בין היונים. טמפרטורת ההיתוך של אשלגן כלורי גבוהה מטמפרטורת החדר. לכן אשלגן כלורי, $KCl_{(s)}$, הוא מוצק בטמפרטורת החדר.

סעיף ב'

תיאור ברמה מאקרוסקופית:

$KCl_{(s)}$ הוא מוצק לבן, בצורת גבישים גדולים או בצורת אבקה.



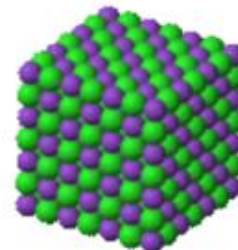
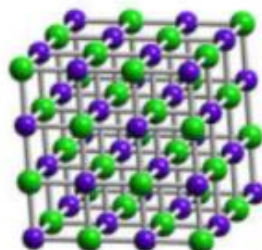
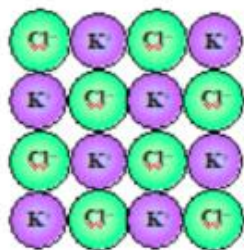
אבקת $KCl_{(s)}$



גבישי $KCl_{(s)}$

סעיף ג'

תיאור ברמת הסמל: $KCl_{(s)}$



סעיף ב' בחירה (הציון 72)

חומר יוני אינו מוליד חשמל בטמפרטורת החדר. הסבר קביעה זו ברמה מיקרוסקופית.

התשובה

בחומר יוני מוצק היונים (החיובים והשליליים) שמצויים בסריג אינם ניידים בגלל כוחות המשיכה החזקים ביניהם (קשרים יוניים). לכן לא מתאפשרת הולכה של מטענים. בגלל שהיונים לא ניידים אין הולכה חשמלית במצב צבירה מוצק.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו להסביר מדוע חומר יוני לא מוליד חשמל במצב מוצק. הטעויות האופייניות:

- ♦ הסברים שגויים או לא מתאימים, הנובעים מחוסר הבנה של מבנה הסריג היוני:
- "היונים כל כך צמודים שהחשמל לא יכול לעבור ביניהם."
- "לא מוליד חשמל בטמפרטורת החדר מכיוון שהוא מוצק ותנועת החלקיקים היא רוטציה צפופה."
- "לא מוליד חשמל בטמפרטורת החדר כי אין אלקטרונים ניידים."

- ♦ חוסר הבחנה בין רמה מיקרוסקופית לרמה מאקרוסקופית:
- "מכיוון שהוא מוצק והוא צריך להיות מומס כדי שיוליך חשמל."
- לא מוליך חשמל כי הוא מוצק."

המלצות

מומלץ להראות לתלמידים סרטונים וסימולציות בנושא ההולכה החשמלית בחומרים יוניים. מומלץ לתרגל שאלות מסוג זה ולבקש מהתלמידים לכתוב הסבר מפורט. מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "[הולכת חשמל במוצקים](#)", הכוללת, בין השאר, ערכה למורה.

מומלץ להעביר את הפעילויות הדיאגנוסטיות: פעילות "[הולכת חשמל בחומר יוני](#)" ופעילות "[המסת חומר יוני](#)".

מומלץ לתת לתלמידים שאלות שבהן יש להסביר הולכה חשמלית בחומרים שונים כולל חומרים יוניים במצב נוזל ובתמיסות כמו כן מומלץ לבקש מהתלמידים להסביר שינוי בהולכה חשמלית במהלך התגובה. מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה 13 בבחינת הברורות תשע"ח, תת-סעיף א' i. **ראו את הקישורים לחומרים מס' (13), (29), (30) בטבלה בעמ' 5-7.**

שאלה לתרגול

- א. האם אשלגן כלורי, $KCl_{(s)}$, מוליך חשמל בטמפרטורת החדר? הסבירו ברמה מיקרוסקופית.
- ב. תלמידים התיכו $KCl_{(s)}$ במעבדה. האם אשלגן כלורי, $KCl_{(s)}$, מותך מוליך חשמל? הסבירו ברמה מיקרוסקופית.

