



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



ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלונים 37381 ו-37387 תש"ף

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

יעוץ מדעי ופדגוגי: **מכון ויצמן למדע: 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**

ינואר 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	◆
5	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הסגורות	◆
8	ניתוח התוצאות של שאלה 1	◆
10	ניתוח התוצאות של שאלה 2	◆
13	ניתוח התוצאות של שאלה 3	◆
16	ניתוח התוצאות של שאלה 4	◆
20	ניתוח התוצאות של שאלה 5	◆
24	ניתוח התוצאות של שאלה 6	◆
27	ניתוח התוצאות של שאלה 7	◆
29	ניתוח התוצאות של שאלה 8	◆
32	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות	◆
33	ניתוח התוצאות של שאלה 9	◆
49	הנחיות למענה על שאלות 10-14	◆
50	ניתוח התוצאות של שאלה 10	◆
67	ניתוח התוצאות של שאלה 11	◆
83	ניתוח התוצאות של שאלה 12	◆
102	ניתוח התוצאות של שאלה 13	◆
121	ניתוח התוצאות של שאלה 14	◆
137	המלצות כלליות	◆

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלונים 037381 ו-037387 תש"ף

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

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

בנוסף, חוברות ניתוח התוצאות של בחינות הבגרות מהשנים תשס"ט-תשע"ט נמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע.

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) ותוצאות המדגם של 250 דפי תשובות של תלמידים (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 250 מחברות (ציוני שאלות וציוני סעיפים וציוני תת-סעיפים בשאלות 9-14), ועל טעויות אופייניות שאותרו על-ידי מעריכי בחינת הבגרות.

השנה ניגשו לבחינה **10,610** תלמידים, על-פי הממצאים של מכון סאלד:

10,473 תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037381

137 תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037387 - בחינה מתוקשבת.

(בנוסף, **112** תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037381 במועד ב' - באוגוסט).

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

ניתוח בחינות הבגרות משמש מכשיר יעיל ומהימן להתמקצעות מורים ומאפיינות אותן הנקודות הבאות:

- הניתוח מאפשר הבנת קשיי למידה הנובעים ממודלים מוטעים, שימוש מושכל בחומרי הלמידה ועוד.
- הניתוח מאפשר פיתוח אסטרטגיות הוראה שונות ודרכים יעילות להבנת מושגים מדעיים.
- הניתוח כולל עיבוד טעויות אופייניות של תלמידים המאותרות במהלך ההערכה של בחינת הבגרות. כל הטעויות של תלמידים נאספות ממחברות הבחינה על ידי מעריכי בחינת הבגרות על פי בקשתנו. המעריכים רושמים את הציטטות של תשובות שגויות. כל חברי הצוות של כתיבת 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.

ניתוח התוצאות של החלק הרב ברירתי - שאלות 8-1

בבחינת הבגרות תש"ף

כפי שנאמר, החלק הרב-ברירתי של הבחינה הוא שאלות 8-1. ניתוח שאלות 8-1 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות 8-1) ותוצאות המדגם של 250 דפי תשובות של תלמידים (ציוני שאלות 8-1 וציוני המסיחים).

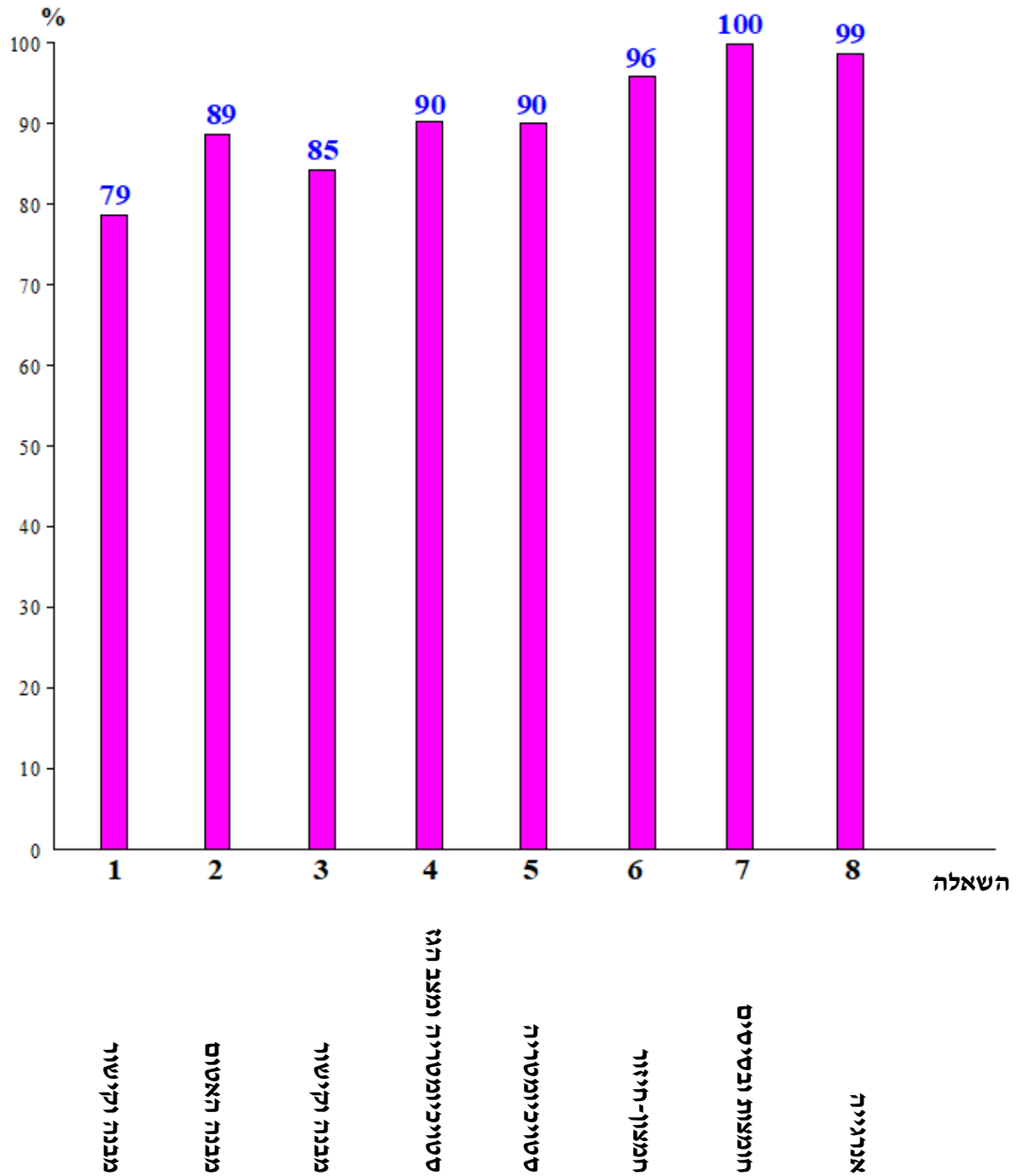
הנחיות למענה על שאלות רבות ברירה - קיץ תש"ף:

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

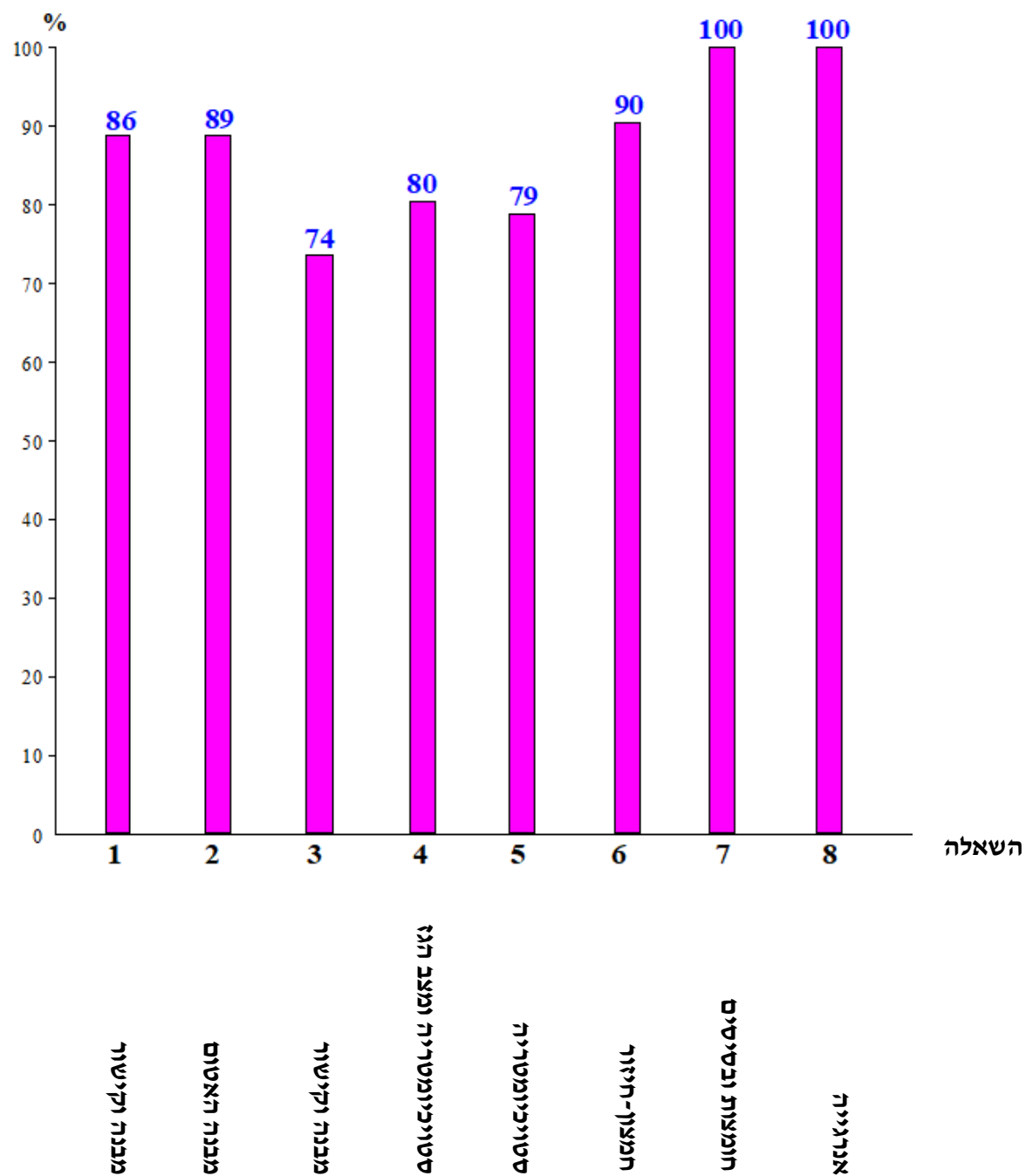
ציונים ממוצעים ורמות החשיבה של שאלות 8-1:

נושא	מבנה וקישור	מבנה האטום	מבנה וקישור	סטויכיו-ומצב הגז	סטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים	אנרגייה
שאלה	1	2	3	4	5	6	7	8
ציון	79	89	85	90	90	96	100	99
	86	89	74	80	79	90	100	100
רמת חשיבה	יישום	יישום	יישום	יישום	יישום	אנליזה	הבנה	יישום

ציונים ממוצעים של שאלות 1-8 בשאלון 037381



ציונים ממוצעים של שאלות 1-8 בשאלון 037387



ניתוח שאלות 8-1

ציוני המסיחים נתונים על פי שאלון 037381

1 מבנה וקישור

איזו נוסחת ייצוג אלקטרונית מייצגת נכון את חלקיקי התרכובת $\text{CaCl}_{2(s)}$?

שאלון 037387	שאלון 037381
א. $[\text{Ca}]^{2+}$ וגם $[\text{Cl}]^-$	79%
ב. $[\text{Ca}]^{2+}$ וגם $[\text{Cl}]$	2%
ג. Ca וגם Cl	5%
ד. $\text{Cl} : \text{Ca} : \text{Cl}$	14%

הנימוק

התשובה הנכונה היא א'. $\text{CaCl}_{2(s)}$ היא תרכובת יונית המורכבת מיוני Ca^{2+} ויוני Cl^- . ביון חיובי Ca^{2+} רמת האנרגיה האחרונה ריקה מאלקטרונים, ולכן המטען של היון $+2$, וברמת האנרגיה לפני האחרונה יש 8 אלקטרונים. ביון שלילי Cl^- ברמת האנרגיה האחרונה יש אלקטרון נוסף, ולכן המטען של היון -1 , וברמת האנרגיה האחרונה יש 8 אלקטרונים. מסיחים ב', ג', ד' אינם נכונים כי הנוסחאות בהם לא מתאימות לכללים אלה.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לזהות תרכובת יונית ולקבוע מאילו יונים היא מורכבת.
- לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של יונים המרכיבים תרכובת יונית.
- לקבוע את מטעני היונים על פי מקומם במערכת המחזורית של היסודות, שמהם נוצרו יונים אלה.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחאות הייצוג האלקטרוניות של יונים המרכיבים את התרכובת היונית הנתונה.

14% מהתלמידים שבחרו במסיח ד', לא זיהו תרכובת יונית והתייחסו אל $\text{CaCl}_{2(s)}$ כאל תרכובת מולקולרית. 5% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. תלמידים אלה רשמו נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של אטומים ולא של יונים. 2% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. תלמידים אלה רשמו נוסחת ייצוג אלקטרונית של אטום Cl בסוגריים, במקום יון Cl^- .

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין נוסחת ייצוג אלקטרונית של אטום לבין נוסחת ייצוג אלקטרונית של יון. כדאי לתת תרגילים הכוללים גם תרכובות יוניות וגם תרכובות מולקולריות ולדון על ההבדלים בין הנוסחאות.

המלצה לעיבוד יצירתי למטרת המשגה: מומלץ תוך כדי הוראת הנושא של נוסחת ייצוג אלקטרונית של אטומים מול יונים, לתת לתלמידים לבנות מודלים פשוטים על מנת לאפשר המשגה תוך כדי המחשת הסמלים של "רמת ערכיות" וכיצד מספר האלקטרונים אשר מאכלסים את רמת הערכיות באים לידי ביטוי בנוסחת הייצוג.

מודל כזה ניתן לבנות על ידי גזירת דף בעיגול, רישום סמל האטום במרכז ומיקום עצמים קטנים כגון מטבעות סביב סמל האטום. המטבעות מסמלים את האלקטרונים אשר מאכלסים את רמת הערכיות ומספרם יהיה שונה עבור אטום ניטרלי ביחס ליון של אותו היסוד.

מומלץ לעבור על [ניתוח שאלה 10, סעיף א' בחוברת ניתוח בגרות תשע"ו](#), הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

שאלה נוספת לתרגול

- נתונות נוסחאות של מספר תרכובות: CuCl_2 , CO_2 , RbI , CBr_4 , Al_2O_3 , H_2O_2 , BeBr_2 .
- קבע עבור כל אחת מן התרכובות אם היא יונית או מולקולרית.
 - רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית לכל אחת מן התרכובות הנתונות.
 - רשום את היחס בין היונים בכל אחת מן חלקיקי התרכובות היוניות.
 - רשום את היחס בין אטומים במולקולה של כל אחת מן התרכובות המולקולריות.

התשובה

סעיפים א', ב', ג'

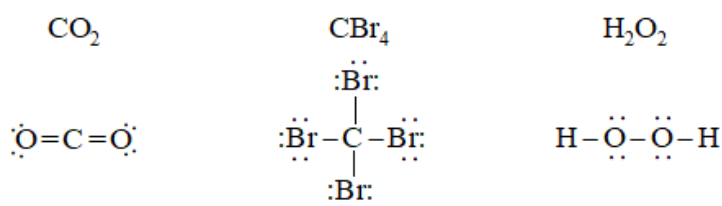
תרכובות יוניות: CuCl_2 , RbI , Al_2O_3 , BeBr_2 .

יחס בין יונים: 1 : 2 1 : 1 2 : 3 1 : 2

תרכובות מולקולריות: CO_2 , CBr_4 , H_2O_2 .

יחס בין אטומים: 1 : 2 1 : 4 1 : 1

סעיף ב'



2 מבנה האטום

אנרגיית היינון הראשונה של אטום חמצן, O, גבוהה מאנרגיית היינון הראשונה של אטום גופרית, S. מהו הגורם לכך?

שאלון 037381
שאלון 037387

89% 89% א. באטום חמצן יש פחות רמות אנרגייה מאוכלסות באלקטרונים

משיש באטום גופרית.

- | | |
|----|---|
| 7% | ב. האלקטרושליליות של אטום חמצן גבוהה יותר מן האלקטרושליליות של אטום גופרית. |
| 1% | ג. מספר הפרוטונים באטום חמצן קטן ממספר הפרוטונים באטום גופרית. |
| 3% | ד. בטבלה המחזורית, חמצן ממוקם מעל גופרית. |

הנימוק

התשובה הנכונה היא א'. שני היסודות, חמצן, O, וגופרית, S, נמצאים בטור ששי בטבלה המחזורית. היסוד O נמצא בשורה השנייה של הטבלה המחזורית בעוד שהיסוד S נמצא בשורה השלישית. באטומי O האלקטרון יוצא מהרמה האנרגטית השנייה ואילו באטומי S האלקטרון יוצא מהרמה האנרגטית השלישית, שהיא רחוקה יותר מהגרעין. כוחות המשיכה בין האלקטרונים ברמה החיצונית לבין הגרעין חלשים יותר באטומי S מאשר באטומי O.

נדרשת פחות אנרגייה כדי להוציא אלקטרון מאטומי S. לכן אנרגיית היינון הראשונה של גופרית נמוכה מאנרגיית היינון הראשונה של חמצן. (אמנם בגרעין של אטום גופרית יש יותר פרוטונים שמושכים את האלקטרונים ברמה החיצונית, אך המרחק בין גרעין האטום לאלקטרונים ברמה החיצונית משפיע יותר על ערך אנרגיית היינון הראשונה. על פי חוק קולון, המרחק בין המטענים המושכים משפיע יותר מאשר גודל המטענים המושכים, ולכן האנרגיה שתידרש לניתוק האלקטרון מהרמה החיצונית באטום חמצן גבוהה מזו שתידרש לניתוק האלקטרון מהרמה החיצונית באטום גופרית.)

מסיח ב' אינו נכון, כי אלקטרושליליות לא משפיעה על ערך אנרגיית היינון הראשונה של אטום (להפך, אנרגיית היינון הראשונה היא אחד מן הגורמים המשפיעים על ערך האלקטרושליליות של אטום).

מסיח ג' אינו נכון, כי מספר פרוטונים בגרעין האטום משפיע פחות על אנרגיית היינון הראשונה מאשר המרחק בין גרעין האטום לאלקטרונים ברמה החיצונית. אם גורם זה היה הגורם המשפיע אז אנרגיית היינון הראשונה של חמצן הייתה נמוכה יותר.

מסיח ד' אינו נכון, כי מיקום היסודות במערכת המחזורית לא מסביר את השוני של ערך אנרגיית היינון הראשונה, הוא כלל אצבע אך לא הסבר (מספר הפרוטונים בגרעין האטום והמרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרונים ברמה החיצונית הם הגורמים המשפיעים).

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ למקם את היסודות הנתונים בטבלה המחזורית.
- ◀ להשוות את השפעת הגורמים על ערך אנרגיית היינון הראשונה של האטום: מספר הפרוטונים בגרעין האטום והמרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרונים ברמה החיצונית.
- ◀ לקבוע את הגורם המכריע שקובע את ערך אנרגיית היינון הראשונה: במקרה של המרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרונים ברמה החיצונית.
- ◀ לבטל את הגורמים הלא רלוונטיים.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את הגורם המכריע - המרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרון היוצא, הנקבע על ידי רמות אנרגייה מאוכלסות באלקטרונים.

7% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם לא הבינו שאלקטרושליליות אינה משפיעה על ערך אנרגיית יינון ראשונה של אטום. יש כאן בלבול בין סיבה לתוצאה.

3% מהתלמידים, שבחרו במסיח ד', לא הבינו מהי אנרגיית יינון ראשונה של אטום, והתייחסו אל מיקום היסודות בטבלה המחזורית כאל הגורם המשפיע על אנרגיית יינון. תלמידים אלה לא עברו מכלל האצבע להסבר המדעי.

1% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. תלמידים אלה לא ידעו שהמטען הגרעיני הוא רק אחד מהגורמים המשפיעים על ערך אנרגיית היינון הראשונה, ויש גורם משפיע יותר - המרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרון היוצא.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את משמעות ההגדרה של אנרגיית יינון ואת הגורמים המשפיעים על אנרגיית יינון. מומלץ לתרגל את סדר הפעולות בפתרון תרגילים: קודם כל בודקים את מספר רמות האנרגייה המאוכלסות שבאטומים, כי גורם זה משפיע יותר על כוח המשיכה בין האלקטרון לגרעין, ורק לאחר מכן בודקים את מספר הפרוטונים בגרעיני האטומים.

מומלץ לפתור את השאלות מחוברת שהוכנה על ידי מיכאל קויפמן: [מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום"](#): שאלות ותשובות מבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ז ושאלות ותשובות נוספות בנושא.

שאלה נוספת לתרגול

- נתונות שתי עובדות המתייחסות לאטומים אחדים. הסבר כל עובדה.
- א. אנרגיית היינון הראשונה של זרחן, P, נמוכה מאנרגיית היינון הראשונה של חנקן, N.
 - ב. אנרגיית היינון הראשונה של זרחן, P, גבוהה מאנרגיית היינון הראשונה של צורן, Si.
 - ג. אנרגיית היינון הראשונה של כלור, Cl, גבוהה מאנרגיית היינון הראשונה של סלן, Se.

התשובה

סעיף א'

שני היסודות, חנקן, N, וזרחן, P, נמצאים בטור חמישי בטבלה המחזורית. היסוד N נמצא בשורה השנייה של הטבלה המחזורית בעוד שהיסוד P נמצא בשורה השלישית. באטומי N האלקטרון יוצא

מהרמה האנרגטית השנייה ואילו באטומי P האלקטרון יוצא מהרמה האנרגטית השלישית, שהיא רחוקה יותר מהגרעין.

כוחות המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין הגרעין חלשים יותר באטומי P מאשר באטומי N. נדרשת פחות אנרגייה כדי להוציא אלקטרון מאטומי P. לכן אנרגיית היינון הראשונה של זרחן נמוכה מאנרגיית היינון הראשונה של חנקן. (אמנם בגרעין של אטום זרחן יש יותר פרוטונים שמושכים את האלקטרון היוצא, אך המרחק בין גרעין האטום לאלקטרון היוצא משפיע יותר על ערך אנרגיית היינון הראשונה. על פי חוק קולון, המרחק בין המטענים המושכים משפיע יותר מאשר גודל המטענים המושכים, ולכן האנרגיה שתידרש לניתוק האלקטרון היוצא מאטום חנקן גבוהה מזו שתידרש לניתוק האלקטרון היוצא מאטום זרחן.)

סעיף ב'

שני היסודות נמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית. באטומי Si ובאטומי P יש אותו מספר של רמות אנרגייה מאוכלסות. המטען הגרעיני של אטום P גדול מהמטען הגרעיני של אטומי Si (בגרעין של אטום P יש 15 פרוטונים ואילו בגרעין של אטום Si יש 14 פרוטונים). כוחות המשיכה בין האלקטרונים ברמה האחרונה לבין הגרעין באטומי P חזקים יותר מאשר באטומי Si. נדרשת אנרגייה רבה יותר על מנת להוציא אלקטרון מאטומי P. לכן אנרגיית היינון הראשונה של זרחן גבוהה מאנרגיית היינון הראשונה של צורן.

סעיף ג'

נשווה קודם בין אנרגיית היינון הראשונה של כלור, Cl, לבין אנרגיית היינון הראשונה של ברום, Br, שהוא שכן שלו בטבלה המחזורית והם נמצאים באותו טור: שני היסודות, כלור וברום, נמצאים בטור שביעי בטבלה המחזורית. היסוד Cl נמצא בשורה השלישית של הטבלה המחזורית בעוד שהיסוד Br נמצא בשורה הרביעית. באטומי Cl האלקטרון יוצא מהרמה האנרגטית השלישית ואילו באטומי Br האלקטרון יוצא מהרמה האנרגטית הרביעית, שהיא רחוקה יותר מהגרעין. כוחות המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין הגרעין חלשים יותר באטומי Br מאשר באטומי Cl. נדרשת פחות אנרגייה כדי להוציא אלקטרון מאטומי Br. לכן אנרגיית היינון הראשונה של ברום נמוכה מאנרגיית היינון הראשונה של כלור.

נשווה עכשיו בין אנרגיית היינון הראשונה של ברום, Br, לבין אנרגיית היינון הראשונה של סלן, Se, שהם שכנים בטבלה המחזורית, ונמצאים באותה שורה: באטומי Se ובאטומי Br יש אותו מספר של רמות אנרגייה מאוכלסות. המטען הגרעיני של אטום Br גדול מהמטען הגרעיני של אטומי Se (בגרעין של אטום Se יש 34 פרוטונים ואילו בגרעין של אטום Br יש 35 פרוטונים). כוחות המשיכה בין האלקטרונים ברמה האחרונה לבין הגרעין באטומי Br חזקים יותר מאשר באטומי Se. נדרשת אנרגייה רבה יותר על מנת להוציא אלקטרון מאטומי Br. לכן אנרגיית היינון הראשונה של סלן נמוכה מאנרגיית היינון הראשונה של ברום. משילוב שתי ההשוואות ניתן להסיק שאנרגיית היינון הראשונה של כלור, Cl, גבוהה מאנרגיית היינון הראשונה של סלן, Se.

3 מבנה וקישור

נתונות הנוסחאות המולקולריות של ארבע מולקולות: CF_4 , CH_2FCI , CCl_4 , CH_4 .
 לכל המולקולות מבנה מרחבי של טטראדר.
 לפניך ארבעה היגדים, א-ד, הנוגעים לקשרים הקוולנטיים במולקולה ולקוטביות המולקולה.
 מהו ההיגד הנכון?

	שאלון 037387	שאלון 037381
א. במולקולה CF_4 כל הקשרים הקוולנטיים לא קוטביים והמולקולה לא קוטבית.	5%	
ב. במולקולה CH_4 כל הקשרים הקוולנטיים לא קוטביים והמולקולה קוטבית.	8%	
ג. במולקולה CCl_4 כל הקשרים הקוולנטיים קוטביים והמולקולה לא קוטבית.	74%	85%
ד. במולקולה CH_2FCI כל הקשרים הקוולנטיים קוטביים והמולקולה לא קוטבית.	2%	

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.
 כל היגד כולל שני חלקים: האחד קוטביות הקשרים הקוולנטיים והשני קוטביות המולקולה.
 קשר קוולנטי לא קוטבי הוא קשר בין אטומים זהים או בין אטומים בעלי אלקטרושליליות זהה.
 קשר קוולנטי קוטבי הוא קשר בין אטומים בעלי אלקטרושליליות שונה.
 לכל המולקולות הנתונות מבנה מרחבי של טטראדר. מולקולה במבנה טטראדר אינה קוטבית אם היא סימטרית - אם כל הקשרים הקוולנטיים בין אטום הפחמן המרכזי לבין ארבעה אטומים זהים, ז.א. הפרשי אלקטרושליליות שווים בכל הקשרים.
 מולקולה במבנה טטראדר קוטבית אם היא לא סימטרית - אם אטום הפחמן המרכזי קשור בקשרים קוולנטיים לאטומים משני סוגים או יותר, ז.א. הפרשי אלקטרושליליות שונים.
 היגד ג' נכון, כי במולקולה CCl_4 כל הקשרים הקוולנטיים קוטביים והמולקולה לא קוטבית.
 היגד א' אינו נכון, כי במולקולה CF_4 כל הקשרים הקוולנטיים קוטביים באותה מידה והמולקולה סימטרית, ולכן לא קוטבית.
 היגד ב' אינו נכון, כי המולקולה CH_4 היא לא קוטבית.
 היגד ד' אינו נכון, כי המולקולה CH_2FCI היא קוטבית.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להבחין בין קשר קוולנטי קוטבי לבין קשר קוולנטי לא קוטבי על פי הפרש באלקטרושליליות בין אטומים המשתתפים בקשר.
- לקבוע אם מולקולה במבנה טטראדר קוטבית או לא קוטבית על פי הסימטריה של מולקולה - מספר סוגים של אטומים הקשורים לאטום הפחמן המרכזי ומיקומם במרחב.

סיבות אפשריות לטעויות

- הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון שבמולקולה CCl_4 כל הקשרים הקוולנטיים קוטביים והמולקולה לא קוטבית.
- התלמידים שטעו התקשו להבחין בין קשר קוולנטי קוטבי לבין קשר קוולנטי לא קוטבי על פי הפרש באלקטרושליליות בין אטומים המשתתפים בקשר.
- 8% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם קבעו בטעות שמולקולה CH_4 היא קוטבית.
- 5% מהתלמידים בחרו במסיח א'. הם קבעו בטעות שבמולקולה CF_4 כל הקשרים הקוולנטיים לא קוטביים.
- 2% מהתלמידים, שבחרו במסיח ד', טעו בחלק השני של ההיגד. הם כתבו שמולקולה CH_2FCl לא קוטבית.

המלצות

- מומלץ להסביר לתלמידים את המושגים "קוטביות הקשר הקוולנטי" ו"קוטביות המולקולה" בעזרת מודלים של מולקולות, בשני שלבים:
- בשלב הראשון לבנות מודלים של קשרים קוולנטיים לא קוטביים בין אטומים זהים: Cl-Cl , C-C ;
- קשרים קוולנטיים לא קוטביים בין אטומים שונים בעלי אותה אלקטרושליליות: Cl-N , C-S ;
- וקשרים קוולנטיים קוטביים בין אטומים שונים בעלי אלקטרושליליות שונה: Cl-F , C-O .
- בשלב השני לבנות מודלים של מולקולות לא קוטביות במבנה טטראדר: CCl_4 , CH_4 ומולקולות קוטביות במבנה טטראדר: CHClBrF , CHCl_3 , CH_2Cl_2 , CH_3Cl .
- מומלץ לדון עם התלמידים בכל אחד מן המודלים.
- מומלץ להיעזר בהמלצות לחלק "מולקולה, קשר קוולנטי" בחוברת: סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הברגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה, עמוד 8.
- מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "קוטביות או לא להיות". הערכה נמצאת באתר קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.
- כאשר המורה סיים ללמד את הנושאים "קוטביות הקשר הקוולנטי" ו-"קוטביות מולקולה", מומלץ לשאול במפורש את השאלות הבאות: "מה ההבדל בין קוטביות קשר לבין קוטביות מולקולה? מה גורם לכך שקשר קוולנטי אינו טהור? מה גורם למולקולה להיות קוטבית (בעלת דו-קוטב קבוע)?" על כל תלמיד לחשוב היטב ללא עזרה מספר או מחומר לימוד, לנסח תשובה משלו (מלאה ומפורטת עד כמה

שניתן) ולשלוח למורה לפני שיעור התרגול. המורה יוכל לקרוא את תשובות התלמידים ולהתייחס לקשיים בתרגול עצמו (ללא ציון שמות כמובן). שאלה מסוג זה תעמיד חלק מהתלמידים מול קונפליקט קוגניטיבי עקב הצורך בהשוואת שני מושגים אלו וארגומנטציית ההבדלים. בנוסף, כאשר המורה יבסס את השיעור שלו על קשיי התלמידים הידועים מראש, השיעור יהיה יותר רלוונטי לאותם תלמידים שהתקשו.

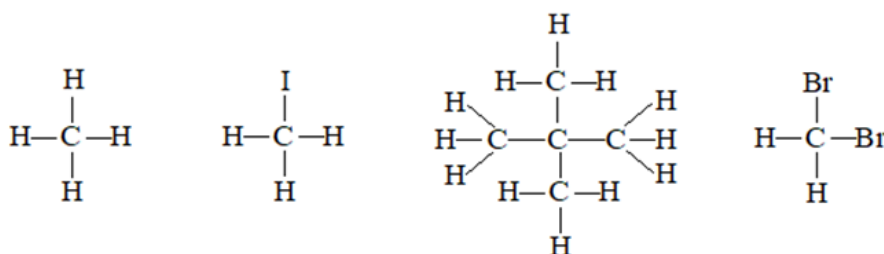
שאלה נוספת לתרגול

נתונות ארבע מולקולות: CH_2Br_2 , $\text{C}(\text{CH}_3)_4$, CH_3I , CH_4 .

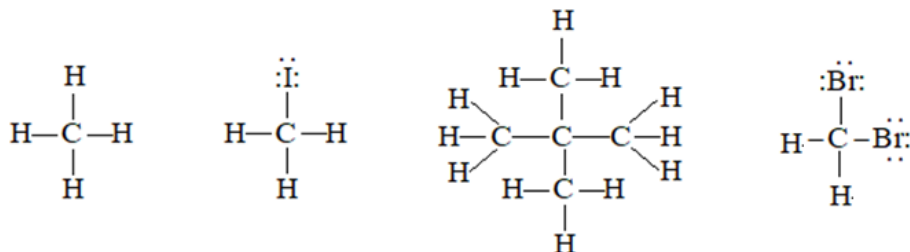
- רשום ייצוג מלא לנוסחת מבנה של כל אחת מן המולקולות הנתונות.
- רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית של כל אחת מן המולקולות הנתונות.
- קבע עבור כל אחת מן המולקולות הנתונות אילו קשרים קוולנטיים יש במולקולה.
- קבע עבור כל אחד מן הקשרים הקוולנטיים בכל מולקולה אם הוא קוטבי או לא קוטבי.
- קבע עבור כל אחת מן המולקולות הנתונות אם היא קוטבית או לא קוטבית.

התשובה

סעיף א'



סעיף ב'



סעיפים ג'-ד'

CH_4 : ארבעה קשרים C-H קוטביים (מעט)

CH_3I : קשר C-I קוטבי ושלושה קשרים C-H קוטביים (מעט)

$\text{C}(\text{CH}_3)_4$: ארבעה קשרים C-C לא קוטביים ו-12 קשרים C-H קוטביים (מעט)

CH_2Br_2 : שני קשרים C-Br קוטביים ושני קשרים C-H קוטביים (מעט)

סעיף ה'

CH_4 - מולקולה לא קוטבית
 CH_3I - מולקולה קוטבית
 $\text{C}(\text{CH}_3)_4$ - מולקולה לא קוטבית
 CH_2Br_2 - מולקולה קוטבית

4 סטויכיומטריה ומצב הגז

- בכלי A יש 22 גרם של גז פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$.
- בכלי B יש 22 גרם של גז פרופאן, $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$.
- הטמפרטורה בשני הכלים זהה, אך הלחץ בכלי A קטן מן הלחץ בכלי B. מהי הקביעה הנכונה?

שאלון	שאלון
037387	037381
א. מספר המולים של הגז בכלי A גדול ממספר המולים של הגז בכלי B.	2%
ב. מספר המולים של הגז בכלי A קטן ממספר המולים של הגז בכלי B.	4%
ג. נפח כלי A קטן מנפח כלי B.	4%
ד. נפח כלי A גדול מנפח כלי B.	90%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

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

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

מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ בכלי A:

$$\frac{22 \text{ gr}}{44 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.5 \text{ mol}$$

המסה המולרית של $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$:

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

מספר המולים של $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$ בכלי B:

$$\frac{22 \text{ gr}}{44 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.5 \text{ mol}$$

הטמפרטורה בשני הכלים זהה, הלחץ בכלי A קטן מן הלחץ בכלי B, מספר המולים בשני הכלים שווה. הלחץ בכלי A קטן יותר, לכן הנפח של כלי A גדול יותר, כי יש יחס הפוך בין לחץ לנפח הגז. לכן מסיח ג' אינו נכון. מסיחים א' ו-ב' אינם נכונים, כי מספר המולים של הגזים בשני הכלים שווה.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לשישם את חוקי הגזים - לקבוע שאם בשני הכלים הטמפרטורה זהה ומספר המולים של הגזים שווה, הנפח של כלי A גדול יותר, כי הלחץ בכלי זה קטן יותר.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים: חישוב מספר המולים של גז כשנתונה המסה של גז זה.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים יישמו את חוקי הגזים - קבעו שאם בשני הכלים הטמפרטורה זהה ומספר המולים של הגזים שווה, הנפח של כלי A גדול יותר, כי הלחץ בכלי זה קטן יותר. 6% מהתלמידים, שבחרו במסיחים א' ו-ב', טעו בחישוב של מספר המולים של הגזים. 4% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. תלמידים אלה לא הפנימו את חוקי הגזים.

המלצות

בתרגול הנושאים "סטויכיומטריה" ו"חוקי הגזים" מומלץ להיעזר בחוברת הנמצאת באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה: [תרגול ושאלות בנושא "סטויכיומטריה"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 30-70. מומלץ להראות לתלמידים אנימציות מאתר "הילקוט הדיגיטלי לחט"ע" של מט"ח: השפעת הטמפרטורה של גז על נפחו (בלחץ קבוע); השפעת הטמפרטורה של גז על הלחץ (בנפח קבוע); השפעת שינוי כמות חלקיקי הגז על נפחו (בלחץ קבוע); השפעת שינוי הכמות של חלקיקי הגז על הלחץ שלו (בנפח קבוע); השפעת נפח הגז על הלחץ שלו; מעבדת החקר - תכונות הגזים. אנימציות אלה מראות כיצד משתנות תכונות של גזים בתנאים שונים - [הילקוט הדיגיטלי לחט"ע](#) - כמו כן מומלץ לעבוד עם התלמידים על התוכנה שהוכנה על ידי ד"ר רות בו-צבי "תכונות הגזים" - [אתר הספר "יחסים וקשרים בעולם החומרים"](#) מומלץ לחזור ולהסביר ולתרגל את נושא מצב הגז ואת ההשפעה של שינוי מספר מולי הגז ושינוי הנפח שלו על לחץ הגז בטמפרטורה קבועה. מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "[חוקי הגזים](#)". הערכה נמצאת באתר קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

שאלות נוספות לתרגול

שאלה 1

- בכלי A שנפחו 3 ליטר נמצא גז חנקן, $N_2(g)$.
- בכלי B שנפחו 2 ליטר נמצא גז פחמן דו-חמצני, $CO_2(g)$.
- שני הכלים מוחזקים בטמפרטורה $25^\circ C$, והלחץ בשני הכלים זהה. ציין עבור כל אחד מן ההיגדים IV-I אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.
- בשני הכלים יש אותו מספר של מולקולות.
 - מסת הגז בכלי A גדולה פי שניים ממסת הגז בכלי B.
 - מספר האטומים בשני הכלים זהה.
 - הלחץ בשני הכלים שווה ולכן מספר המולים של גז שווה.

התשובה

נפח מולרי של גז הוא 25 ליטר.

$$\frac{3 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.12 \text{ mol}$$

מספר המולים של $\text{N}_{2(g)}$ בכלי A :

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

המסה המולרית של $\text{N}_{2(g)}$:

$$28 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.12 \text{ mol} = 3.36 \text{ gr}$$

המסה של $\text{N}_{2(g)}$ בכלי A :

$$\frac{2 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.08 \text{ mol}$$

מספר המולים של $\text{CO}_{2(g)}$ בכלי B :

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

המסה המולרית של $\text{CO}_{2(g)}$:

$$44 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.08 \text{ mol} = 3.52 \text{ gr}$$

המסה של $\text{CO}_{2(g)}$ בכלי B :

היגד I לא נכון. מספר המולים של גז בשני הכלים שונה, וכך גם מספר המולקולות של גז.

היגד II לא נכון. מסת הגז בכלי A היא 3.36 גרם ומסת הגז בכלי B היא 3.52 גרם.

היגד III נכון.

מספר המולים של אטומים בכלי A : $0.12 \text{ mol} \times 2 = 0.24 \text{ mol}$

מספר המולים של אטומים בכלי B : $0.08 \text{ mol} \times 3 = 0.24 \text{ mol}$

מספר המולים של אטומים בשני הכלים זהה, וכך גם מספר אטומים.

היגד IV לא נכון. בתנאי טמפרטורה ולחץ שווים יחסי הנפחים של גז הם יחסי המולים של גז.

לכן מאחר שנפח הגז שונה מספר המולים של גז שונה.

שאלה 2

לפניך מספר דגימות של גזים הנמצאים בכלים D-A, באותם תנאי לחץ וטמפרטורה :

כלי A : 10 גרם $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$

כלי B : 10 גרם $\text{N}_{2(g)}$

כלי C : 10 גרם $\text{PH}_{3(g)}$

כלי D : 10 גרם $\text{HCl}_{(g)}$

א. קבע לאיזה כלי הנפח הקטן ביותר. נמק.