התשובה:

סעיף א'

קביעה:

$KCl_{(s)}$ אינו מוליך חשמל בטמפרטורת החדר. זהו חומר יוני שהוא מוצק בטמפרטורת החדר.

הסבר:

בחומר יוני מוצק היוניים (החיובים והשליליים) שמצויים בסריג אינם ניידים בגלל כוחות המשיכה החזקים ביניהם - קשרים יוניים. לכן לא מתאפשרת הולכה של מטענים. בגלל שהיוניים לא ניידים אין הולכה חשמלית במצב צבירה מוצק.

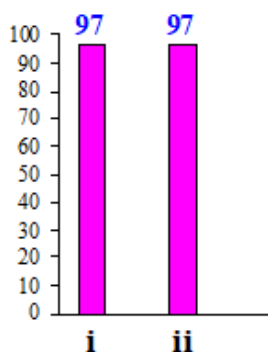
סעיף ב'

קביעה: $KCl_{(s)}$ מותך מוליך חשמל.

הסבר: במהלך ההיתוך חלק מכוחות המשיכה (מהקשרים היוניים) נחלשים ומתפרקים. כתוצאה מכך היוניים (החיוביים והשליליים) הופכים להיות ניידים. בגלל שהיוניים ניידים יש הולכה חשמלית (בעת חיסור למעגל חשמלי שבו יש סוללה) בחומר יוני במצב נוזל.

סעיף ג' (הציון 97)

- לפניך ארבעה ניסוחים (1) - (4).
- (1) $K^+_{(l)} + I^-_{(l)} \xrightarrow{\Delta} KI_{(s)}$
- (2) $KI_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$
- (3) $KI_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$
- (4) $KI_{(s)} \xrightarrow{\Delta} K^+_{(l)} + I^-_{(l)}$



תת-סעיף i (הציון 97)

קבע איזה מן הניסוחים (1) - (4) מסמל תהליך היתוך של אשלגן יודי, $KI_{(s)}$.

התשובה

ניסוח 4.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט כל התלמידים בחרו בניסוח (4). הם ידעו להבדיל בין תהליך ההיתוך של אשלגן יודי לבין ניסוח תהליך ההמסה במים של החומר הזה, וגם לבחור בניסוח הנכון של תהליך ההיתוך. כמעט ולא אותרו טעויות.

תת-סעיף ii (הציון 97)

קבע איזה מן הניסוחים (1) - (4) מסמל תהליך המסה במים של אשלגן יודי, $KI_{(s)}$.

התשובה

ניסוח 2.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. כמעט כל התלמידים בחרו בניסוח (2). הם ידעו להבדיל בין תהליך ההיתוך של אשלגן יודי לבין ניסוח תהליך ההמסה במים של החומר הזה, וגם לבחור בניסוח הנכון של תהליך ההמסה במים. כמעט ולא אותרו טעויות.

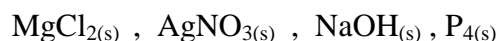
המלצות לסעיף ג'

מומלץ לבקש מהתלמידים לכתוב את הניסוחים של תהליכי היתוך והמסה במים של חומרים יוניים נוספים ולהסביר את ההבדלים ביניהם.
מומלץ לתרגל עם התלמידים גם ניסוחים של תהליכי היתוך עבור חומרים מסוגים נוספים: חומרים מולקולריים ומתכות, וניסוחים של תהליכי ההמסה במים של חומרים מולקולריים הנמסים במים או המגיבים עם המים.