ב. קבע לאילו כלים הנפחים שווים.

ג. קבע באיזה כלי מספר האטומים הגדול ביותר.

התשובה

D	C	B	A	הכלי
$\text{HCl}_{(g)}$	$\text{PH}_{3(g)}$	$\text{N}_{2(g)}$	$\text{H}_{2}\text{S}_{(g)}$	נוסחת הגז
36.5	34	28	34	המסה המולרית של גז (גרם למול)
10	10	10	10	המסה של דגימת הגז (גרם)
0.27	0.29	0.36	0.29	מספר המולים של גז
0.54	1.16	0.72	0.87	מספר המולים של אטומי הגז

סעיף א'

לכלי D הנפח הקטן ביותר.

באותם תנאי לחץ וטמפרטורה, ככל שמספר המולים של גז בכלי קטן יותר, כך גם נפח הכלי קטן יותר.

מספר המולים של גז בכלי D הוא הקטן ביותר, לכן גם הנפח של כלי זה הוא הקטן ביותר.

סעיף ב'

הנפחים של הכלים A ו-C הנפחים שווים.

סעיף ג'

בכלי C מספר האטומים הגדול ביותר.

5 סטויכיומטריה

לכוס כימית המכילה 400 מ"ל תמיסת אשלגן ברומי, $\text{KBr}_{(\text{aq})}$, בריכוז 0.2 M, הוסיפו 400 מ"ל תמיסת מגנזיום ברומי, $\text{MgBr}_{2(\text{aq})}$, בריכוז 0.1 M, וערבבו את שתי התמיסות. לפניך ארבעה היגדים I-IV, המתייחסים לנתונים בכוס **לאחר הערבוב**.

- I. מספר המולים של יוני ברומיד, $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$, בכוס הוא 0.12 מול.
- II. מספר המולים של יוני ברומיד, $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$, בכוס הוא 0.16 מול.
- III. ריכוז יוני ברומיד, $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$, בכוס הוא 0.3 M.
- IV. ריכוז יוני ברומיד, $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$, בכוס הוא 0.2 M.

מה הם שני ההיגדים הנכונים?

	שאלון 037387	שאלון 037381
א. היגדים I ו-III		5%
ב. היגדים I ו-IV		3%
ג. היגדים II ו-IV	79%	90%
ד. היגדים II ו-III		2%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.

מספר המולים של אשלגן ברומי ב- 400 מ"ל תמיסה:

$$0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.4 \text{ liter} = 0.08 \text{ mol}$$

אשלגן ברומי, $\text{KBr}_{(\text{s})}$, הוא חומר יוני.

בהמסה במים של 1 מול $\text{KBr}_{(\text{s})}$ מתקבל 1 מול יוני $\text{K}^+_{(\text{aq})}$ ו- 1 מול יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$.

בהמסה במים של 0.08 מול $\text{KBr}_{(\text{s})}$ מתקבלים 0.08 מול יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$.

מספר המולים של מגנזיום ברומי, $\text{MgBr}_{2(\text{s})}$, ב- 400 מ"ל תמיסה:

$$0.1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.4 \text{ liter} = 0.04 \text{ mol}$$

מגנזיום ברומי, $\text{MgBr}_{2(\text{s})}$, הוא חומר יוני.

בהמסה במים של 1 מול $\text{MgBr}_{2(\text{s})}$ מתקבל 1 מול יוני $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}$ ו- 2 מול יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$.

מספר המולים של יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ המתקבלים בהמסה במים של 0.04 מול $\text{MgBr}_{2(\text{s})}$:

$$0.04 \text{ mol} \times 2 = 0.08 \text{ mol}$$

$$0.4 \text{ liter} + 0.4 \text{ liter} = 0.8 \text{ liter}$$

נפח התמיסה שהתקבלה לאחר הערבוב:

$$0.8 \text{ mol} + 0.8 \text{ mol} = 0.16 \text{ mol}$$

מספר המולים של יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ בתמיסה שהתקבלה:

לכן היגד II נכון.

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

$$\frac{0.16 \text{ mol}}{0.8 \text{ liter}} = 0.2 \text{ M}$$

לכן היגד IV נכון.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ↖ לנסח את תהליכי ההמסה במים של חומרים יוניים.
- ↖ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור תמיסות של חומרים יוניים.
- ↖ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור ערבוב תמיסות של חומרים יוניים, המכילות חלק מיונים מאותו סוג ("יון משותף").

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור תמיסות מימיות של חומרים יוניים המכילות יונים מאותו סוג. התלמידים שבחרו בהיגד I טעו ביחס בין יוני מגנזיום ליוני בריום במגנזיום ברומי, ולכן לא הכפילו את מספר המולים של יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ בתמיסת $\text{MgBr}_{2(\text{aq})}$. התלמידים שבחרו בהיגד III שכחו כנראה לחבר נפחים של שתי התמיסות.

המלצות

- מומלץ להרבות בתרגול של חישובים בתמיסות: ערבוב תמיסות שאינן מגיבות זו עם זו וערבוב תמיסות המכילות יון משותף.
- רצוי לתת לתלמידים שלבי ביניים לפתרון בעיות מסוג זה:
1. לנסח תהליך המסה לכל אחד מהחומרים המומסים.
 2. לחשב את מספר המולים של כל אחד מסוגי החלקיקים (במקרה של שאלות ספציפיות ניתן לחשב מספר מולים רק עבור סוגי החלקיקים שבשאלה).
 3. לחשב את הנפח הכולל של התמיסה שהתקבלה אחרי ערבוב על ידי חיבור של נפחי התמיסות שעורבבו.
 4. לחשב את הריכוז החדש של סוג החלקיקים שאליו השאלה מתייחסת.
- חשוב לזכור כי בחישובים עבור ערבוב תמיסות ניתן לחבר מספרי מולים, ניתן לחבר נפחים, אולם אסור לחבר ריכוזים.**
- בתרגול חישובים סטויכיומטריים עבור תמיסות אפשר להיעזר בשאלות דיאגנוסטיות (עם קובץ אפיון המשימות למורה) שחוברו בקהילות מורים תשע"ז הנמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, [משימות דיאגנוסטיות](#).

באתר של מכון דוידסון ישנו שיעור מומלץ בנושא [ריכוזים ב"כימיה ברשת"](#). ניתן להשתמש ב[הסבר המושג "ריכוז"](#) מלווה סרטון, סימולציה ופעילות בנושא, באתר המרכז הארצי למורי הכימיה. כמו כן, ניתן לתרגל ב[לומדה בנושא תמיסות](#) של מכון ויצמן. מומלץ תרגול [סימולציה-ריכוז](#) שפותח על ידי ד"ר אסנת רוה, פרידה טראב, ריס סאבא ודפנה ים. בנוסף, ניתן למצוא [תרגילים בבחינות הבגרות בכימיה](#): תשע"ב שאלה 1 ו', תשע"ו שאלה 5, תשע"ז שאלה 1 ה', תשע"ח שאלה 4, שאלה 12 סעיף ה'. שאלות אלו מופיעות בחוברות ניתוח בגרות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

שאלה נוספת לתרגול

לתמיסת אשלגן פרמנגנט, $\text{KMnO}_4(\text{aq})$, צבע ורוד. צבע זה אופייני ליוני MnO_4^- שבתמיסה. הכינו ארבעה כלים A, B, C, D ובכל אחד מהם 100 מ"ל תמיסת $0.5 \text{ M KMnO}_4(\text{aq})$. בטבלה שלפניך מתוארים הניסויים שנעשו בכל אחד מארבעת הכלים:

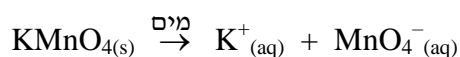
כלים	הניסוי	ריכוז MnO_4^- (aq) בתום הניסוי	היבט מיקרוסקופי	היבט מאקרוסקופי
A	אידיוי מים עד קבלת תמיסה בנפח 50 מ"ל			
B	הוספת 0.1 מול $\text{KMnO}_4(\text{s})$			
C	הוספת 100 מ"ל מים			
D	הוספת 100 מ"ל תמיסת $1 \text{ M Mg}(\text{MnO}_4)_2(\text{aq})$			

השלם את הטבלה לפי ההנחיות הבאות:

1. התייחס להיבט המאקרוסקופי והסבר מה תראה בתום הניסוי.
2. התייחס להיבט המיקרוסקופי והסבר מה התרחש בזמן הניסוי.
3. חשב את הריכוז של MnO_4^- (aq) בכל אחד מן הכלים בתום הניסוי.

התשובה

הכנת התמיסה של $\text{KMnO}_4(\text{s})$ במים.



מספר המולים ההתחלתי של יוני MnO_4^- (aq) בכל אחד מהכלים:

$$0.1 \text{ liter} \times 0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.05 \text{ mol}$$

כלים	הניסוי	ריכוז MnO_4^- (aq) בתום הניסוי	היבט מיקרוסקופי	היבט מאקרוסקופי
A	אידוי מים עד קבלת תמיסה בנפח 50 מ"ל	$\frac{0.05 \text{ mol}}{0.05 \text{ liter}} = 1\text{M}$	חלק ממולקולות המים עובר לפאזה גזית. מספר המולים של היונים (מספר החלקיקים) לא משתנה. לכן הריכוז של היונים עולה.	נפח התמיסה נעשה קטן יותר, הצבע הורוד התחזק.
B	הוספת 0.1 מול $\text{KMnO}_4(\text{s})$	$\frac{(0.05+0.1)\text{mol}}{0.1 \text{ liter}} = 1.5 \text{ M}$	מספר המולים של היונים (מספר החלקיקים) עולה. לכן הריכוז של היונים עולה.	נפח התמיסה לא השתנה. $\text{KMnO}_4(\text{s})$ התמוסס, הצבע הורוד התחזק.
C	הוספת 100 מ"ל מים	$\frac{0.05 \text{ mol}}{(0.1 + 0.1) \text{ liter}} = 0.25 \text{ M}$	מספר המולים של היונים (מספר החלקיקים) לא משתנה. לכן הריכוז של היונים יורד.	נפח התמיסה עולה. הצבע הורוד נחלש.
D	הוספת 100 מ"ל תמיסת $1 \text{ M Mg}(\text{MnO}_4)_2(\text{aq})$	$\frac{(0.05+0.2) \text{ mol}}{(0.1 + 0.1) \text{ liter}} = 1.25 \text{ M}$	מספר המולים של היונים (מספר החלקיקים) עולה. לכן הריכוז של היונים עולה.	נפח התמיסה עולה. הצבע הורוד התחזק.

עבור הניסוי בכלי D:

הכנת התמיסה של $\text{Mg}(\text{MnO}_4)_2(\text{s})$ במים.



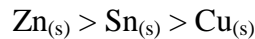
הריכוז של יוני MnO_4^- (aq) ב- 100 מ"ל תמיסת $1 \text{ M Mg}(\text{MnO}_4)_2(\text{aq})$: 2 M

מספר המולים ההתחלתי של יוני MnO_4^- (aq) ב- 100 מ"ל תמיסת $1 \text{ M Mg}(\text{MnO}_4)_2(\text{aq})$:

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

6 המצון-חיזור

נתונות שלוש מתכות, אבץ, $Zn_{(s)}$, בדיל, $Sn_{(s)}$, נחושת, $Cu_{(s)}$, המדורגות על פי כושרן היחסי לחזר:



בשלושה כלים נפרדים A, B, C, נתונות שלוש תמיסות המכילות, בין השאר, את היונים של המתכות. בכל אחד מן הכלים יש תמיסה אחרת, כפי שהוצג בטבלה.

כלי C	כלי B	כלי A	יונים חיוביים בתמיסה
יוני נחושת $Cu^{2+}_{(aq)}$	יוני בדיל $Sn^{2+}_{(aq)}$	יוני אבץ $Zn^{2+}_{(aq)}$	

הכניסו אחת מן המתכות, אבץ $Zn_{(s)}$, בדיל $Sn_{(s)}$, או נחושת $Cu_{(s)}$, לאחד מן הכלים A, B, או C. התרחשה תגובה ובה התקבלה, בין השאר, המתכת בדיל $Sn_{(s)}$. מהי המתכת ומהי התמיסה שהגיבו?

שאלון	שאלון
037387	037381
א. המתכת נחושת, $Cu_{(s)}$, הגיבה עם התמיסה שבכלי B.	3%
ב. המתכת אבץ, $Zn_{(s)}$, הגיבה עם התמיסה שבכלי C.	1%
ג. המתכת נחושת, $Cu_{(s)}$, הגיבה עם התמיסה שבכלי A.	-
ד. המתכת אבץ, $Zn_{(s)}$, הגיבה עם התמיסה שבכלי B.	96% 90%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

בכלי חייבים להיות יוני בדיל כדי שתיווצר מהם מתכת בדיל.

הכושר היחסי לחזר של אבץ, $Zn_{(s)}$, גדול מהכושר היחסי לחזר של בדיל, $Sn_{(s)}$.

לכן כאשר מכניסים מתכת $Zn_{(s)}$ לתמיסת יוני $Sn^{2+}_{(aq)}$, מתרחשת התגובה:



תגובה זו היא תגובת חמצון-חיזור שבמהלכה מתכת $Zn_{(s)}$ עוברת חמצון והופכת ליוני $Zn^{2+}_{(aq)}$,

ויוני $Sn^{2+}_{(aq)}$ עוברים חיזור והופכים למתכת $Sn_{(s)}$. (נתון שבתגובה התקבלה מתכת $Sn_{(s)}$, אז

המסקנה היא שלפני התגובה היו בכלי יוני $Sn^{2+}_{(aq)}$).

מסיח א' אינו נכון. על פי כושרן היחסי של המתכות לחזר, המתכת $Cu_{(s)}$ לא יכולה לחזר את

יוני $Sn^{2+}_{(aq)}$ שבכלי B.

מסיח ב' אינו נכון. $Zn_{(s)}$ מחזר את יוני $Cu^{2+}_{(aq)}$ ובתגובה זו מתקבלת המתכת $Cu_{(s)}$. תשובה זו

אינה מתאימה לנתוני השאלה - נתון שמתקבלת המתכת $Sn_{(s)}$.

מסיח ג' אינו נכון. המתכת $Cu_{(s)}$ אינה מגיבה עם יוני $Zn^{2+}_{(aq)}$ כי היא מחזרת חלשת יותר

מהמתכת $Zn_{(s)}$.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להבחין בין המושגים: מחמצן, מחזור, חמצון, חיזור, תוצר חמצון, תוצר חיזור.
- להסיק מסקנות על התרחשות של תגובת חמצון-חיזור על פי הכושר היחסי של מתכות לחזור בעזרת הקטע הנתון של השורה האלקטרוכימית.
- לנסח תגובה בין מתכת לבין יוני מתכת אחרת.

סיבות אפשריות לטעויות

- הציון גבוה מאוד. התלמידים קבעו נכון איזו תגובה תתרחש על פי הכושר היחסי של המתכות לחזור.
- 3% מהתלמידים, שבחרו במסיח א', התקשו לקבוע איזו תגובה תתרחש על פי כושרן היחסי של המתכות לחזור.
- 1% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. הם התעלמו מהנתון שבתגובה מתקבלת המתכת $\text{Sn}_{(s)}$.

המלצות

- מומלץ להיעזר בחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: [תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 30-70.
- שאלות לדוגמה מבחינות הבגרות: בגרות תשע"ז, שאלה 1 ו'; בגרות תשע"ו, שאלה 12.
- מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי "משחקי חמצון-חיזור" מפרק א' בספר הלימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת ד"ר דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע.
- לאחר מכן מומלץ לבצע פעילות "[מתכות ויוני מתכות](#)": סימולציה של ניסוי, שבו טובלים מתכות שונות בתמיסות המכילות יונים של מתכות אחרות. הסימולציה פותחה על ידי פרופ' Tom Greenbowe במסגרת התוכנית "כימיה... זה בתוכנו" ומלווה בדפי העבודה שפותחו על ידי ד"ר שלי ליבנה וד"ר מלכה יאיון.

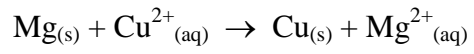
שאלה נוספת לתרגול

- במעבדה ביצעו שני ניסויים.
- בניסוי הראשון טבלו לוחית מגנזיום, $\text{Mg}_{(s)}$, בתמיסה בצבע תכלת שהכילה יוני נחושת, $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$. התרחשה תגובה וצבע התכלת נעלם.
- א. הסבר את השינוי שהתרחש.
- ב. נסח את התגובה שהתרחשה.
- בניסוי השני טבלו לוחית כסף, $\text{Ag}_{(s)}$, בתמיסה בצבע תכלת שהכילה יוני נחושת, $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$. צבע התמיסה לא השתנה.
- ג. סדר את המתכות $\text{Cu}_{(s)}$, $\text{Ag}_{(s)}$, $\text{Mg}_{(s)}$ על פי כושרן היחסי לחזור.
- ד. סדר את יוני המתכות הממוימים $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$, $\text{Ag}^{+}_{(aq)}$, $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$ על פי כושרם היחסי לחמצון.

התשובה

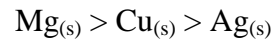
סעיפים א'-ב'

התגובה שהתרחשה בניסוי:

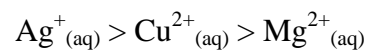


יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ ממוימים, שצבע התמיסה שלהם הוא תכלת, הגיבו בשלמות עם $\text{Mg}_{(s)}$.
לכן הם כבר לא קיימים בתמיסה, ולכן צבע תכלת של התמיסה נעלם.

סעיף ג'

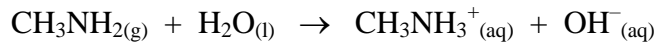


סעיף ד'



7 חומצות ובסיסים

לפניך ניסוח תגובה של מתיל אמין, $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g})$, עם מים.



מהי הקביעה הנכונה?

שאלון 037387 שאלון 037381

- א. בתגובה הנתונה המים, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, מגיבים כבסיס. -
- ב. בתגובה הנתונה מתיל אמין, $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g})$, מגיב כבסיס. 100% 100%**
- ג. בתום התגובה מתקבלת תמיסה חומצית ($\text{pH} < 7$). -
- ד. בתגובה מתרחש מעבר אלקטרוניים ממולקולות מתיל אמין, CH_3NH_2 , למולקולות המים. -

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'. כל מולקולה CH_3NH_2 קולטת פרוטון, H^+ , והופכת ליון CH_3NH_3^+ . לכן מתיל אמין, $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g})$, מגיב כבסיס. התגובה הנתונה היא תגובת חומצה בסיס, שבה הפרוטונים עוברים ממולקולות H_2O למולקולות CH_3NH_2 . מסיח א' אינו נכון, כי בתגובה זו המים מגיבים כחומצה - כל מולקולה H_2O מאבדת פרוטון, H^+ , והופכת ליון OH^- . מסיח ג' אינו נכון, כי בתגובה הנתונה מתקבלת תמיסה בסיסית ($\text{pH} > 7$) בגלל שנוצרים יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$. מסיח ד' אינו נכון, כי התגובה הנתונה היא לא תגובת חמצון-חיזור - אין שינוי בדרגות חמצון של אטומי החומרים המשתתפים בתגובה.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ⏪ להבחין בין סוגי תגובה - חומצה בסיס או חמצון-חיזור.
- ⏪ לזהות תגובת חומצה בסיס על פי מעבר פרוטונים מחלקיקים המגיבים כחומצה לחלקיקים המגיבים כבסיס.
- ⏪ לקבוע אם התמיסה חומצית (נוכחות יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$) או בסיסית (נוכחות יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$).
- ⏪ לזהות תגובת חמצון-חיזור על פי מעבר אלקטרוניים מחלקיקים שמגיבים כמחזור לחלקיקים שמגיבים כמחמצן.

סיבות אפשריות לטעויות

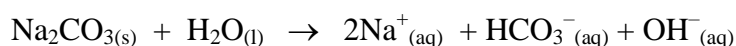
הציון מצוין. כל התלמידים בחרו בתשובה הנכונה - הבינו שהתגובה הנתונה היא תגובת חומצה בסיס, שבה מתיל אמין, $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g})$, מגיב כבסיס ומים, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, מגיבים כחומצה.

המלצות

מומלץ בעת התרגול בנושא חומצות ובסיסים לבקש מהתלמידים הסברים ולא להסתפק בקביעת התשובה הנכונה - גם בשאלות סגורות. מומלץ לתת לתלמידים תרגילים שבהם נדרשת הבחנה בין תגובת חומצה בסיס לבין תגובת חמצון-חיזור.