שאלות לתרגול:

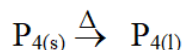
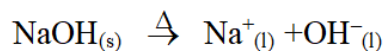
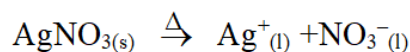
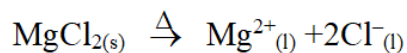
שאלה 1

נסחו את תהליך ההיתוך של כל אחד מהחומרים הבאים:



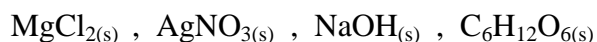
התשובה:

(סימן Δ מסמל תהליך החתוך)

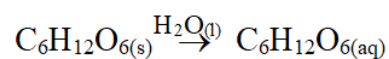
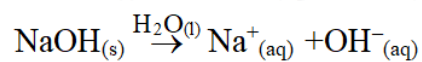
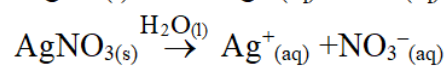
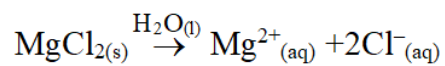


שאלה 2

נסחו את תהליך ההמסה במים של החומרים הבאים:



התשובה:



סעיף ד' (הציון 86)

המיסו 16.6 גרם $KI_{(s)}$ במים והתקבלה תמיסה בנפח 1 ליטר.
מהו מספר המולים הכולל של היונים בתמיסה. פרט את חישוביך.

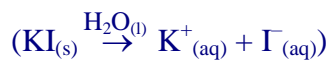
התשובה

$$166 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $KI_{(s)}$:

$$\frac{16.6 \text{ gr}}{166 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.1 \text{ mol}$$

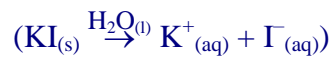
מספר המולים של $KI_{(s)}$ שהומסו :



יחס המולים בין המגיב לתוצרים : 1:1:1

בהמסת 0.1 מול $KI_{(s)}$ במים, נקבל 0.1 מול יוני $K^+_{(aq)}$ ו-0.1 מול יוני $I^-_{(aq)}$.
סה"כ נקבל 0.2 מול יונים בתמיסה.

או פתרון בצורת טבלה :



גדלים	יחידות	$K^+_{(aq)}$	$I^-_{(aq)}$	$KI_{(s)}$
יחס מולים		1	1	1
מסה נתונה/נדרשת	gr			16.6
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$			166
מספר מולים	mol	0.1	0.1	0.1
מספר מולים כולל של יונים (תוצרים)	mol	0.2		

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים : חישוב מספר המולים במדגם החומר הנתון על פי מסת המדגם והמסה המולרית של החומר, ניסחו את תהליך ההמסה

במים של חומר יוני, חישובו על פי יחס המולים בניסוח התגובה את מספר המולים של כל אחד מן היונים הממוימים ואת מספר המולים הכולל של היונים בתמיסה.

הטעויות האופייניות שאותרו הן:

♦ חישוב שגוי של מספר המולים של כל סוג היונים בנפרד, על פי המסות המולריות של היונים:

$$\bullet \quad \frac{16.6 \text{ gr}}{39 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.43 \text{ mol} \quad \frac{16.6 \text{ gr}}{127 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.13 \text{ mol}$$

♦ חישוב שגוי של מספר המולים הכולל של היונים בתמיסה: חיבור מספר המולים של היונים עם מספר המולים של החומר:

$$\bullet \quad 0.1 \text{ mol} + 0.1 \text{ mol} + 0.1 \text{ mol} = 0.3 \text{ mol}$$

♦ חישוב נכון של מספר המולים של היונים, אך בהמשך חישוב של מספר היונים על ידי הכפלה במספר אבוגדרו.

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים חישובים שונים בתמיסות, ולחדד את ההבדל בין מספר המולים של החומר המומס לבין מספר המולים של כל אחד מן היונים בתמיסה.

מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "[משימה דורשת ריכוז](#)". הערכה כוללת, בין השאר, ערכה למורה.

מומלץ להיעזר בחוברת: [תרגול ושאלות בנושא "סטויכיומטריה"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 70-30.

ראו את הקישורים לחומרים מס' (14), (20) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

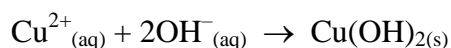
התלמידים המיסו 26.9 גרם נחושת כלורית, $\text{CuCl}_{2(s)}$, במים והתקבלה תמיסה בנפח 2 ליטר.