שאלה נוספת לתרגול

נתונה התגובה:



מהי הקביעה הנכונה?

- התגובה הנתונה היא תגובת חומצה בסיס כי יש יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתוצרים.
- בתגובה הנתונה המים מגיבים כבסיס כי מולקולות המים הפכו ליוני $\text{OH}^-(\text{aq})$.
- במהלך התגובה הנתונה עוברים אלקטרונים ולא עוברים פרוטונים.
- התגובה הנתונה היא גם חומצה בסיס כי במהלך התגובה יש מעבר פרוטונים.

התשובה

התשובה הנכונה היא ד'.

במהלך התגובה עוברים פרוטונים ממולקולות המים ליוני CO_3^{2-} שבתרכובת $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$, ולכן תגובה זו היא תגובת חומצה בסיס,

מסיח א' אינו נכון, כי התגובה הנתונה היא תגובת חומצה בסיס בגלל מעבר פרוטונים ממולקולות

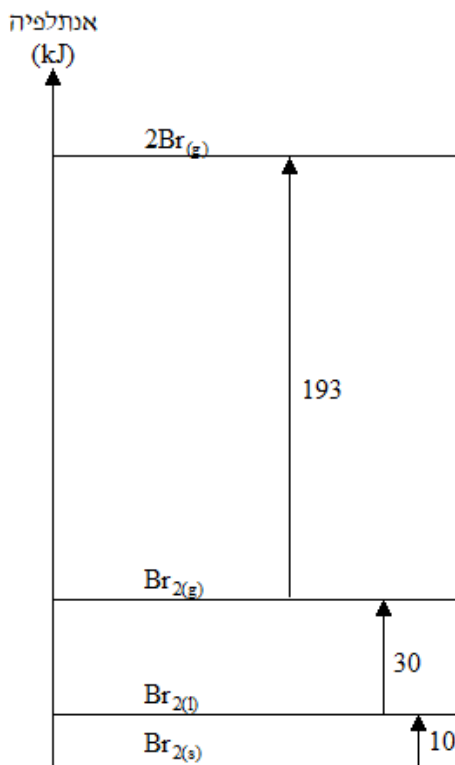
המים ליוני CO_3^{2-} שבתרכובת $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$, ולא כי יש יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתוצרים.

מסיח ב' אינו נכון, כי בתגובה זו המים מגיבים כחומצה ולא כבסיס.

מסיח ג' אינו נכון, כי במהלך התגובה הנתונה עוברים פרוטונים ולא אלקטרונים.

8 אנרגייה

לפניך דיאגרמה של שינויי אנתלפיה.
מהו הערך של אנתלפיית האידוי של ברום?



שאלון 037387
שאלון 037381

$10 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	א.	-	-
$30 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	ב.	100%	99%
$40 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	ג.	-	-
$223 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	ד.	-	1%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

אנתלפיית האידוי מיוצגת בגרף במעבר ממצב צבירה נוזל למצב צבירה גז.



מסיח א' אינו נכון, כי הוא מציג את שינוי האנתלפיה בתהליך ההיתוך של ברום.

מסיח ג' אינו נכון כי הוא מציג את סכום שינויי האנתלפיה בשני תהליכים - היתוך ואידוי.

מסיח ד' אינו נכון כי הוא מציג את סכום שינויי האנתלפיה בשני תהליכים - אידוי ופירוק הקשרים בין אטומים במולקולת הברום.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להבחין בין אנתלפיית היתוך לבין אנתלפיית אידוי לבין אנתלפיית קשר.
- להבחין בין ייצוגים גרפיים של אנתלפיית היתוך, אנתלפיית אידוי ואנתלפיית קשר.
- ליישם את הגדרת המושג אנתלפיית אידוי.
- להעביר מידע בין צורת ייצוג גרפית לבין צורת ייצוג של ניסוח תגובה ונוסחאות.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה מאוד. כל התלמידים בחרו בתשובה הנכונה. כלומר בפתרון שאלה זו לא התגלו טעויות והתלמידים ידעו לענות על השאלה בנושא זה.

המלצות

מומלץ לתרגל את נושא האנרגייה בכלל והתייחסות לסוגים שונים של שינויי אנתלפיה בתגובות בפרט. רצוי להתייחס לשינויי אנתלפיה הקשורים לנושא שינוי מצבי צבירה כגון: אנתלפיית היתוך, אנתלפיית אידוי והמראה ושינויי אנתלפיה בתגובות ההפוכות: אנתלפיית קיפאון, אנתלפיית עיבוי ואנתלפיית התמצקות וריבוץ.

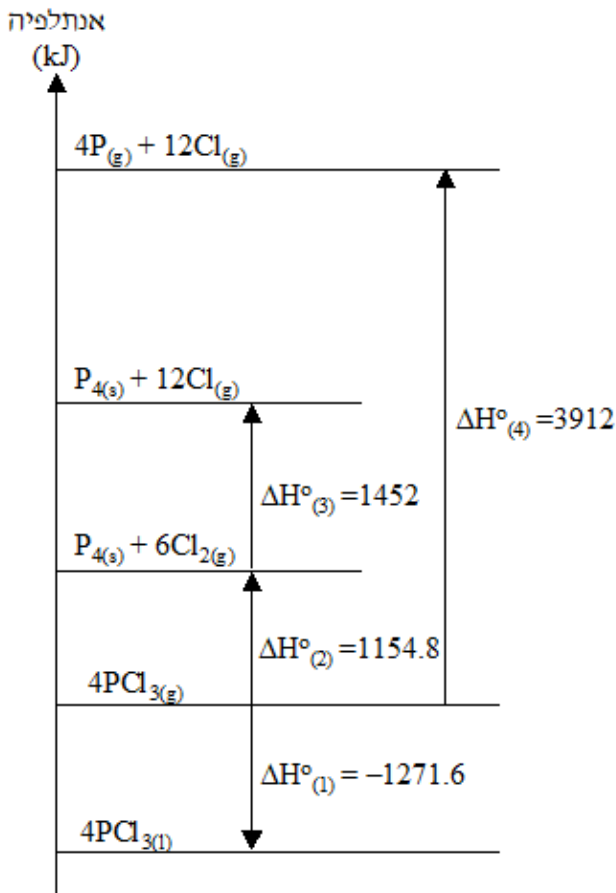
ניתן לתרגל שאלות נוספות מבחינות בגרות קודמות ולהיעזר בפתרונות שרוכזו בחוברת: "סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגייה" בבחינות הברורות בכימיה 1998-2016: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70". החוברת נמצאת באתר

המרכז הארצי למורי הכימיה: [חוברת בנושא אנרגיה](#)

כמו כן מומלץ לבצע עם התלמידים את הפעילות: [תשבץ בנושא אנרגיה](#) עם פתרון המתייחס להגדרות רלוונטיות לנושא. התשבץ נמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

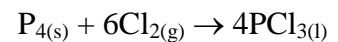
שאלה נוספת לתרגול

באיור שלפניך מוצגים נתונים לגבי מספר תגובות והערכים של שינויי האנתלפיה בתגובות אלה. מהי הקביעה הנכונה?



א. הערך של אנתלפיית האידוי של PCl_3 הוא $1271.6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

ב. אנתלפיית הקשר P-Cl היא $978 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.
ג. שינוי האנתלפיה בתגובה:



היא $2426.4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

ד. אנתלפיית הקשר Cl-Cl היא $242 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'. הערך של $\Delta H^{\circ}_{(3)}$ מתייחס לפירוק של 6 מול קשרי Cl-Cl. לכן אנתלפיית הקשר Cl-Cl היא:

$$\frac{1452 \text{ kJ}}{6 \text{ mol}} = 242 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

מסיח א' אינו נכון. הגדרה של אנתלפיית אידוי מתייחסת לאנרגיה הנדרשת כדי להפוך מול אחד של חומר ממצב צבירה נוזל למצב צבירה גז. הערך $\Delta H^{\circ}_{(1)}$ מתייחס לתהליך עיבוי (הפוך מתהליך אידוי)

עבור 4 מולים של PCl_3 . הערך $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ 1271.6 הוא ערך האנתלפיה של אידוי 4 מולים

של PCl_3 .

מסיח ב' אינו נכון. הערך $\Delta H^{\circ}_{(4)}$ מתייחס לשבירת 12 קשרי P-Cl. לכן אנתלפיית הקשר P-Cl היא:

$$\frac{3912 \text{ kJ}}{12 \text{ mol}} = 326 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

מסיח ג' אינו נכון.

הערך המספרי של שינוי האנתלפיה בתגובה הנתונה נכון. הוא שווה לסכום של הערכים המוחלטים

של $\Delta H^{\circ}_{(1)}$ ו- $\Delta H^{\circ}_{(2)}$. אולם הסימן של ערך זה אינו נכון. זוהי תגובה אקסותרמית, ושינוי

האנתלפיה בתגובה הוא שלילי.

ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות

בבחינת הבגרות תש"ף

כפי שנאמר, ניתוח השאלות הפתוחות 9-14 מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים), על תוצאות המדגם של 250 מחברות (ציוני שאלות, ציוני סעיפים וציוני תת-סעיפים) ועל טעויות אופייניות שאותרו על ידי מעריכי בחינת הבגרות. בטבלה הבאה מופיעים ממצאים סטטיסטיים שדווחו על ידי מכון סאלד לגבי הבחינה לפי שאלונים 37381 ו-37387. ממצאים אלה מתבססים על 10,610 נבחנים.

37381 (10,473 נבחנים)

מס' שאלה	9	10	11	12	13	14
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מושגי יסוד ומבנה וקישור	חמצון-חיזור וסטויכיו-מטריה	כימיה של מזון	חומצות ובסיסים	מבנה וקישור, אנרגיה
ציון ממוצע	79	76	74	79	83	76
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	59%	68%	74%	69%	26%
% תלמידים שציונם	85-100	46	44	52	63	49
	55-84	35	33	32	23	31
	0-54 (0-40)	13 (7)	19 (10)	23 (14)	16 (8)	14 (8)

37387 (137 נבחנים)

מס' שאלה	9	10	11	12	13	14
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מושגי יסוד ומבנה וקישור	חמצון-חיזור וסטויכיו-מטריה	כימיה של מזון	חומצות ובסיסים	מבנה וקישור, אנרגיה
ציון ממוצע	80	75	71	81	79	74
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	57%	68%	86%	66%	23%
% תלמידים שציונם	85-100	49	37	54	55	50
	55-84	41	26	38	34	31
	0-54 (0-40)	10 (5)	27 (15)	25 (16)	12 (5)	19 (12)

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

ניתוח שאלה 9

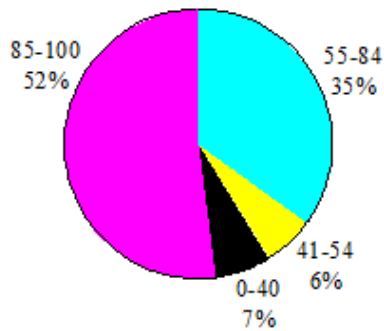
ניתוח קטע ממאמר מדעי

הנחיות למענה על שאלה 9 חובה (20 נקודות) - קיץ תש"ף:

ענה על הסעיפים א, ג, ד, ובחר באחד מן הסעיפים ב או ה.

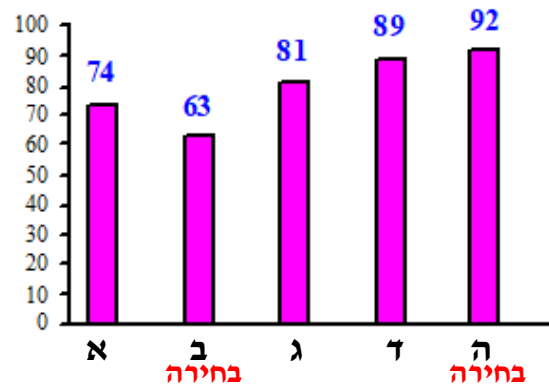
שאלון 037381

פיזור ציונים



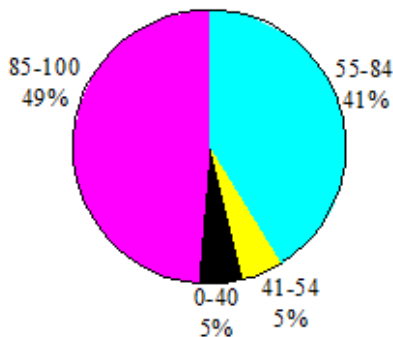
ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 79

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



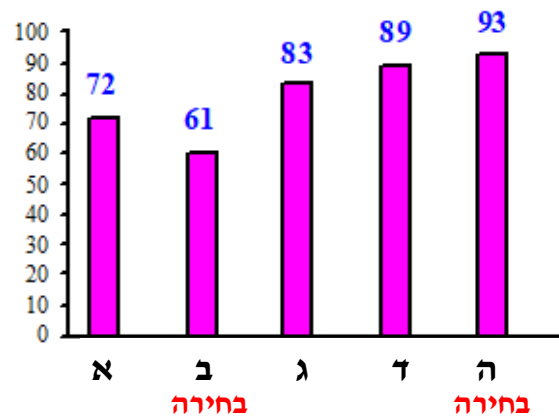
שאלון 037387

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 80

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לרשום ייצוג מלא של נוסחאות מבנה למולקולות.
- על פי תיאור הפרטים המעידים על פליטת אנרגייה, להסיק מסקנה שהתגובה היא אקסותרמית.
- להסביר שגם תוצרי תגובה אנדותרמית וגם תוצרי תגובה אקסותרמית יכולים להימצא בכל מצב צבירה.
- להסיק מסקנה לגבי גודל אנרגיית השפעול על פי נתוני השאלה.
- לקשר בין גודל אנרגיית השפעול לבין קצב התגובה.
- לנסח ולאזן תגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים:
- לחשב את מספר המולים של החומר כשנתונה המסה שלו.
- לחשב, על פי ניסוח התגובה ולפי מספר המולים של המגיב, את מספר המולים הכולל של הגזים הנפלטים בתגובה.
- ליישם ידע מדעי הנלמד בניתוח טקסט מדעי לא מוכר.
- להסיק מסקנות מן הכתוב בקטע מדעי.
- לקבוע מספר מסה ומספר אטומי של אטומים הנוצרים בהתפרקות רדיואקטיבית של אטומים אחרים.
- להבחין בין קרינה רדיואקטיבית מסוג אלפא לבין קרינת ביטא, כולל מעורבות של קרינות אלה בתגובות גרעיניות.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

צעד קטן על הירח, צעד גדול לכימיה

הפעם הראשונה שבה נחתו אסטרונאוטים על הירח וחזרו לכדור הארץ בשלום, הייתה בתאריך 20 ביולי, 1969 במשימת אפולו 11. מאז היו עוד חמש נחיתות מאוישות על פני הירח במשימת אפולו. סוכנות החלל האמריקנית נאס"א (NASA) הודיעה על כוונתה להנחית שוב אסטרונאוטים על הירח בשנת 2024.

כדי להמריא מן הירח חזרה לכדור הארץ, יש להתגבר על כוח המשיכה של הירח. במנוע החללית משתמשים בדלקים היפרגולים. דלקים היפרגולים הם דלקים נוזליים שמגיבים ביניהם בטמפרטורת החדר במגע בלבד ללא צורך בחימום או מתן ניצוץ להתחלת התגובה. בפרויקט אפולו היו הדלקים ההיפרגולים תערובת נוזלית של הידרזין, $N_2H_4(l)$, ומתיל הידרזין, $NH(CH_3)NH_2(l)$, שאוחסנה במכל אחד ו- $N_2O_4(l)$, שנשמר בלחץ גבוה במכל אחר. כאשר הנוזלים באו במגע זה עם זה, התרחשה תגובה באופן מיידי שיצרה זרם של גז לוחט בלחץ גבוה והוא גרם להמראת החללית מפני הירח. כאשר המריאה החללית, נפלטו גיצים ונוצרה להבה על כן השיגור שנשאר על אדמת הירח.



מקור: <https://www.youtube.com/watch?v=sj6a0Wnh1g>

בעת השהות על הירח, האסטרונאוטים לקחו דגימות קרקע והן שימשו ומשמשות עד היום לחקר הרכבו, גילו ואופן היווצרותו. החומרים המרכיבים את אדמת הירח שונים מן החומרים הנפוצים על פני כדור הארץ. לדוגמה, על פני כדור הארץ, יוני Fe^{2+} עוברים חמצון על ידי החמצן

שבאוויר והופכים ליוני Fe^{3+} . תהליך זה אינו מתרחש כלל בירח, ולכן אין באדמת הירח תרכובות המכילות יוני Fe^{3+} אלא תרכובות המכילות יוני Fe^{2+} בלבד.

בדגימות הקרקע שלקחו האסטרונאוטים מן הירח, נמצאו גם תרכובות שהכילו את האיזוטופ הנדיר $^{182}_{74}W$. האיזוטופ $^{182}_{74}W$ נוצר על פני הירח בתהליכי התפרקות רדיואקטיבית של

האיזוטופ $^{182}_{72}Hf$. מן המידע שהיה למדענים על האיזוטופ $^{182}_{74}W$, הם הסיקו כי הירח נוצר

כ- 60 מיליון שנה אחרי היווצרות מערכת השמש.

מדינות רבות בעולם מתכננות משימות לחקר הירח. אף על פי שכיום הצטבר מידע רב בנוגע לכימיה של הירח, עדיין צפויים גילויים חדשים בעניין זה גם בעתיד.

מקור: <https://www.chemistryworld.com/2128.tag>

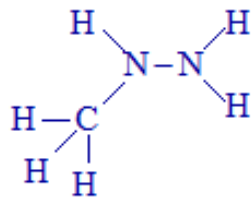
סעיף א' (הציון בשאלון 037381 74)

(הציון בשאלון 037387 72)

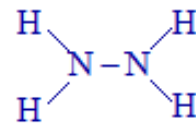
אחד המרכיבים של הדלק ההיפרגולי הוא תערובת נוזלית של הידרזין ומתיל הידרזין. רשום ייצוג מלא של נוסחת מבנה למולקולת הידרזין, N_2H_4 , וייצוג מלא של נוסחת המבנה למולקולת מתיל הידרזין, $NH(CH_3)NH_2$.

התשובה

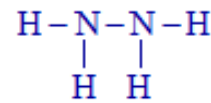
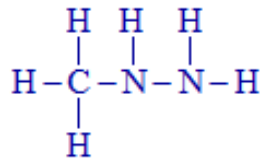
מתיל הידרזין, $NH(CH_3)NH_2$



הידרזין, N_2H_4



או:

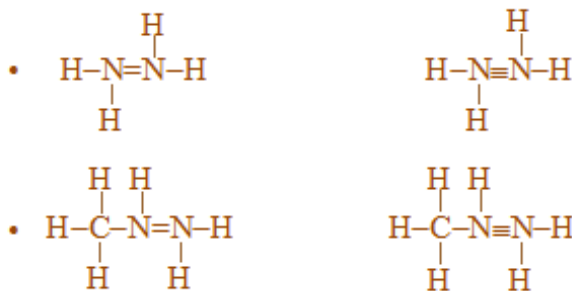


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

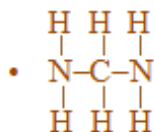
ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לרשום ייצוג מלא של נוסחאות המבנה למולקולות הידרזין ומתיל הידרזין. הטעויות האופייניות:

♦ רישום ייצוג מקוצר של נוסחאות מבנה עם קשרים כפולים או משולשים בין אטומי חנקן:



♦ רישום ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה לאיזומר של מתיל אמין:



המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים סוגים שונים של נוסחאות של מולקולות: נוסחה מולקולרית, ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה, ייצוג מלא של נוסחת מבנה, נוסחת ייצוג אלקטרונית.

מומלץ להרגיל את התלמידים לרשום נוסחאות על פי ההנחיות במונחון לנוסחאות בתכנית

הלימודים בכימיה, הנמצא באתר המפמ"ר.

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד להבחין בין המושגים "ערכיות" ו"אלקטרוני ערכיות".

ערכיות היא יכולת של אטומי היסוד ליצור קשרים קוולנטיים עם אטומים אחרים.

אלקטרוני ערכיות הם אלקטרונים הנמצאים ברמת האנרגייה הגבוהה ביותר.

כדאי להביא לתלמידים ייצוגים מלאים של נוסחת המבנה שגויים כתרגול בו התלמידים יתבקשו

לקבוע מה לא תקין בהם, ולתקן אותם. זהו תרגול אשר מעודד תהליך של הערכה מצד התלמיד,

נימוק לגבי קביעתו (מה בדיוק לא תקין?) ויישום ברמה גבוהה בעת רישום הייצוג הנכון.

שאלות לתרגול:

שאלה 1

השלם את הטבלה שלפניך.

נוסחה מולקולרית	ערכיות האטום המודגש בנוסחת המולקולה - מספר האלקטרונים ברמת האנרגייה הגבוהה ביותר	מספר אלקטרוני ערכיות באטום המודגש בנוסחת המולקולה - מספר האלקטרונים הבלתי מזווגים ברמת האנרגייה הגבוהה ביותר	ייצוג מלא לנוסחת מבנה של המולקולה	נוסחת אלקטרונית של המולקולה
H ₂ O ₂				
CH ₂ O				
HOCl				
C ₂ HBr				

התשובה:

נוסחה מולקולרית	ערכיות האטום המודגש בנוסחת המולקולה - מספר האלקטרונים ברמת האנרגייה הגבוהה ביותר	מספר אלקטרוני ערכיות באטום המודגש בנוסחת המולקולה - מספר האלקטרונים הבלתי מזווגים ברמת האנרגייה הגבוהה ביותר	ייצוג מלא לנוסחת מבנה של המולקולה	נוסחת אלקטרונית של המולקולה
H ₂ O ₂	6	2	H-O-O-H	$\text{H}-\ddot{\text{O}}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$
CH ₂ O	6	2	$\text{H}-\text{C}=\text{O}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\ddot{\text{O}} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$
HOCl	6	2	H-O-Cl	$\text{H}-\ddot{\text{O}}-\ddot{\text{Cl}}$
C ₂ HBr	4	4	H-C≡C-Br	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\ddot{\text{Br}}$

שאלה 2

השלם את הטבלה שלפניך.

נוסחת ייצוג אלקטרונית של המולקולה	ייצוג מלא לנוסחת מבנה של המולקולה	ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של המולקולה
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
		$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
		$\text{CH}_2(\text{NH}_2)_2$
		$(\text{CH}_3)_3\text{N}$
		CH_3COCH_3

התשובה :

נוסחת ייצוג אלקטרונית של המולקולה	ייצוג מלא לנוסחת מבנה של המולקולה	ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של המולקולה
$\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ \text{H} & \text{C} & \text{C} & \text{C} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
$\begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \\ & & \\ \text{H} & & \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \\ & & \\ \text{H} & & \end{array}$	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
$\begin{array}{ccc} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{N} & -\text{C} & -\text{N} \\ & / & & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{N} & -\text{C} & -\text{N} \\ & / & & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_2(\text{NH}_2)_2$
$\begin{array}{ccc} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{N} & -\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \\ & & \\ \text{H} & & \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{N} & -\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} & & \\ & & \\ \text{H} & & \end{array}$	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$
$\begin{array}{ccc} \text{H} & \text{O} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{H} & \text{O} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	CH_3COCH_3

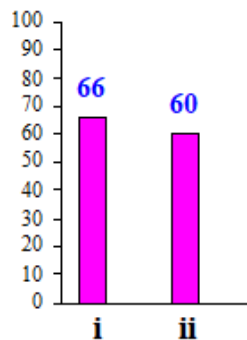
מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "[קוטביות או לא להיות](#)". יש בערכה כללים לבניית נוסחאות ייצוג אלקטרונית. הערכה נמצאת באתר קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

סעיף ב' בחירה (הציון בשאלון 037381 63)

(הציון בשאלון 037387 61)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

על פי הקטע, כאשר הנוזלים $N_2H_4(l)$, $NH(CH_3)NH_2(l)$ ו- $N_2O_4(l)$ באים במגע זה עם זה, מתרחשת תגובה באופן מידי. לפניך שני היגדים i ו- ii המתייחסים לתגובה שהתרחשה. קבע בעבור כל אחד מהם אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל אחת מן הקביעות, על פי הכתוב בקטע.



תת-סעיף i (הציון 66)

עבור התגובה שהתרחשה $\Delta H^\circ < 0$.

התשובה

קביעה:

היגד נכון.

נימוק:

התרחשה תגובה אקסותרמית כי הגז הלוהט (או: הלהבה על כן השיגור, או: הגיצים) מעידים על פליטת אנרגייה לסביבה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני מינוס. חלק ניכר מהתלמידים טעו בקביעה ו/או בנימוק. ניתן למיין את הטעויות

האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "ההיגד אינו נכון. התגובה היא אנדותרמית כי הנוזלים הופכים לגז."

• "ההיגד אינו נכון. התהליך דורש השקעת אנרגייה, התגובה היא אנדותרמית."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• "ההיגד נכון. זוהי תגובת שריפה שהיא חייבת להיות אקסותרמית."

• "ההיגד נכון. התגובה אקסותרמית כי נתון ש- $\Delta H^\circ < 0$."

המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים להשוות אנתלפיה של אותו חומר במצבי צבירה שונים. כמו כן, מומלץ לתת לתלמידים שאלות שבהן יש לקבוע את הסימן (חיובי או שלילי) של שינוי האנתלפיה במערכת על פי תיאור השינויים בסביבה הקרובה. לגבי הבלבול בין תהליכים של שינוי מצב צבירה של חומר לבין תגובות בין חומרים: כדאי לעבוד עם התלמידים בניתוח סרטונים - הקרנה בכיתה ודיון לגבי הסרטון. בסרטון אחד להראות תגובה כימית ולנתח אותה מבחינה אנרגטית, כולל עקומה של אנרגיה כתלות בהתרחשות התגובה, כולל אנרגיית שפעול. בסרטון השני להראות שינוי מצבי צבירה ולדון על בסיס דיאגרמת אנרגייה. לבנות טבלת השוואה בין התהליכים. תלמידים נוטים להשוות את מצבי הצבירה של התוצרים מול מצבי הצבירה של המגיבים כדי לקבוע אם התהליך קולט או פולט אנרגייה.

שאלות לתרגול:

שאלה 1

השימוש ברטיות קרות לעזרה ראשונה מבוסס על התגובה:



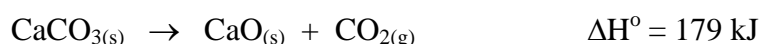
קבע אם תגובת ההמסה הנתונה היא אנדותרמית או אקסותרמית. נמק.

התשובה:

נתון שמשתמשים ברטיות קרות כדי לקרר את הסביבה הקרובה, ז.א. יש מעבר אנרגייה מן הסביבה אל המערכת. לכן התגובה היא אנדותרמית. (מומלץ לדון עם התלמידים ברמה מיקרוסקופית על פירוק ויצירת קשרים במהלך ההמסה של חומר יוני במים. מומלץ להדגיש לתלמידים כי יש תגובות המסה אנדותרמיות ויש אקסותרמיות.)

שאלה 2

אבן גיר, $\text{CaCO}_3(\text{s})$, מתפרק על פי התגובה:



לפניך שני היגדים המתייחסים לתגובת הפירוק של אבן גיר. קבע עבור כל אחד מן ההיגדים אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה. אם תקבע שההיגד אינו נכון, הסבר מדוע.

I. תכולת האנרגייה של התוצרים גבוהה מתכולת האנרגייה של המגיבים, כי מתרחשת תגובה אנדותרמית.

II. תכולת האנרגייה של התוצרים גבוהה מתכולת האנרגייה של המגיבים, כי אחד מן התוצרים נמצא במצב צבירה גז.

התשובה:

היגד I נכון.

היגד II אינו נכון. תכולת האנרגייה של התוצרים גבוהה יותר אך לא בגלל מצב הצבירה שלהם. התוצרים של תגובה אנדותרמית יכולים להימצא בכל מצב צבירה, וכך גם התוצרים של תגובה אקסותרמית.

תת-סעיף ii (הציון 60)

אנרגיית השפעול של התגובה שהתרחשה גבוהה.

התשובה

קביעה: היגד לא נכון.

נימוק:

על פי הכתוב בקטע התגובה התרחשה באופן מיידי ללא צורך בהשקעת אנרגייה. פירוש הדבר שאנרגיית השפעול של תגובה זו היא נמוכה יחסית (כי לחלקיקים הייתה כבר אנרגייה קינטית מספיק גבוהה כדי ליצור תצמידים משופעלים).

(אילו אנרגיית השפעול הייתה גבוהה היה צורך בהשקעת אנרגייה מרובה להתחלת התגובה.)

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

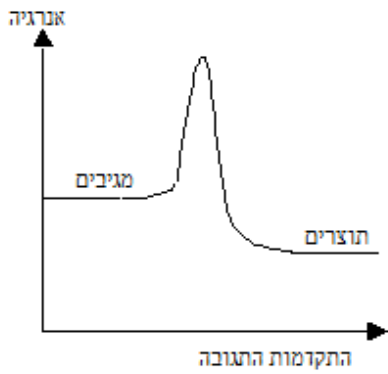
ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו להסיק מסקנה נכונה לגבי גודל אנרגיית השפעול, על פי נתוני השאלה. רוב הטעויות קשורות לניסיון לקשר בין גודל אנרגיית השפעול לבין סוג התגובה - אנדותרמית או אקסותרמית.

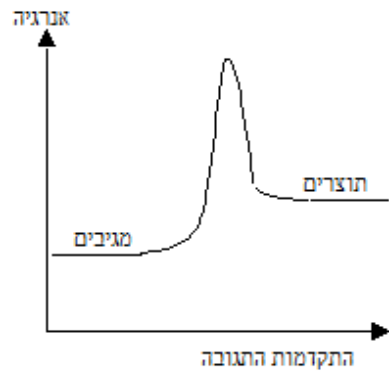
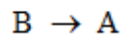
- ◆ קביעה שגויה עם נימוק שגוי:
- "ההיגד נכון. התגובה היא אנדותרמית, לכן אנרגיית השפעול היא גבוהה."
- "היגד זה נכון, כי תגובה זו היא אנדותרמית שבה נפלט חום רב."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
- "ההיגד אינו נכון. התגובה היא אקסותרמית, המגיבים נמצאים מעל התוצרים, לכן אנרגיית השפעול היא נמוכה."
- "ההיגד אינו נכון. אנרגיית השפעול של תגובה זו נמוכה כי זאת תגובה אקסותרמית שבה נפלטת אנרגייה."
- ◆ טעות אופיינית נוספת היא קביעה שגויה עקב קושי לקשר בין גודל אנרגיית השפעול לבין קצב התגובה:
- "ההיגד נכון, כי התגובה התרחשה באופן מיידי ובעוצמה גדולה. זה אומר שאנרגיית השפעול של התגובה היא גבוהה."

המלצות

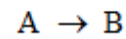
מומלץ להציג לתלמידים גרפים המייצגים תגובה אנדותרמית ותגובה אקסותרמית עם אותו ערך של אנרגיית השפעול:



תגובה אקסותרמית



תגובה אנדותרמית

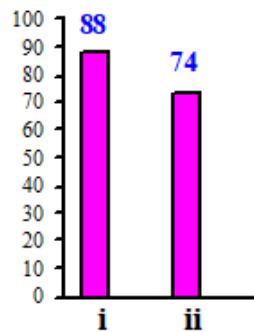


סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 81)

(הציון בשאלון 037387 83)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

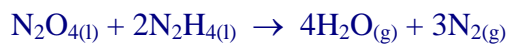
בתגובה של $N_2O_4(l)$ עם $N_2H_4(l)$ נוצרים $H_2O(g)$ ו- $N_2(g)$.



תת-סעיף i (הציון 88)

נסח ואזן את התגובה.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. כמעט כל התלמידים ניסחו נכון את התגובה.

תלמידים מעטים טעו באיזון ניסוח התגובה:



תת-סעיף ii (הציון 74)

בתגובה זו, מגיבים בשלמות 10 ק"ג $N_2H_4(l)$. מהו מספר המולים הכולל של גזים הנפלטים בתגובה? פרט את חישוביך.

התשובה

$$32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} : N_2H_4(l) \text{ של הידרזין, המסה המולרית של}$$

$$\frac{10,000 \text{ gr}}{32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 312.5 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של הידרזין שהגיבו:}$$

מספר המולים של הגזים שנפלטו בתגובה, על פי יחס המולים בניסוח התגובה:
על כל 2 מול $N_2H_4(l)$ שמגיבים, נפלטים 7 מול תוצרים גזיים.

$$312.5 \times \frac{7}{2} = 1093.75 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים הכולל של הגזים שנפלטו:}$$

בתגובה בה הגיבו 312.5 מול $N_2H_4(l)$, נפלטו 1093.75 מול גזים.

או:

חישוב בעזרת טבלה

$N_2O_4(l) + 2N_2H_4(l) \rightarrow 4H_2O(g) + 3N_2(g)$				יחידות	גדלים
1	2	4	3		יחס המולים בניסוח התגובה
	10,000			gr	מסה נתונה
	32			$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
	312.5	625	468.75	mol	מספר מולים
		1093.75		mol	מספר מולים כולל של גזים (תוצרים)

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לחשב, על פי ניסוח התגובה ולפי מספר המולים של המגיב, את מספר המולים הכולל של הגזים הנפלטים בתגובה. הטעויות האופייניות:

- קושי בהמרת יחידות - במעבר מקילוגרם לגרם.
 - חישוב שגוי של המסה המולרית של הידרזין - הכפלת מסה מולרית במקדם:
- $$32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 2 = 64 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המלצות

בתרגילים עם חישובים סטויכיומטריים מומלץ לתת מסה לא רק בגרמים אלא גם בקילוגרמים, בטונות, במיליגרמים, במיקרוגרמים.

שאלה לתרגול:

בניסויים "מדליקים" המוצגים לתלמידים משתמשים במלח אשלגן כלורט, $\text{KClO}_3(\text{s})$, שמתפרק בחימום תוך כדי יצירת גז חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$, ואשלגן כלורי, $\text{KCl}(\text{s})$.

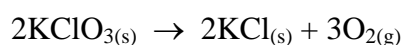
א. רשום ניסוח מאוזן לתגובה שמתרחשת.

ב. ציין את יחס המולים בין החומרים המשתתפים בתגובה.

ג. חשב את המסה של $\text{KClO}_3(\text{s})$, שיש לקחת כדי לקבל 745 ק"ג של $\text{KCl}(\text{s})$. פרט את חישוביך.

התשובה:

סעיפים א'-ב'



2 : 2 : 3

סעיף ג'

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

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

$$\frac{745,000 \text{ gr}}{74.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 10,000 \text{ mol}$$

מספר המולים של $\text{KCl}(\text{s})$ ב-745 ק"ג:

על פי התשובה בסעיף ב', 10,000 מול $\text{KCl}(\text{s})$ מתקבלים מ-10,000 מול $\text{KClO}_3(\text{s})$.

$$122.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{KClO}_3(\text{s})$:

המסה של $\text{KClO}_3(\text{s})$, שיש לקחת:

$$122.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 10,000 = 1,225,000 \text{ gr} = 1,225 \text{ kg}$$

סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 89)

(הציון בשאלון 037387 89)

איזו מתרכובות הברזל עשויה להימצא על פני הירח: $\text{FeS}(\text{s})$ או $\text{Fe}_2\text{S}_3(\text{s})$? נמק על פי הכתוב בקטע.

התשובה

קביעה:

$\text{FeS}(\text{s})$

נימוק:

על פי הקטע יוני הברזל היחידים על פני הירח הם מסוג Fe^{2+} , מכיוון שהם לא יכולים לעבור חמצון

ליוני Fe^{3+} . אין באטמוספירה של הירח מחמצן שיגרום לחמצון יוני Fe^{2+} ליוני Fe^{3+} .

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים הסיקו מסקנה נכונה מן הכתוב בטקסט מדעי. הופיעו טעויות מעטות - נימוקים שלא על פי הקטע:

- "התרכובת היא $S \cdot FeS_{(s)}$ מטור 6, ואז מטען היון הוא -2 , ויון ברזל חייב להיות $+2$ ".

סעיף ה' בחירה (הציון בשאלון 037381 92)

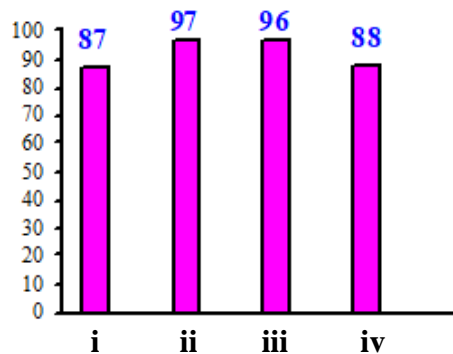
(הציון בשאלון 037387 93)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

האיזוטופ $^{182}_{74}W$ נוצר מן האיזוטופ $^{182}_{72}Hf$ בשני שלבים עוקבים של התפרקות רדיואקטיבית - שלב 1 ושלב 2.

האיזוטופ A הוא תוצר בשלב 1 ומגיב בשלב 2.

1. $^{182}_{72}Hf \rightarrow A +$ קרינה רדיואקטיבית מסוג ביטא
2. $A \rightarrow ^{182}_{74}W +$ קרינה רדיואקטיבית מסוג _____



תת-סעיף i (הציון 87)

מהו המספר האטומי של האיזוטופ A ?

התשובה

המספר האטומי של איזוטופ A הוא: 73

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את המספר האטומי של איזוטופ A. אותרו טעויות מעטות הנובעות מבלבול בין קרינה רדיואקטיבית מסוג ביטא לבין קרינה מסוג אלפא.

תת-סעיף ii (הציון 97)

מהו מספר המסה של האיזוטופ A ?

התשובה

מספר המסה של איזוטופ A הוא : 182

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים קבעו נכון את מספר המסה של איזומר A. לא אותרו טעויות.

תת-סעיף iii (הציון 96)

מהו סמל היסוד A ?

התשובה

A מסמל את היסוד טנטלום, Ta.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים זיהו נכון את היסוד טנטלום, Ta, שאותו מסמל היסוד A. לא אותרו טעויות.

תת-סעיף iv (הציון 88)

מהו סוג הקרינה הרדיואקטיבית הנפלטת בשלב 2 ?

התשובה

קרינה רדיואקטיבית מסוג ביתא, β .

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו להבחין בין קרינה רדיואקטיבית מסוג אלפא לבין קרינת ביטא, כולל השינויים הנלווים במעורבות של קרינות אלה בתגובות גרעיניות. הם זיהו קרינה רדיואקטיבית מסוג ביתא, β , כסוג הקרינה הרדיואקטיבית הנפלטת בשלב 2. לא אותרו טעויות משמעותיות.

המלצות לסעיף ה'

מומלץ לפתור את השאלות מחוברת שהוכנה ע"י מיכאל קויפמן: [מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום"](#): שאלות ותשובות מבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ז ושאלות ותשובות נוספות בנושא.

שאלה נוספת לתרגול

בפיצוץ העז שאירע בנמל ביירות נהרגו יותר ממאה בני אדם ונזק עצום נגרם באזורים נרחבים בעיר. על פי הדיווחים, החומר שהתפוצץ היא אמוניום חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$. חומר זה משמש דשן נפוץ מאוד, שגרם בעבר לשורה ארוכה של אסונות קשים. בעיתונות דווח על אש במחסן הזיקוקים הסמוך, וייתכן שזה היה הגורם להתלקחות שהובילה לפיצוץ הדשן.

בפירוק מושלם של אמוניום חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, נוצרים גזים שאינם מסוכנים: גז חנקן, $\text{N}_2(\text{g})$, גז חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$, ואדי מים, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. אולם פירוק מושלם לא מתרחש כמעט אף פעם. אחד התוצרים של הפירוק הלא מושלם הוא גז חנקן דו-חמצני, $\text{NO}_2(\text{g})$, הרעיל בריכוזים גבוהים, ונראה כעשן אדום. בגלל הסכנות הנשקפות מאמון חנקתי, מדינות רבות קבעו כללים לאחסון הדשן, המגבילים, בין השאר, את הכמות שמותרת לאחסון שלו במקום אחד, את סוגי החומרים שמותר לאחסן בסמוך ואת תנאי האחסון, כמו אוורור. הסיבות לרוב האסונות, שאירעו עם אמוניום חנקתי, קשורות בעיקר לגורם האנושי. סעיף א'

בפירוק מושלם של אמוניום חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, נוצרים: גז חנקן, $\text{N}_2(\text{g})$, גז חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$, ואדי מים, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.

תת-סעיף i

נסח ואזן את תגובת הפירוק המושלם של $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$.