א. מהו הריכוז של נחושת כלורית בתמיסה שהתקבלה? פרטו את החישובים.

ב. מהו מספר המולים הכולל של היונים בתמיסה? פרטו את החישובים.

לתמיסה של נחושת כלורית הוסיפו התלמידים 2 ליטר תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$.

התרחשה התגובה:



המגיבים הגיבו בשלמות.

ג. מהו הריכוז של תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$ שהוספה? פרטו את החישובים.

ד. מהי המסה של $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$ שהתקבלה בתגובה? פרטו את החישובים.

התשובה:

סעיף א'

$$134.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{CuCl}_{2(s)}$:

$$\frac{26.9 \text{ gr}}{134.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.2 \text{ mol}$$

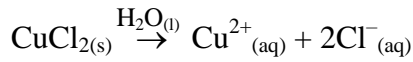
מספר המולים של $\text{CuCl}_{2(s)}$ שהומס במים :

ב- 2 ליטר תמיסה יש 0.2 מול CuCl_2 , לכן הריכוז של נחושת כלורית בתמיסה :

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

סעיף ב'

ניסוח תהליך ההמסה :



על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין יוני $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$ ליוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ ול- $\text{CuCl}_{2(s)}$ הוא 1:1:2 .

לכן בהמסת 0.2 מול $\text{CuCl}_{2(s)}$ במים, מתקבלים 0.2 מול יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ ו-0.4 מול יוני $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$.

מספר המולים הכולל של היונים בתמיסה : $0.2 \text{ mol} + 0.4 \text{ mol} = 0.6 \text{ mol}$

סעיף ג'

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$ ליוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ הוא 1:2 .

לכן 0.2 מול יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ הגיבו עם 0.4 מול יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$.

מספר המולים של יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$ בתמיסה שווה למספר המולים של $\text{NaOH}_{(aq)}$ והוא 0.4 מול.

$$\frac{0.4 \text{ mol}}{2 \text{ liter}} = 0.2 \text{ M}$$

לכן הריכוז של תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$:

סעיף ד'

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$ ליוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$ וליוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ הוא 1:2:1 .

לכן 0.2 מול יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ הגיבו עם 0.4 מול יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$ והתקבלו 0.2 מול $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$.

$$97.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

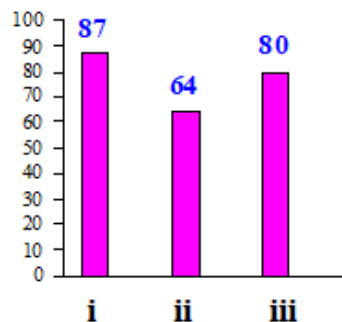
המסה המולרית של $\text{Cu}(\text{OH})_{(s)}$:

$$97.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.2 = 19.5 \text{ gr}$$

המסה של $\text{Cu}(\text{OH})_{(s)}$ שהתקבלה בתגובה :

סעיף ה' (הציון 77)

אלומיניום גופרי הוא מוצק שמשמש בתעשייה הכימית ליצירת מימן גופרי, $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$.



תת-סעיף i (הציון 87)

רשום את הנוסחה האמפירית של אלומיניום גופרי.

התשובה

נוסחה אמפירית: Al_2S_3

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו את מטעני היונים ורשמו נוסחה אמפירית נכונה של אלומיניום גופרי. הטעויות האופייניות שאותרו:

- ♦ רישום יונים במקום נוסחה אמפירית של התרכובת:
- $\text{Al}^{3+} \text{S}^{2-}$
- $2\text{Al}^{3+} \text{3S}^{2-}$
- ♦ רישום נוסחה אמפירית שגויה בגלל קביעה שגויה של מטעני היונים:
- AlS
- ♦ סדר שגוי של היונים בנוסחה:
- S_3Al_2

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים כתיבת נוסחאות אמפיריות של חומרים יוניים, המכילים יונים פשוטים ויונים מורכבים. מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות שבהן יש לרשום נוסחאות של חומרים מסוגים שונים, כולל נוסחאות של חומרים יוניים. לדוגמה, שאלות מבחינות הבגרות: שאלה 1א' תשע"ז 2017, שאלון 037381; שאלה 1א' תשע"ב 2012, שאלון 037303. בחוברות של ניתוח בגרות יש נימוקים לתשובות לשאלות סגורות והמלצות.

שאלה לתרגול:

השלימו את הטבלה הנתונה: רשמו נוסחה אמפירית של כל אחד מן החומרים היוניים.

Al^{3+}	Cu^{2+}	NH_4^+	
	CuBr_2		Br^-
			SO_4^{2-}
			PO_4^{3-}
			$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

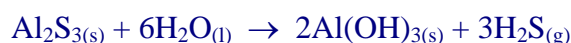
התשובה:

Al^{3+}	Cu^{2+}	NH_4^+	
AlBr_3	CuBr_2	NH_4Br	Br^-
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	CuSO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	SO_4^{2-}
AlPO_4	$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	PO_4^{3-}
$\text{Al}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_3$	CuCr_2O_7	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

תת-סעיף ii (הציון 64)

אלומיניום גופרי מגיב עם מים ויוצר אלומיניום הידרוקסיד, $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$, ומימן גופרי, $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$.
נסח ואזן את התגובה.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לנסח את התגובה המבוקשת (למרות שהמגיבים והתוצרים היו נתונים) ולאזן אותה. הטעויות האופייניות:

- ♦ איזון שגוי של ניסוח התגובה.
- $\text{Al}_2\text{S}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$
- $\text{Al}_2\text{S}_3(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{S}(\text{g})$
- רישום ניסוח התגובה עם מקדמים כפולים:
- $2\text{Al}_2\text{S}_3(\text{s}) + 12\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + 6\text{H}_2\text{S}(\text{g})$
- ♦ רישום מים על החץ:
- $\text{Al}_2\text{S}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$
- ♦ חישוב של גודל ענן אלקטרונים במקום מסה מולרית.
- ♦ הכנסת המקדם המופיע בניסוח המאוזן של התגובה לחישוב מסה מולרית.
- ♦ אי ציון מצבי צבירה.
- ♦ אי רישום של אחד מן החומרים.

המלצות

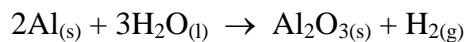
מומלץ לחדד את ההבדל בין חישוב מסה מולרית לחישוב של גודל ענן אלקטרוני של מולקולה. מומלץ לתרגל עם התלמידים כתיבת ניסוח התגובה על פי תיאור המגיבים והתוצרים, ואיזון תגובה זו. מומלץ לתת לתלמידים לכתוב תגובה מתוך טקסט ולאזן אותה. אפשר להיעזר בסימולציות: [איזון תגובות](#), [משחק איזון תגובות](#). ראו את הקישורים לחומרים מס' (54), (55) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

- א. בתנאים מתאימים אלומיניום, $\text{Al}_{(s)}$, מגיב עם מים, $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$, ונוצרים תחמוצת האלומיניום, $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$, וגז מימן, $\text{H}_{2(g)}$. נסחו ואזנו את התגובה.
- ב. תמיסה מימית של אלומיניום גופרתי, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(aq)}$, מגיבה עם תמיסה מימית של אשלגן זרחתי, $\text{K}_3\text{PO}_{4(aq)}$, בתגובת שיקוע שבה נוצר משקע של אלומיניום זרחתי ותמיסה של אשלגן גופרתי.
- רשמו ואזנו ניסוח נטו של תגובת השיקוע.
 - רשמו נוסחאות של היונים המשקיפים שנשארים בתמיסה בתום התגובה.

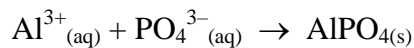
התשובה:

סעיף א'

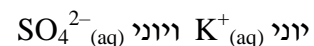


סעיף ב'

תת-סעיף i.



תת-סעיף ii.