תת-סעיף ii

חשב את מספר המולים הכולל של הגזים הנפלטים בתגובה, שניסחת בתת-סעיף א' i, אם הגיבו בה בשלמות 940 ק"ג $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$. פרט את חישוביך.

סעיף ב'

לפניך שני היגדים, i ו-ii המתייחסים לתגובה שניסחת בתת-סעיף א' i.

קבע עבור כל אחד מן ההיגדים אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה על פי הקטע.

תת-סעיף i

עבור התגובה שניסחת בתת-סעיף א' i, $\Delta H^\circ > 0$, כי, על פי הקטע, האש במחסן הזיקוקים הסמוך גרם להתלקחות שהובילה לפיצוץ הדשן.

תת-סעיף ii

אנרגיית השפעול של התגובה, שניסחת בתת-סעיף א' i, גבוהה, ולכן בתנאים מתאימים אפשר לאחסן דשן במחסן.

סעיף ג'

תת-סעיף i

תן דוגמה לגורם אנושי שיכול היה לגרום לפיצוץ בנמל ביירות.

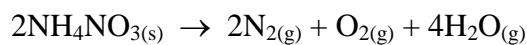
תת-סעיף ii

הסבר את אחד מכללי הבטיחות שנקבעו על ידי מדינות רבות בנוגע לאחסון הדשן $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$.

התשובה:

סעיף א'

תת-סעיף i



תת-סעיף ii

המסה המולרית של $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$: $80 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ שהגיבו: $\frac{940,000 \text{ gr}}{80 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 11,750 \text{ mol}$

מספר המולים של הגזים שנפלטו בתגובה, על פי יחס המולים בניסוח התגובה:
על כל 2 מול $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ שהגיבו, נפלטו 7 מול תוצרים גזיים.

מספר המולים הכולל של הגזים שנפלטו: $\frac{11750 \text{ mol} \times 7 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 41,125 \text{ mol}$

בתגובה בה הגיבו 11,750 מול $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, נפלטו 41,125 מול גזים.

סעיף ב'

תת-סעיף i

ההיגד אינו נכון. התגובה היא אקסותרמית כי התרחש פיצוץ, ז.א. נפלטת אנרגיה רבה. החימום ההתחלתי סיפק לתגובה את אנרגיית השפעול הדרושה.

תת-סעיף ii

ההיגד נכון. אנרגיית השפעול של התגובה גבוהה וקצב התגובה בתנאי החדר נמוך.

סעיף ג'

- ההחלטה לאחסן כמות גדולה של דשן במחסן אחד, כשטמפרטורת הסביבה די גבוהה.
- מיקום של מחסן עם הדשן ליד מחסן הזיקוקים הדליקים.
- אוורור לא מספיק של המחסן.

הנחיות למענה על שאלות 10-14:

ענה על **שלוש** מן השאלות 10 - 14 (לכל שאלה - 20 נקודות).

בכל שאלה **אחד** מן הסעיפים הוא רשות:

מספר השאלה	סעיפי הרשות בשאלון 037381	סעיפי הרשות בשאלון 037387 (מתוקשב)
10	ג. iv	ד
11	ב. i	ב
12	ד	ד
13	ד	ד
14	ד	ד

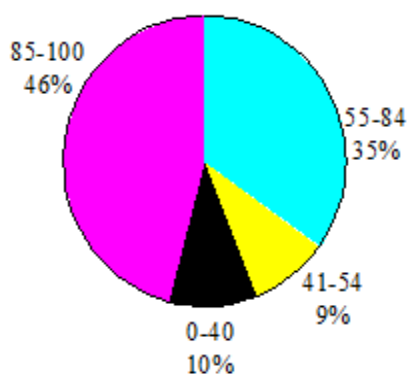
מותר לך לענות על סעיף הרשות, אך סך הנקודות שתוכל לצבור בכל שאלה לא יעלה על 20.

ניתוח שאלה 10

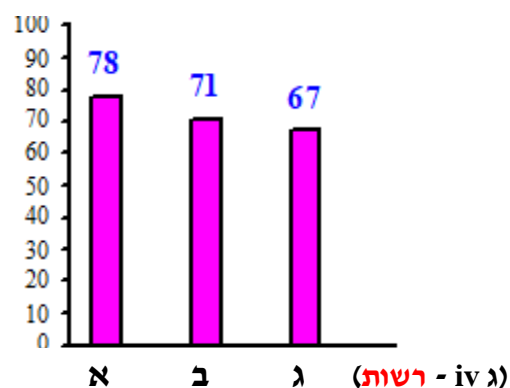
מושגי יסוד ומבנה וקישור

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 59% מהתלמידים

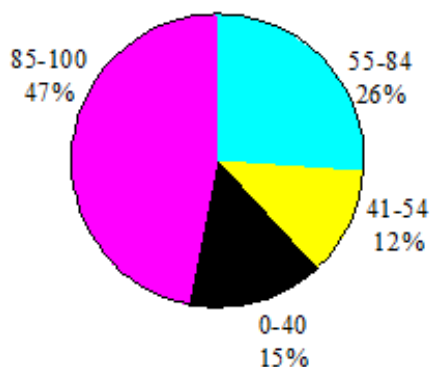


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 76
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

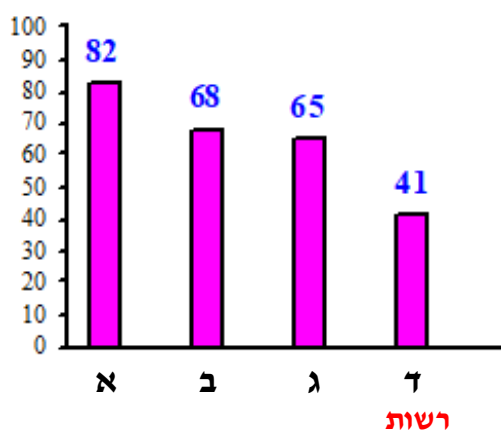


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 64% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 75
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע מצב צבירה של חומר בטמפרטורת החדר, על פי טמפרטורת רתיחה וטמפרטורת היתוך הנתונים של החומר.
- ◀ לזהות קבוצות פונקציונליות במולקולות של תרכובת פחמן על פי ציורי המודלים של מולקולות התרכובת.
- ◀ לקבוע סוגי תנועה של מולקולות החומר במצבי צבירה שונים.
- ◀ להבחין בין תיאור החומרים ברמה מאקרוסקופית לבין תיאורם ברמה מיקרוסקופית.
- ◀ לקשר בין תיאור החומר ברמה מיקרוסקופית באיור - רמת הסמל, לבין תיאור החומרים ברמה מאקרוסקופית ותיאורם ברמה מיקרוסקופית (בעזרת המקרא הנתון).
- ◀ לקשר בין מצב הצבירה (רמה מאקרוסקופית) לאופני תנועה (רמה מיקרוסקופית).
- ◀ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים, כגון טמפרטורת רתיחה, ולהסביר את הקשר בהתבסס על האינטראקציות הפועלות בין המולקולות.
- ◀ להגדיר תמיסה כתערובת של מולקולות משני סוגים המפוזרות באופן אחיד כך שנוצרת תערובת אחידה ברמה מיקרוסקופית.
- ◀ לנסח את תהליך ההמסה במים של חומר מולקולרי.
- ◀ להסביר את עקרונות המסיסות במים של חומרים מולקולריים ברמה מיקרוסקופית.
- ◀ להשוות בין תערובת הומוגנית לבין תערובת הטרוגנית ברמה מאקרוסקופית.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

שאלון 037381

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

שאלון 037387

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

פתיח לשאלה

השאלה דנה במבנה ובתכונות של שני חומרים מולקולריים A ו-B הנמצאים בשני כלים נפרדים. לפניך טבלה שבה נתונים על שני חומרים:

החומר	טמפרטורת היתוך (°C)	טמפרטורת רתיחה (°C)
A	-45	157
B	-114	78

סעיף א' (הציון בשאלון 037381 78)

(הציון בשאלון 037387 82)

מהו מצב הצבירה של כל אחד מן החומרים A ו-B בטמפרטורת החדר (25°C)? נמק.

התשובה

קביעה:

שני החומרים A ו-B הם במצב צבירה נוזל בטמפרטורת החדר.

נימוק:

טמפרטורת החדר, 25°C, נמצאת מעל לטמפרטורת ההיתוך של כל אחד משני החומרים אך מתחת לטמפרטורת הרתיחה שלהם.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני פלוס. רוב התלמידים קבעו נכון את מצב הצבירה של החומרים בטמפרטורת החדר, על פי טמפרטורת רתיחה וטמפרטורת היתוך של החומרים האלה, אך חלק מהתלמידים כתבו נימוק שגוי או לא נימוק כלל. אפשר למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

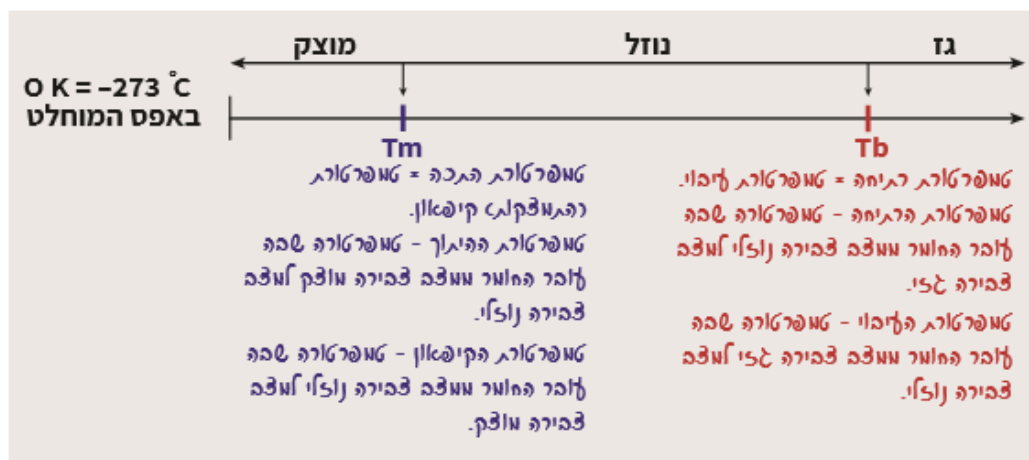
1. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי או חוסר נימוק:
 - ◆ נימוק שגוי המצביע על חוסר הבנה של הקשר בין טמפרטורות היתוך ורתיחה לבין מצב הצבירה של החומר:
 - ◆ "מצב הצבירה של חומר A הוא נוזל, מכיוון שטמפרטורת הרתיחה גבוהה מ-100°C אך לא גבוהה מספיק כדי שהחומר יהיה מוצק."
 - ◆ התייחסות לטמפרטורת רתיחה בלבד או לטמפרטורת היתוך בלבד:
 - ◆ "נוזל, בגלל שטמפרטורת ההיתוך של החומר נמוכה מ-25°C."

2. קביעה שגוייה וניסיון לנמקה. הטעויות נובעות מחוסר הבנה של משמעות המושגים :
 טמפרטורת היתוך וטמפרטורת רתיחה - התייחסות אל טמפרטורת היתוך כאל טמפרטורת
 רתיחה :

- "גז, משום שטמפרטורת היתוך נמוכה מטמפרטורת החדר."
- "החומרים במצב גז, כי טמפרטורת היתוך שלהם במינוס."
- "בטמפרטורת החדר חומר A הוא מוצק, כי טמפרטורת החדר אינה קרובה לטמפרטורת היתוך."

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את משמעות המעבר של חומרים בין מצבי צבירה, ולהתייחס בהסבר גם לרמה מאקרוסקופית וגם לרמה מיקרוסקופית.
 מומלץ לבצע עם התלמידים שאלון דיאגנוסטי - [משימת החרב](#) המופיעה באתר של קבוצת הכימיה.
 למשימה זו יש ערכה להוראה מותאמת אישית הכוללת את השאלון ואת ההצעות לדרכי טיפול -
 כמו למשל משחק הכרטיסיות.
 מומלץ לתרגל, בין היתר, דוגמאות של חומרים עם ערכים של טמפרטורת היתוך וטמפרטורת רתיחה שליליים במעלות צלזיוס.
 אפשר לבנות עם התלמידים את הסולם המופיע בערכה למורה של משימת החרב :

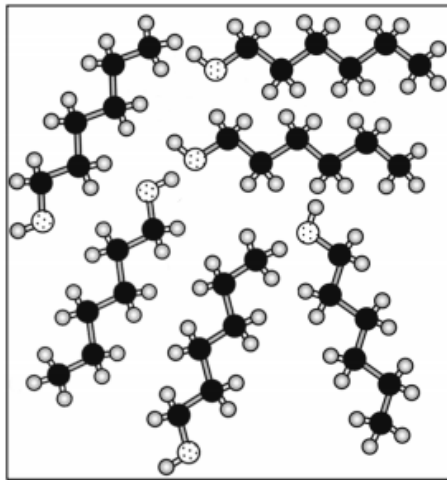


סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 71)

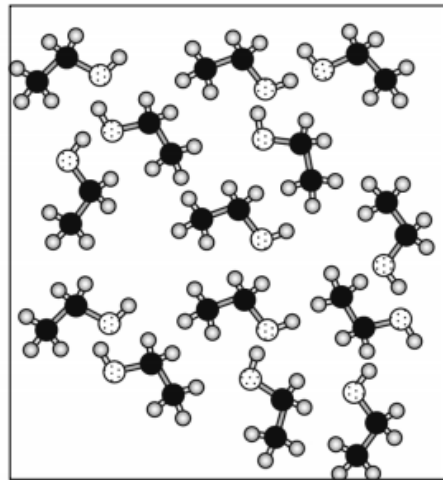
(הציון בשאלון 037387 68)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

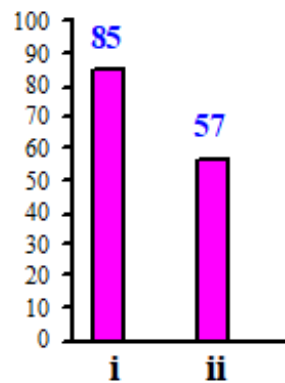
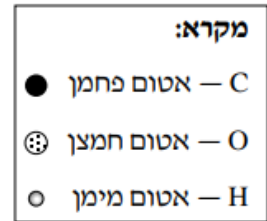
לפניך שני איורים המתארים באופן חלקי את המבנה המיקרוסקופי של שני החומרים A ו-B בטמפרטורת החדר.



איור 2



איור 1



תת-סעיף i (הציון 85)

- לפניך ארבעה היגדים d-a. בנוגע לכל אחד מהם, ציין אם הוא נכון או לא נכון.
- a. המולקולות של שני החומרים מורכבות מאותם סוגים של אטומים.
 - b. הקבוצה הפונקציונלית של מולקולות חומר A שונה מן הקבוצה הפונקציונלית של מולקולות חומר B.
 - c. מספר אטומי הפחמן במולקולות חומר A שונה ממספר אטומי הפחמן במולקולות חומר B.
 - d. בשני החומרים A ו-B אופני התנועה של המולקולות הם מסוג תנודה (ויברציה) בלבד.

התשובה

- a. נכון
- b. לא נכון
- c. נכון
- d. לא נכון

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון עבור כל היגד אם הוא נכון או אינו נכון. הם זיהו נכון את הקבוצות הפונקציונליות במולקולות של שתי התרכובות, על פי ציורי המודלים של מולקולות התרכובות; כמו כן הם קבעו נכון את סוגי התנועה בנוזלים. היו תלמידים שטעו בקביעה לגבי היגד d, חלקם טעו בגלל שקבעו בסעיף א' שהחומרים הם מוצקים בתנאי החדר (טעות נגררת).

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים צורות ייצוג שונות של מולקולות, כולל צורת ייצוג מסוג כדור מקל. מומלץ להרבות בעבודה בקבוצות עם ציורים ומודלים. כדאי לתרגל עם תלמידים זיהוי קבוצות פונקציונליות בצורות ייצוג שונות.

תת-סעיף ii (הציון 57)

בהתבסס על האינטראקציות הפועלות בין המולקולות, קבע באיזה מן האיורים, איור 1 או איור 2, מתואר המבנה המיקרוסקופי של חומר A. נמק.

התשובה

קביעה:

איור 2 מתאר את המבנה המיקרוסקופי של חומר A.

נימוק:

האינטראקציות הפועלות בין המולקולות בשני החומרים הן אינטראקציות ון-דר-ולס (וקשרי מימן). למולקולות המתוארות באיור 2 יש ענן אלקטרוני (או: שייר פחמימני או: מספר אטומי פחמן) גדול יותר מאשר למולקולות המתוארות באיור 1.

אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות המתוארות באיור 2 חזקות יותר מאשר אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות המתוארות באיור 1.

האנרגייה הנדרשת לניתוק הכוחות שבין המולקולות המתוארות באיור 2 גדולה מהאנרגייה

הנדרשת לניתוק הכוחות שבין המולקולות המתוארות באיור 1.

טמפרטורת ההיתוך וטמפרטורת הרתיחה של חומר A גבוהות מאלו של חומר B, ולכן איור 2

מתאר את המבנה המיקרוסקופי של חומר A.

יש לציין שבין המולקולות של שני הנוזלים יש גם קשרי מימן, אך התרומה שלהם לאינטראקציות הבין מולקולריות בין שני הנוזלים דומה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. רוב התלמידים התקשו לקבוע נכון באיזה מן האיורים מתואר המבנה המיקרוסקופי של חומר A ולהסביר את קביעתם. אותרו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:
1. קביעה שגויה המלווה בנימוק שגוי כתוצאה מחוסר יכולת לנתח את כל הנתונים בשאלה בגלל חוסר הבנה כיצד לקשר בין הגורמים המשפיעים על טמפרטורת הרתיחה של החומר. רוב הטעויות נובעות מהתייחסות לקשרי מימן כאל קשרים בין מולקולריים החזקים ביותר:
 - "חומר A מתואר באיור 1 כי קשרי המימן בין המולקולות חזקים יותר."
 - "חומר A מתואר באיור 1 בגלל שבאיור 2 אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות חלשות מקשרי מימן בין המולקולות של חומר A."
 - "חומר A מתואר באיור 1 כי קשרי המימן בין המולקולות שבו חזקים יותר, מה שגורם לטמפרטורת הרתיחה גבוהה יותר."
 2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי.
 - ♦ חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:
 - "חומר A מתואר באיור 2, מכיוון שטמפרטורת הרתיחה שלו גבוהה יותר. הדבר מעיד על כך שיש לו קשרים קוולנטיים שגורמים לחומר להיות חזק יותר."
 - "איור 2 מתאר חומר A. במולקולות באיור זה יש יותר אטומי פחמן ומימן מאשר במולקולות שבאיור 1. לכן נוצרים יותר קשרים המחזקים את המולקולה ונדרש יותר כוח לפרק אותה."
 - ♦ השוואה שגויה בין ערכי טמפרטורות היתוך ורתיחה:
 - "איור 2 מתאר חומר A. טמפרטורות היתוך ורתיחה של חומר זה גבוהות יותר, לכן הקשרים בחומר חזקים וארוכים יותר."

המלצות

בכתיבת תשובות לשאלות העוסקות בכוחות בין מולקולריים מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלאות על פי התבנית המופיעה בעמוד 10 בחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה:

[חוברת בנושא "מבנה וקישור".](#)

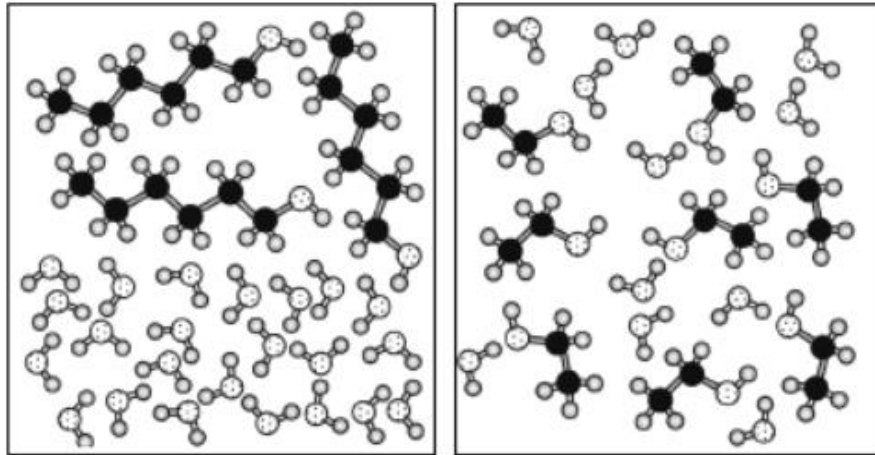
כמו כן מומלץ לתרגל עם התלמידים מקרים שבהם אינטראקציות ון-דר-ולס חזקים מקשרי מימן בשל ההבדל הגדול בגודל ענן האלקטרוני של מולקולות החומרים (כאשר מספר המוקדים ליצירת קשרי מימן שווה במולקולות של שני החומרים). מומלץ לתרגל עם התלמידים מעבר ממודלים לייצוג מקוצר ומלא של נוסחאות מבנה.

סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 67)

(הציון בשאלון 037387 65 - תת-סעיפים i-iii בלבד)

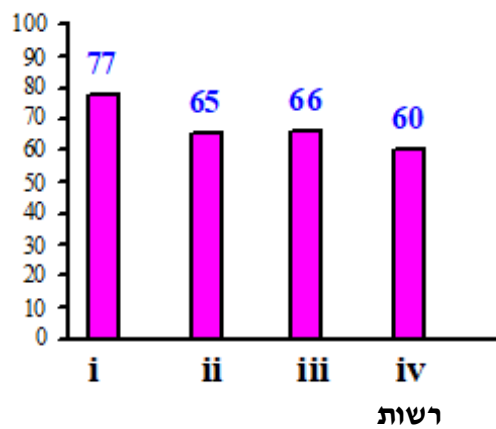
ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

לכל אחד מן הכלים שבהם נמצאים החומרים A ו-B, הוסיפו נפח זהה של מים וערבבו. באיורים 3 ו-4 מתואר המבנה המיקרוסקופי של תערובת כל אחד מן החומרים עם מים לאחר הערבוב.



איור 4

איור 3



תת-סעיף i (הציון 77)

קבע באיזה מן האיורים, איור 3 או איור 4, מתוארת תמיסה באופן מיקרוסקופי. נמק את קביעתך.

התשובה

קביעה:

איור 3

נימוק :

איור 3 מתאר תערובת של מולקולות משני סוגים המפוזרות באופן אחיד כך שנוצרת תערובת אחידה (תוך כדי יצירת תמיסה). (באיור 4 מתוארות שתי שכבות של נוזלים. תיאור זה הינו תערובת של שני סוגי מולקולות שאין בה פיזור אחיד ואין יצירת תמיסה).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני פלוס. רוב התלמידים קבעו נכון שאיור 3 מתאר תמיסה באופן מיקרוסקופי, אך חלק מהם טעו בנימוק. הטעות האופיינית היא קושי בתיאור התמיסה כמבנה מיקרוסקופי של תערובת אחידה של מולקולות משני סוגים :

- "באיור 3, כי החומר נמס במים."
- "איור 3 מתאים, מכיוון שיש ערבוב מולקולות C_2H_6O עם מולקולות המים."
- "באיור 3, כי יש קשרי מימן בין מולקולות החומר למולקולות המים."
- "איור 3 מתאים לתיאור תמיסה באופן מיקרוסקופי ואילו איור 4 מתאים לתיאור תמיסה באופן מאקרוסקופי, כי ניתן להבחין במולקולות המים ובמולקולות החומר בנפרד."

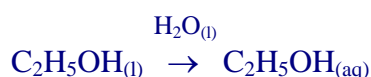
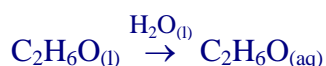
המלצות

מומלץ לאחר כל ניסוי לבקש מהתלמידים לתאר את המגיבים ואת התוצרים ברמה מאקרוסקופית, ברמה מיקרוסקופית וברמת הסמל - על פי ההנחיות בנספח לסילבוס: [דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות \(מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל\)](#), הנמצא באתר המפמ"ר. מומלץ בכל תרגיל, שבו מוזכר חומר כלשהו, לבקש מהתלמידים לתאר אותו ברמה מאקרוסקופית, ברמה מיקרוסקופית וברמת הסמל. כמו כן, מומלץ לעבור עם התלמידים על המצגת שערכה גליה גויכברג: [דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות](#), ולאחר מכן לנתח דוגמאות נוספות. המצגת נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

תת-סעיף ii (הציון 65)

נסח את תגובת ההמסה במים של החומר המתאים לאיור שבחרת בתת-סעיף i.

התשובה



או:

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לנסח את תגובת ההמסה של כוהל במים. הטעויות נובעות מחוסר הבנה מהם החלקיקים הנמצאים בתמיסה של חומר מולקולרי במים. הטעויות האופייניות:

- ♦ זיהוי שגוי של כוהל כחומר יוני, ללא רישום ממס על החץ:
- ♦ $C_2H_5OH_{(l)} \rightarrow C_2H_5^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
- ♦ רישום מים כמגיב וכחלק ממולקולת התוצר:
- ♦ $C_2H_5OH_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_5OH_3O_{(l)}$
- ♦ רישום מים כמגיב וכממס בתוצרים:
- ♦ $C_2H_5OH_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_5OH_{(aq)}$

המלצות

מומלץ לתרגל עם תלמידים רישום הניסוחים של תהליכי המסה של חומרים מולקולריים במים ובממסים נוספים. מומלץ לתרגל את [מפת מושגים המתארת את התהליכים המתרחשים בהוספת מים לחומרים שונים](#) 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 26.

תת-סעיף iii (הציון 66)

הסבר מדוע החומר האחר לא התמוסס במים. בתשובתך התבסס על האינטראקציות בין החלקיקים.

התשובה

(בין המולקולות של חומר A יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס.)
במולקולות של חומר A יש חלק הידרופובי גדול יחסית (או: שייר פחמימני גדול או: שרשרת אטומי פחמן ארוכה) וחלק הידרופילי קטן.
בין השיירים הפחמימניים נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס.
השייר הפחמימני מפריע ליצירת קשרי מימן עם מולקולות המים.
לכן המסיסות של חומר A במים נמוכה מאוד.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר ברמה מיקרוסקופית מדוע חומר A לא מתמוסס במים. הסיבה לכך היא חוסר הבנה של כללי המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים מולקולריים. הטעויות האופייניות:

- ◆ כתיבת סיסמאות במקום הסבר:
- "חומר מולקולרי מתמוסס בחומר מולקולרי, אך רק אם החומרים מתאימים לכך."
- ◆ חוסר התייחסות לסוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומר A ובמים:
- "המולקולות באיור 4 הן גדולות ולא מתערבבות עם מולקולות המים."
- "באיור 4 מוצג חומר שמתמוסס בשמן ולא במים."

המלצות

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את השלים 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. לדוגמה, קביעת המסיסות של חומר A במים:

הממס: מים $H_2O_{(l)}$	המומס: חומר A $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH_{(l)}$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכבים החומרים
קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס	מעט קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות בין מולקולות החומרים
אפשרות ליצירת קשרי מימן מעטה, כי במולקולות של חומר A יש מעט מוקדים ליצירת קשרי מימן.		סוגי הכוחות היכולים להיווצר בין מולקולות הממס למולקולות המומס במהלך ההמסה
המסיסות של חומר A במים זניחה.		המסקנה

תת-סעיף ג iv בשאלון 37381 (הציון 60) = סעיף ד בשאלון 37387 (הציון 41)

מהו ההבדל המאקרוסקופי בין שתי התערובות המתוארות באיורים 3 ו-4 ?

התשובה

הנוזל המתואר באיור 3 נראה כנוזל אחיד (או: כתערובת הומוגנית) ואילו הנוזל המתואר באיור 4 נראה כשתי שכבות נוזליות שאינן מתערבבות (או: כתערובת הטרוגנית).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציונים נמוכים. תלמידים רבים טעו מפני שהתקשו להבחין בין רמה מאקרוסקופית לבין רמה מיקרוסקופית של תערובות:

- "ההבדל המאקרוסקופי הוא שבאיור 3 אפשר לראות שהמולקולות מעורבות אחת עם השנייה ובאיור 4 מולקולות המים נמצאות בנפרד."
- "באיור 3 התערובת מכילה את מולקולות המים ובאיור 4 היא לא נותנת למולקולות המים להיכנס בין מולקולות החומר."
- "הנוזל המתואר באיור 3 הוא מולקולות מים ומולקולות חומר שהתערבבו. הנוזל המתואר באיור 4 הוא מולקולות מים שלא התערבבו עם מולקולות החומר."

המלצות

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

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

כמו כן, מומלץ לעבור עם התלמידים על המצגת שערכה גליה גויכברג: [דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות](#), ולאחר מכן לנתח דוגמאות נוספות. המצגת נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

מומלץ להתנסות ב**יחידת לימוד מיקרו-מאקרו** שנערכה במסגרת קהילת מובילים תש"ף על ידי טובי הוכמן, נורית דקלו, יעל ארנרייך, רותי בינס. היחידה עוסקת בתיאורים מאקרוסקופיים ומיקרוסקופיים של מספר חומרים. הקישור זמין לעריכה כך שרצוי שכל מורה שעושה בו שימוש יכין עותק לעצמו לפני שינוי ומתן לתלמידים.

שאלות נוספות לתרגול

שאלה 1

- החנקן רותח בטמפרטורה של -196°C וקופא בטמפרטורה של -210°C .
- באיזו טווח הטמפרטורות יימצא החנקן במצב צבירה מוצק?
- בטמפרטורה גבוהה מ- -196°C ונמוכה מ- -210°C
 - בטמפרטורה נמוכה מ- -210°C
 - בטמפרטורה נמוכה מ- -196°C
 - בטמפרטורה נמוכה מ- -196°C וגבוהה מ- -210°C

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

טמפרטורת הקיפאון היא -210°C .

לכן בטמפרטורה נמוכה יותר מטמפרטורה זו החנקן יימצא במצב צבירה מוצק.

שאלה 2

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על פחמן דו-גופרי, CS_2 .

מצב צבירה בטמפרטורה :			טמפרטורת רתיחה	טמפרטורת היתוך	החומר
$-15^{\circ}C$	$97^{\circ}C$	$-127^{\circ}C$	T_b	T_m	
			$46^{\circ}C$	$-112^{\circ}C$	CS_2

סעיף א'

השלם את הטבלה. נמק.

סעיף ב'

ציין תכונה מאקרוסקופית ותכונה מיקרוסקופית של פחמן דו-גופרי בטמפרטורת החדר.

סעיף ג'

ציין טווח הטמפרטורות שבו כוחות המשיכה בין חלקיקי החומר חלשים מאוד.

התשובה

סעיף א'

מצב צבירה בטמפרטורה :			טמפרטורת רתיחה	טמפרטורת היתוך	החומר
$-15^{\circ}C$	$97^{\circ}C$	$-127^{\circ}C$	T_b	T_m	
נוזל	גז	מוצק	$46^{\circ}C$	$-112^{\circ}C$	CS_2

בטמפרטורה $-127^{\circ}C$ פחמן דו-גופרי יהיה במצב צבירה מוצק.

בטמפרטורה נמוכה מטמפרטורת היתוך החומר יימצא במצב צבירה מוצק.

לכן בטמפרטורה נמוכה מ- $-112^{\circ}C$ פחמן דו-גופרי יהיה במצב מוצק.

בטמפרטורה $-15^{\circ}C$ פחמן דו-גופרי יהיה במצב צבירה נוזל.

בטמפרטורה גבוהה מטמפרטורת היתוך ונמוכה מטמפרטורת רתיחה החומר יימצא במצב נוזל.

לכן בטמפרטורה גבוהה מ- $-112^{\circ}C$ ונמוכה מ- $46^{\circ}C$ פחמן דו-גופרי יהיה במצב נוזל.

בטמפרטורה $97^{\circ}C$ פחמן דו-גופרי יהיה במצב צבירה גז.

בטמפרטורה גבוהה מטמפרטורת רתיחה החומר יימצא במצב צבירה גז.

לכן בטמפרטורה גבוהה מ- $46^{\circ}C$ פחמן דו-גופרי יהיה במצב גז.

סעיף ב'

תכונה מאקרוסקופית: נוזל בטמפרטורת החדר.

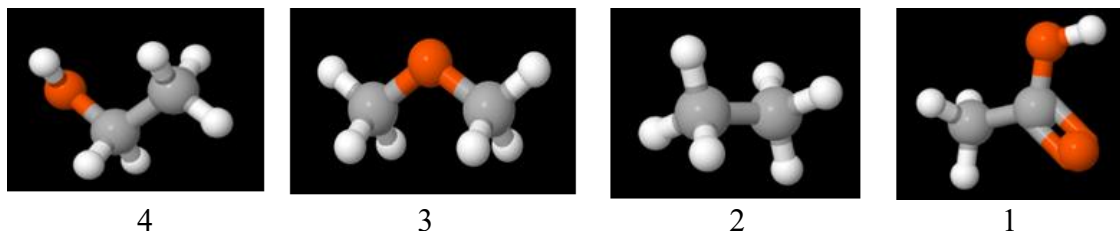
תכונה מיקרוסקופית: החלקיקים נעים באופני תנועה: תנועה וסיבוב.

סעיף ג'

בטמפרטורה גבוהה מ- 46°C פחמן דו-גופרי יהיה במצב גז.
בין חלקיקי החומר במצב צבירה גז כוחות המשיכה בין החלקיקים חלשים מאוד.

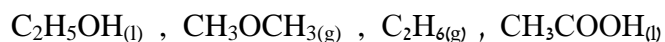
שאלה 3

לפניך תמונות מודלים של ארבעה תרכובות פחמן.



סעיף א'

נתונות נוסחאות של ארבע תרכובות פחמן:



i תת-סעיף i

רשום ייצוג מלא של נוסחת מבנה למולקולה של כל אחת מן התרכובות.

ii תת-סעיף ii

רשום ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה למולקולה של כל אחת מן התרכובות.

iii תת-סעיף iii

רשום את הנוסחאות של הקבוצה הפונקציונלית במולקולה של כל אחת מן התרכובות שמכילות אטומי חמצן.

סעיף ב'

התאם כל אחת מן הנוסחאות לתמונת המודל.

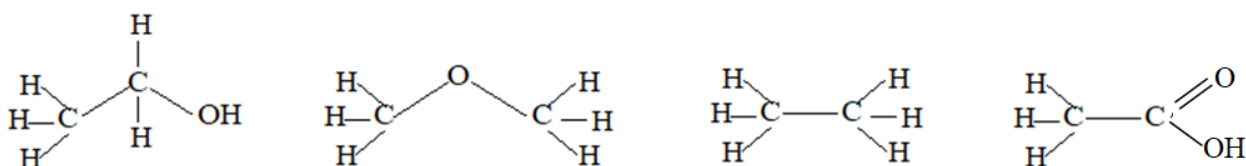
סעיף ג'

קבע באילו מן התרכובות הנתונות יש קשרי מימן בין המולקולות. נמק.
(אפשר לבקש לצייר עבור כל אחת מן התרכובות קשר מימני אפשרי בין שתי מולקולות התרכובות.)

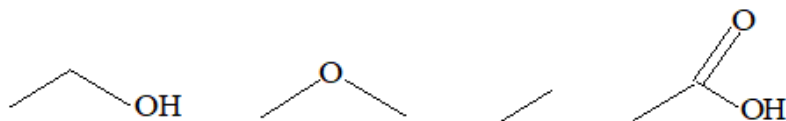
התשובה

סעיף א'

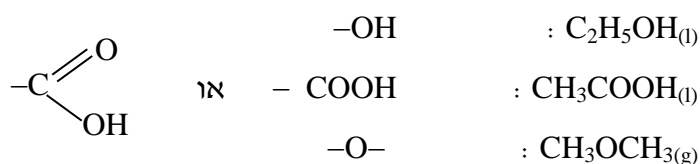
i תת-סעיף i



תת-סעיף ii



תת-סעיף iii



סעיף ב'

מודל 1 : $\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$

מודל 2 : $\text{C}_2\text{H}_6_{(g)}$

מודל 3 : $\text{CH}_3\text{OCH}_3_{(g)}$

מודל 4 : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$

סעיף ג'

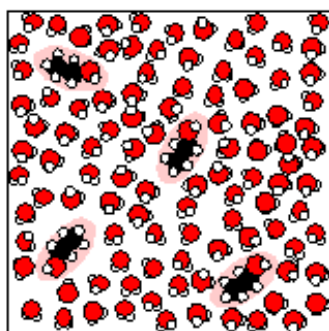
בין המולקולות של $\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$ ו- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$ יש קשרי מימן.
 בכל מולקולה של שני החומרים יש אטום מימן החשוף מאלקטרוני שמחובר בקשר קוולנטי לאטום חמצן.

שאלה 4

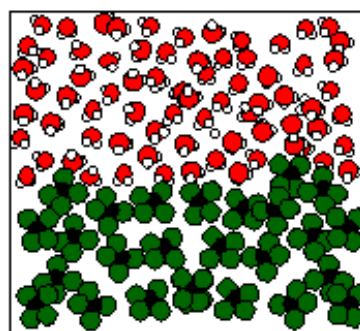
בכל אחד מן האיורים 1 ו- 2 מתואר מבנה מיקרוסקופי של שני חומרים :

באיור 1 - מים ופחמן ארבע כלורי

באיור 2 - מים ואתאנול



איור 2



איור 1

סעיף א'

קבע באיזה מן האיורים, 1 או 2, מתוארת תמיסה באופן מיקרוסקופי. נמק את קביעתך.

סעיף ב'

נסח את תגובת ההמסה במים של החומר המתאים לאיור שבחרת בסעיף א'.

סעיף ג'

הסבר מדוע החומר שבאיור האחר לא התמוסס במים. בתשובתך התבסס על האינטראקציות בין החלקיקים.

סעיף ד'

המורה ביקשה מהתלמידים לרשום תיאור מיקרוסקופי למה שמתואר באיורים 1 ו-2. לפניך תיאור של אחד מן התלמידים:

"באיור 2 מולקולות המים התערבבו עם מולקולות האתאנול, והתקבל נוזל אחיד חסר צבע. לעומת זאת באיור 1 מולקולות המים לא הצליחו להתערבב עם מולקולות של פחמן ארבע כלורי, והתקבלו שתי שכבות שלא התערבבו יחד, התקבלה תערובת הטרוגנית."

תת-סעיף i

ציין שני פרטים בתיאור של התלמיד שלא מתאימים לתיאור ברמה מיקרוסקופית.

תת-סעיף ii

מהו ההבדל המאקרוסקופי בין האיורים 1 ו-2?

התשובה

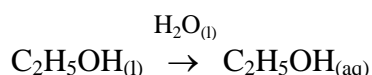
סעיף א'

קביעה: איור 2

נימוק:

איור 2 מתאר באופן מיקרוסקופי תערובת של מולקולות משני סוגים המפוזרות באופן אחיד כך שנוצרת תערובת אחידה (תוך כדי יצירת תמיסה). (באיור 1 מתוארת תערובת של שני סוגי מולקולות שאין בה פיזור אחיד ואין יצירת תמיסה.)

סעיף ב'



סעיף ג'

בין המולקולות של פחמן ארבע כלורי יש אינטראקציות ון-דר-ולס. בין מולקולות המים יש קשרי מימן. אין אפשרות ליצירת קשרי מימן בין המולקולות של פחמן ארבע כלורי לבין מולקולות המים. המולקולות של פחמן ארבע כלורי לא יכולות להתפזר בין מולקולות המים. לכן פחמן ארבע כלורי אינו מתמוסס במים.

סעיף ד'

תת-סעיף i

"נוזל אחיד" ו"חסר צבע". פרטים אלה מתאימים לרמה מאקרוסקופית.

תת-סעיף ii

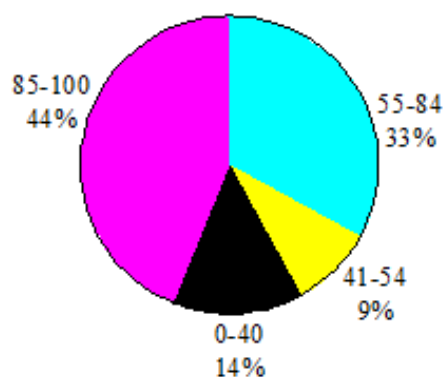
הנוזל המתואר באיור 2 נראה כנוזל אחיד (אז: כתערובת הומוגנית) ואילו הנוזל המתואר באיור 1 נראה כשתי שכבות נוזליות שאינן מתערבבות (אז: כתערובת הטרוגנית).