תת-סעיף iii (הציון 80)

מהי המסה של אלומיניום הידרוקסידי, $\text{Al}(\text{OH})_{3(s)}$, שנוצר כאשר 30 ק"ג אלומיניום גופרי מגיבים עם מים? **פרט את חישוביך.**
נתון: 1 ק"ג = 1000 גרם.

התשובה

$$150 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של אלומיניום גופרי, $\text{Al}_2\text{S}_3(s)$:

$$\frac{30,000 \text{ gr}}{150 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 200 \text{ mol}$$

מספר המולים של אלומיניום גופרי:

יחס המולים בין $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$ ל- $\text{Al}_2\text{S}_3(\text{s})$ הוא 1:2 .

מספר המולים של אלומיניום הידרוקסידי, $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$, הוא 400 מול.

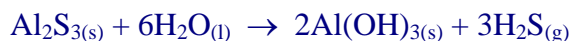
המסה המולרית של אלומיניום הידרוקסידי:

$$78 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$400 \text{ mol} \times 78 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 31,200 \text{ gr} (= 31.2 \text{ kg})$$

המסה של אלומיניום הידרוקסידי:

או פתרון בצורת טבלה:



$\text{Al}_2\text{S}_3(\text{s})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$	$\text{H}_2\text{S}(\text{g})$	יחידות	גדלים
1	6	2	3		יחס מולים
30000		31200		gr	מסה נתונה/נדרשת
150		78		$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
200		400		mol	מספר מולים

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים: חישוב מספר המולים במדגם החומר הנתון על פי מסת המדגם והמסה המולרית של החומר, קביעת מספר המולים של התוצר על פי יחס המולים בניסוח התגובה וחישוב מסת התוצר על פי מספר המולים שלו שנוצרו בתגובה והמסה המולרית שלו. הטעויות האופייניות:

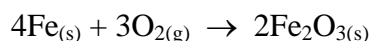
- ♦ אי התאמת יחידות בחישוב מספר המולים של אלומיניום גופרי - מקילוגרם לגרם: חלוקה ל-1000 במקום הכפלה ב-1000.
- ♦ טעויות בחישוב מסה מולרית - הכפלה במקדם של חומר בניסוח תגובה מאוזן.
- ♦ דילוג על השלב של יחס המולים בניסוח התגובה והמשך החישוב על פי היחס 1:1.

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שימוש במסות ביחידות שונות, למשל קילוגרם, מיליגרם וטון והמרת היחידות לגרמים. מומלץ להדגיש את המשמעות של מסה מולרית ולתרגל עם התלמידים חישוב מסה מולרית כאשר בתגובה יש מקדמים שונים.

שאלה לתרגול:

נתונה התגובה:



א. חשבו את המסה של ברזל, $\text{Fe}(\text{s})$, הדרושה לייצור 80 ק"ג תחמוצת ברזל, $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$.

פרטו את החישובים.

ב. מהו הנפח של חמצן, $O_2(g)$, הדרוש לתגובה זו בתנאי החדר? פרטו את החישובים.

התשובה:

סעיף א'

$$160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $Fe_2O_3(s)$:

$$\frac{80,000 \text{ gr}}{160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 500 \text{ mol}$$

מספר המולים של אלומיניום גופרי:

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $Fe_2O_3(s)$ ל- $Fe(s)$ הוא 2:1.

לכן מספר המולים של $Fe(s)$ הוא 1000 מול.

$$56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $Fe(s)$:

$$1000 \text{ mol} \times 56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 56,000 \text{ gr} (= 56 \text{ kg})$$

המסה של אלומיניום הידרוקסידי:

סעיף ב'

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $O_2(s)$ ל- $Fe(s)$ הוא 4:3.

לכן מספר המולים של $Fe(s)$ הוא 750 מול.

הנפח המולרי של גז בתנאי החדר הוא 25 ליטר.

$$750 \text{ mol} \times 25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 18,750 \text{ liter}$$

הנפח של $O_2(g)$ הדרוש לתגובה:

או:

$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$			יחידות	גדלים
4	3	2		יחס המולים בניסוח התגובה
56,000		80,000	gr	מסה נתונה/גדרשת
56		150	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
1000	750	500	mol	מספר מולים
	25		$\frac{\text{liter}}{\text{mol}}$	נפח מולרי של גז
	18,750		liter	נפח הגז

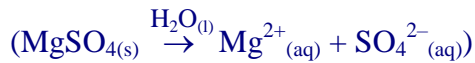
סעיף ו' (הציון 88)

מגנזיום גופרתי, $MgSO_4(s)$, המכונה "מלח אנגלי", משמש, בין השאר, מלח אמבט להרגעה. מילאו אמבט במים והמיסו במים מגנזיום גופרתי. נפח התמיסה באמבט היה 220 ליטר וריכוז

יוני המגנזיום, $Mg^{2+}_{(aq)}$, באמבט היה 0.022 M.

מהי מסת המגנזיום הגופרתי, $MgSO_4(s)$, שהומסה במים? פרט את חישוביך.

התשובה



$$0.022 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 220 \text{ liter} = 4.84 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של יוני } \text{Mg}^{2+}_{(aq)}:$$

היחס בין יוני $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$ למגנזיום גופרתי, $\text{MgSO}_{4(s)}$, הוא 1:1.

$$4.84 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של מגנזיום גופרתי, } \text{MgSO}_{4(s)}:$$

$$120 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \quad \text{המסה המולרית של } \text{MgSO}_{4(s)}:$$

$$4.84 \text{ mol} \times 120 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 580.8 \text{ gr} \quad \text{המסה של מגנזיום גופרתי}:$$

או פתרון בצורת טבלה:



גדלים	יחידות	$\text{MgSO}_{4(s)}$	$\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$	$\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$
יחס מולים		1	1	1
מסה נתונה/נדרשת	gr	580.8		
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	120		
מספר מולים	mol	4.84	4.84	
ריכוז	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$		0.022	
נפח	liter		220	

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים: חישוב מספר המולים של יונים ממוימים על פי ריכוז התמיסה ונפח התמיסה, וחישוב המסה של החומר המומס על פי המסה המולרית של החומר ומספר המולים שלו בתמיסה הנתונה. הטעויות האופייניות:

- ♦ דילוג על השלב של יחס המולים בין יוני $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$ למגנזיום גופרתי, $\text{MgSO}_{4(s)}$.
- ♦ שימוש בנתון שגוי של נפח התמיסה - 220 מ"ל במקום 220 ליטר.
- ♦ חישוב שגוי של מספר המולים של $\text{MgSO}_{4(s)}$ - חיבור מספרי המולים של יוני $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$ ויוני SO_4^{2-} .
- ♦ חישוב הריכוז המולרי של המוצק $\text{MgSO}_{4(s)}$.

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות המשלבות חישובים סטויכיומטריים מכל הסוגים. מומלץ להבהיר לתלמידים שיש להקפיד להבחין בין נוסחת החומר לבין נוסחאות היונים שמהם החומר מורכב.

מומלץ להיעזר בחוברת: [תרגול ושאלות בנושא "סטויכיומטריה"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 70-30, ובשאלות בנושא סטויכיומטריה בחוברות של [ניתוח בגרות](#) משנות תשע"ט-תש"ף.

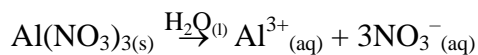
ראו את הקישורים למקורות מס' (20), (21) בטבלה בעמ' 5-7.

שאלה לתרגול:

התלמידים הכינו 250 מ"ל תמיסה מימית על ידי המסה של אלומיניום חנקתי, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$, במים. ריכוז יונים חנקתיים, $\text{NO}_3^-(\text{aq})$, בתמיסה היה 0.3 M. חשבו את המסה של $\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$ שהומס במים. פרטו את החישובים.

התשובה:

המסה במים של $\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$:



מספר המולים של יוני $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ בתמיסה שהוכנה:

$$0.3 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.25 \text{ liter} = 0.075 \text{ mol}$$

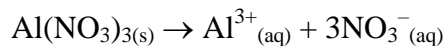
יחס המולים בין יוני NO_3^- לבין $\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$ הוא 1:3.

לכן אם מספר המולים של יוני NO_3^- הוא 0.075 מול, מספר המולים של $\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$ הוא 0.025 מול.

המסה המולרית של $\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$: $213 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

המסה של $\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$: $0.025 \text{ mol} \times 213 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 5.325 \text{ gr}$

או:



גדלים	יחידות	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{s})$	$\text{Al}^{3+}(\text{aq})$	$\text{NO}_3^-(\text{aq})$
יחס מולים		1	1	3
מסה נתונה/נדרשת	gr	5.325		
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	213		
מספר מולים	mol	0.025		0.075
ריכוז	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$			0.3
נפח	liter			0.25

קישורים לחומרים מומלצים נוספים שאינם קשורים לניתוח השאלות
מבחינת הבגרות, באתרים העוסקים בהוראת הכימיה

מס'	קישור	פירוט
אתר מפמ"ר כימיה, משרד החינוך		
(1)	תובנות בעקבות תהליך ההערכה	תובנות בעקבות תהליך ההערכה של בחינת הבגרות תשפ"א - המסמך נכתב על ידי צוות המעריכים הבכירים במרב"ד.
(2)	מאמרים מעובדים	משימות אוריינות
(3)	מיומנויות חשיבה	דוגמאות לפעילויות המעודדות ביטוי של מיומנויות חשיבה
(4)	צפיין	דוגמאות לבחינות עתירות מדיה בכימיה: ניתן לראות בצפיין הבחינות דוגמאות לבחינות מתוקשבות עתירות מדיה שהתקיימו בעבר.
קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע		
(5)	חדרי בריחה כימיים	שיעורי כימיה בסגנון חדרי בריחה. הנושאים: הטבלה המחזורית, חומצות ובסיסים, כימיה בסיסית, מקורות אנרגיה וגז טבעי.
(6)	משימות דיאגנוסטיות	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.
קבוצת הכימיה בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון		
(7)	בריחת המוחות - חדרי בריחה	שיעורי כימיה בסגנון חדרי בריחה: בריחת המוחות - חדרי בריחה. חדר בריחה מקורי המכניס את התלמידים לעולם הכימיה בדרך חווייתית.
(8)	הגורמים המשפיעים על בחירת קריירה בכימיה	הרצאה מאת ד"ר שירלי אברגיל בכנס מורי הכימיה: הגורמים המשפיעים על בחירת קריירה בכימיה מנקודת מבטם של סטודנטים לכימיה בשנה השלישית לתואר
המרכז הארצי למורי הכימיה		
(9)	ניתוח בחינות הבגרות שהתקיימו בשנים תשס"ט-תש"ף	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.
(10)	חוברות סיכום ניתוח שאלות מבחינות הבגרות לפי נושאים	נושאי החוברות: מבנה וקישור, חמצון-חיזור, סטויכיומטריה, חומצות ובסיסים, אנרגיה.
(11)	הרצאות בכנסים ארציים למורי הכימיה	הרצאות בנושאים שונים - מומלץ להיעזר בהרצאות של מומחים ומורים, שניתנו בכנסים ארציים למורי הכימיה.
(12)	פעילויות שפותחו בקהילות מורים	פעילויות בנושאים שונים בהוראת הכימיה שפותחו בקהילות מורי הכימיה.
(13)	הרצאות מתוקשבות	הרצאות מתוקשבות בכימיה ובתחומי מדע נוספים הניתנים על ידי מומחים בתחומים אלה.
(14)	פעילויות מתוקשבות בנושא מבנה וקישור	פעילויות מתוקשבות בנושא מבנה וקישור: מודלים ממוחשבים ולומדות.
(15)	על-כימיה	כתב העת למורי הכימיה, 37 גיליונות של כתב עת.
(17)	70 שנות כימיה	גיליון חגיגי לכבוד שנת ה-70 למדינה, גיליון מיוחד של "על-כימיה".