11 ניתוח שאלה 11

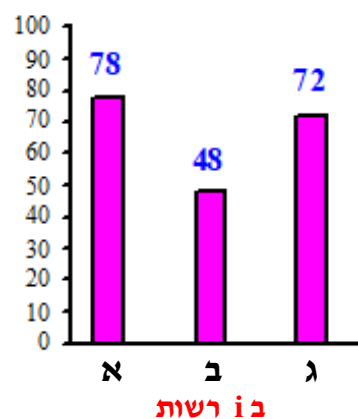
חמצון-חיזור וסטויכיומטריה

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 68% מהתלמידים

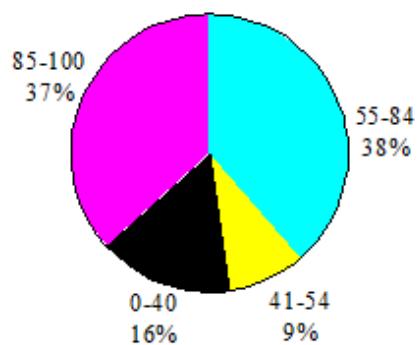


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 74
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

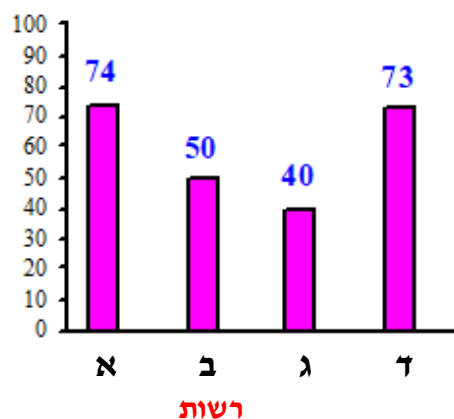


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 68% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להבחין בין המושגים: מחמצן - מחזור, חמצון - חיזור, תוצר חמצון - תוצר חיזור.
- לקבוע עבור מגיב בתגובת חמצון-חיזור אם הוא מחמצן, מחזור או גם מחמצן וגם מחזור - על פי שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה.
- לנתח את נתוני השאלה ואת תיאור הניסוי ולהסיק מסקנות: אם מוסיפים חומר מחזור אז המגיב הנוסף צריך לעבור חיזור ולפעול כמחמצן.
- לחשב את מספר המולים של אלקטרונים שעוברים במהלך התגובה של חמצון-חיזור.
- להמיר יחידות מסה: מיקרוגרם, מיליגרם, גרם, קילוגרם.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים על פי ניסוח תגובת:
 - חישוב מספר המולים של חומר על פי המסה והמסה המולרית שלו.
 - חישוב המסה של חומר על פי מספר המולים והמסה המולרית שלו.
 - חישוב נפח הגז על פי מסת החומר ונפח מולרי של גז.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

שאלון 037381

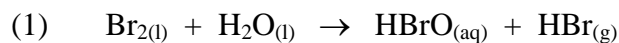
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
יישום	i	א
אנליזה	ii	
יישום	i (רשות)	ב
יישום	ii	
הבנה	i	ג
יישום	ii	
יישום	iii	

שאלון 037387

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

פתיח לשאלה

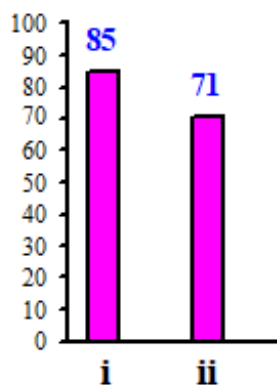
ישראל היא אחת היצרניות הגדולות ביותר בעולם של היסוד ברום, $\text{Br}_{2(l)}$, ותרבותיו. לפניך תגובה (1) שבה ברום מגיב עם מים ליצירת תמיסת $\text{HBrO}_{(aq)}$, שיכולה לשמש לחיטוי והלבנה.



סעיף א' (הציון בשאלון 037381 78)

(הציון בשאלון 037387 74)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 85)

קבע אם $\text{Br}_{2(l)}$ מגיב בתגובה (1) רק כחמצן, רק כמחזור או גם כחמצן וגם כמחזור. נמק את קביעתך.

התשובה

קביעה:

בתגובה (1) הברום, $\text{Br}_{2(l)}$, מגיב גם כחמצן וגם כמחזור.

נימוק:

דרגת החמצון של אטומי הברום במגיבים היא 0

דרגת החמצון של אטומי הברום בתוצרים היא +1 ו-1

דרגת החמצון של אטומי הברום גם עלתה וגם ירדה, לכן אטומי הברום הגיבו גם כמחזור וגם כחמצן

(או: חלק מאטומי הברום קיבלו אלקטרונים, עברו חיזור, כלומר הגיבו כחמצן וחלק מאטומי הברום איבדו אלקטרונים, עברו חמצון, כלומר הגיבו כמחזור.)

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון שהמגיב $\text{Br}_{2(l)}$ פועל בתגובה (1) גם כמחמצן וגם כמחזור - על פי שינוי בדרגות החמצון במהלך התגובה. אותרו טעויות מעטות:
- ♦ חוסר הבנה שהמגיב הוא זה שמאבד ומקבל אלקטרונים ולא התוצר:
 - " $\text{Br}_{2(l)}$ מגיב גם כמחמצן וגם כמחזור, כי $\text{Br}^-_{(aq)}$ מסר אלקטרונים."
 - ♦ התייחסות לברום באופן כללי ללא קשר לתגובה הנתונה:
 - "ברום גם מחמצן וגם מחזור, כי דרגת החמצון שלו משתנה מ-0 ל-+7."

תת-סעיף ii (הציון 71)

לתמיסה של $\text{HBrO}_{(aq)}$ הכניסו חומר מחזור. התרחשה תגובה. קבעו אילו יונים יימצאו בתמיסה בתום התגובה: יוני $\text{Br}^-_{(aq)}$ או יוני $\text{BrO}_3^-_{(aq)}$. נמק את קביעתך.

התשובה

קביעה:

בתום התגובה יימצאו בתמיסה יוני $\text{Br}^-_{(aq)}$.

נימוק:

לאחר שהוסיפו חומר מחזור, $\text{HBrO}_{(aq)}$ יגיב כמחמצן. אטומי הברום יקבלו אלקטרונים ודרגת החמצון שלהם תרד.

דרגת החמצון של אטומי הברום ב- $\text{HBrO}_{(aq)}$ היא (+1) ולכן יהיו בתמיסה יוני $\text{Br}^-_{(aq)}$ שדרגת החמצון שלהם היא (-1).

(דרגת החמצון של אטומי הברום ביוני $\text{BrO}_3^-_{(aq)}$ היא +5, לכן תוצר זה אינו יכול להתקבל.)

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. רוב התלמידים ניתחו נכון את נתוני השאלה ואת תיאור הניסוי והגיעו למסקנה: אם מוסיפים חומר מחזור אז המגיב הנוסף צריך לעבור חיזור ולפעול כמחמצן. הם הסיקו מסקנה נכונה שבתמיסה יהיו יוני $\text{Br}^-_{(aq)}$. יחד עם זאת, חלק מן התלמידים התקשו לנתח את הנתונים ולהגיע למסקנה הנכונה. הטעויות האופייניות:
- ♦ קביעה שגויה הנובעת בעיקר מבלבול בין מושגים בנושאים של חמצון-חיזור וחומצה בסיס. התייחסות לחומר $\text{HBrO}_{(aq)}$ כאל מחזור:
 - "בתמיסה יימצאו יוני $\text{BrO}_3^-_{(aq)}$, משום שדרגת החמצון של אטומי ברום בחומר המחזור $\text{HBrO}_{3(aq)}$ היא חיובית ולא יכולה לרדת עד -1."

בלבול בין מחמצן לחומצה :

- "בתמיסה יהיו יוני BrO_3^- (aq), כי HBrO_3 (aq) יפעל כמחמצן. HBrO_3 (aq) זאת גם חומצה שמוסרת פרוטון, לכן יתקבלו יוני BrO_3^- (aq)".
- ♦ קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי :
- "בתמיסה יהיו יוני Br^- (aq), כי בחמצון של HBrO_3 (aq) צריכים להתקבל יונים שלא מכילים חמצן".

המלצות לסעיף א'

מומלץ להרגיל את התלמידים לנתח את נתוני השאלות מסוג זה, ועל פי הנתונים האלה להסיק מסקנות לגבי תוצרי התגובה.

מומלץ להבהיר לתלמידים שיש חומרים היכולים להגיב גם כמחמצן וגם כמחזור ומה הם החומרים האלה. מומלץ לפתור עם התלמידים את השאלות מהחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: תרגול ושאלות בנושא "חמצון-חיזור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים 30-70, שאלות בנושא: [חומרים מחמצנים וחומרים מחזרים](#), עמודים 2-5. מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "[מי מחזור כאן?](#)". הערכה נמצאת באתר קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

שאלה לתרגול

בטבלה שלפניך נתונים על חלק מן המגיבים והתוצרים של ארבע תגובות. כדי לקבל את התוצר המבוקש יש להוסיף מגיב X שיכול לשמש מחמצן או מחזור על פי הצורך. ציין עבור כל תגובה מהו התפקיד של המגיב הנוסף X.

תוצר	תפקיד X מחמצן / מחזור	מגיב
Mn^{2+} (aq)		MnO_4^- (aq)
Cu (s)		CuCl_2 (aq)
N_2O (g)		NH_3 (g)
O^{2-}		O_2 (g)

התשובה

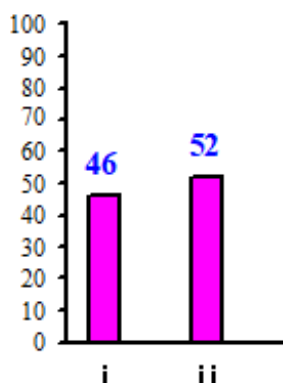
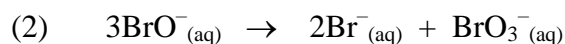
תוצר	תפקיד X מחמצן / מחזור	מגיב
Mn^{2+} (aq)	מחזור	MnO_4^- (aq)
Cu (s)	מחזור	CuCl_2 (aq)
N_2O (g)	מחמצן	NH_3 (g)
O^{2-}	מחזור	O_2 (g)

סעיף ב' בשאלון 037381 (הציון 48)

בשאלון 037387 רשות (הציון 50) = תת-סעיף ב' i בשאלון 037381

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

לפניך תגובה (2) שבה נוצרים יוני BrO_3^- (aq).



תת-סעיף i רשות (הציון 46) = סעיף ב' רשות בשאלון 037387 (הציון 50)

כמה מול אלקטרונים עברו בתגובה שבה נוצר 1 מול יוני BrO_3^- (aq)? נמק.

התשובה

דרגת החמצון של אטומי הברום ביוני BrO^- (aq) היא $+1$.
דרגת החמצון של אטומי הברום ביוני BrO_3^- (aq) היא $+5$.
בתגובה זו דרגת החמצון של אטומי הברום משתנה מ- $+1$ ל- $+5$.
בתגובה שבה נוצר 1 מול יוני BrO_3^- (aq), עוברים 4 מול אלקטרונים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו לחשב את מספר המולים של אלקטרונים שעברו בתהליך החמצון במהלך התגובה, שבה חלק מאטומי ברום הגיב כמחזור וחלק הגיב כמחמצן. אפשר למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:
- ◆ קביעה שגויה כתוצאה מהחיבור של מספר אלקטרונים שעברו בתהליך חמצון ומספר אלקטרונים שעברו בתהליך חיזור (למרות קביעה נכונה של דרגות חמצון):
 - ◆ "חלק משלושה מולים של אטומי ברום עם דרגת חמצון $+1$ מסרו אלקטרונים והפכו לאטומי ברום עם דרגת חמצון $+5$, וחלק קיבלו אלקטרונים והפכו לאטומי ברום עם דרגת חמצון -1 . סה"כ עברו בתגובה 6 מול אלקטרונים ($4 \text{ mol} + 2 \text{ mol} = 6 \text{ mol}$)."
 - ◆ קביעה נכונה ללא נימוק.

המלצות

מומלץ לפתור עם התלמידים את השאלות מהחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:
תרגול ושאלות בנושא "חמצון חיזור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח לתוכנית הלימודים
70-30, שאלות בנושא: מעברי אלקטרונים, עמודים 14-18.

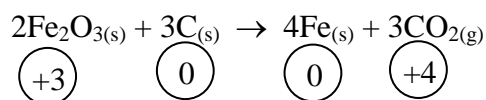
שאלה לתרגול

אחת השיטות להפיק ברזל היא בתגובה בין תחמוצת ברזל $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ לפחם, $\text{C}(\text{s})$. תוצרי התגובה הם ברזל, $\text{Fe}(\text{s})$, ודו-תחמוצת פחמן, $\text{CO}_2(\text{g})$.

- נסח ואזן את התגובה הנ"ל.
- חשב את מספר המולים של אלקטרונים שעברו במהלך התגובה, בניסוי שבו הגיבו בשלמות 2 מול $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$.
- חשב את מספר המולים של אלקטרונים שעברו במהלך התגובה, בניסוי שבו התקבלו 560 גרם $\text{Fe}(\text{s})$.

התשובה

סעיף א'



סעיף ב'

- דרגת החמצון של יוני ברזל היא (+3).
דרגת החמצון של ברזל היא אפס.
דרגת החמצון של פחמן היא אפס.
דרגת החמצון של אטומי פחמן בפחמן דו-חמצני היא (+4).
במהלך התגובה יוני Fe^{3+} עברו חיזור - כל מול יוני Fe^{3+} קיבל 3 אלקטרונים.
כל מול $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ קיבל 6 אלקטרונים.
בתגובה שבה הגיבו 2 מול $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ עברו 12 אלקטרונים.

סעיף ג'

$$56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

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

$$\frac{560 \text{ gr}}{56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 10 \text{ mol}$$

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

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

לכן אם בתגובה מתקבל 10 מול $\text{Fe}(\text{s})$ מגיבים 5 מול $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$.

מספר המולים של אלקטרונים שעוברים במהלך התגובה שבה מגיבים 5 מול $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$

$$6 \text{ mol e} \times 5 = 30 \text{ mol e} \quad \text{ומתקבל 10 מול } \text{Fe}(\text{s})$$

תת-סעיף ii (הציון 52) = סעיף ג בשאלון 37387 (הציון 40)

יוני BrO_3^- (aq) הם רעילים. הריכוז המרבי המותר של BrO_3^- (aq) במים הוא 0.01 מיקרוגרם לליטר. נתון: 1 מיקרוגרם = 1×10^{-6} גרם. מהו המספר המרבי המותר של יוני BrO_3^- (aq) ב-1 ליטר מים? **פרט את חישוביך**. נתון: במול אחד של חלקיקים יש 6.02×10^{23} חלקיקים.

התשובה

המסה המולרית של יוני BrO_3^- (aq): $128 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים המרבי המותר של יוני BrO_3^- (aq) ב-1 ליטר מים הוא:

$$\frac{0.01 \times 10^{-6} \text{ gr}}{128 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.000078 \times 10^{-6} \text{ mol} = 7.8 \cdot 10^{-11} \text{ mol}$$

המספר המרבי המותר של יוני BrO_3^- (aq) ב-1 ליטר מים הוא:

$$7.8 \cdot 10^{-11} \text{ mol} \times 6.02 \cdot 10^{23} \frac{\text{ions}}{\text{mol}} = 4.7 \times 10^{13} \text{ יונים}$$

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

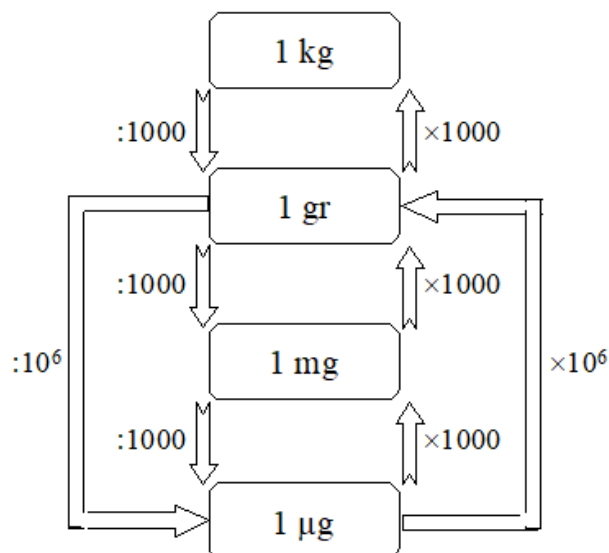
ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו לחשב את המספר המרבי המותר של יוני BrO_3^- (aq) ב-1 ליטר מים, כשנתון הריכוז המרבי המותר של יונים אלה במים ביחידות מיקרוגרם לליטר. הטעויות האופייניות:

- ♦ קושי במעבר בין ריכוז יוני BrO_3^- (aq) במים במיקרוגרם לליטר למספר מולים לליטר (ריכוז מולרי).
- ♦ קושי במעבר בין יחידות.
- ♦ חישוב מסת היונים במקום ריכוז.

המלצות

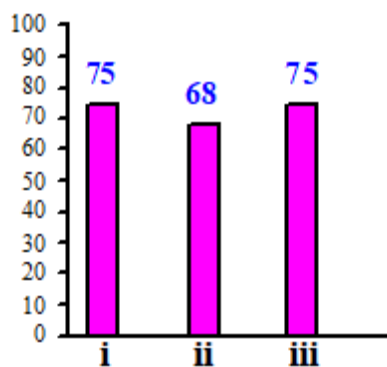
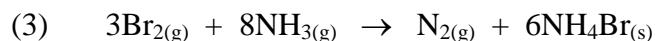
מומלץ לתרגל עם התלמידים מעברים בין יחידות שונות: יחידות מסה, יחידות נפח, יחידות ריכוז. אפשר להשתמש בסכמה של המרת יחידות מסה:



סעיף ג בשאלון 037381 (הציון 72) = סעיף ד בשאלון 037387 (הציון 73)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

היסוד ברום הוא רעיל ומסוכן ולכן נשמר במכלי אחסון סגורים. במקרה של דליפה מגיבים את אדי הברום עם אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$. מתרחשת תגובה (3).



תת-סעיף i (הציון 75)

קבע אם בתגובה (3), $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיב כמחמצן בלבד, כמחזור בלבד או גם כמחמצן וגם כמחזור.

התשובה

קביעה:

החומר $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיב כמחזור בלבד.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לקבוע ש- $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיב כמחזור בלבד. הטעויות האופייניות:

קביעה ש- $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיב כמחמצן בלבד.

קביעה ש- $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיב גם כמחמצן וגם כמחזור. הטעות נובעת מקביעה שגויה של דרגת החמצון של אטומי חנקן בתוצר $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$.

תת-סעיף ii (הציון 68)

כמה קילוגרם $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$ נוצרים כאשר מגיבים 8.0 ק"ג של אדי ברום עם אמוניה? פרט את חישוביך.

התשובה

160 $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$ המסה המולרית של $\text{Br}_2(\text{g})$:

$\frac{8000 \text{ gr}}{160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 50 \text{ mol}$ מספר המולים של $\text{Br}_2(\text{g})$ שהגיבו:

יחס המולים בין $\text{Br}_2(\text{g})$ ל- $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$ הוא 2:1

מ- 1 מול $\text{Br}_2(\text{g})$ שמגיב נוצרים 2 מול $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$

מספר המולים של $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$ שהתקבלו:

$$50 \text{ mol} \times 2 = 100 \text{ mol}$$

98 $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$ המסה המולרית של $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$:

100 mol \times 98 $\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$ = 9800 gr = 9.8 kg המסה של $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$:

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לבצע חישובים סטויכיומטריים. הטעויות האופייניות:

- ♦ הכפלת מסה מולרית במקדם בניסוח התגובה:
- "המסה המולרית של $\text{Br}_2(\text{g})$ היא 540 גרם למול."
- ♦ חוסר התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה. לא מכפילים את מספר המולים של $\text{Br}_2(\text{g})$
- ב- 2 כדי לחשב את מספר המולים של $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$.
- ♦ קושי בהמרת יחידות.

תת-סעיף iii (הציון 75)

מהו נפח גז החנקן, $N_{2(g)}$, בתנאי STP הנוצר כאשר מגיבים 8.0 ק"ג של אדי ברום עם אמוניה?
פרט את חישוביך.

נתון: נפח מולרי של גז בתנאי STP הוא 22.4 ליטר.

התשובה

(המסה המולרית של $Br_{2(g)}$): $160 \frac{gr}{mol}$
 מספר המולים של $Br_{2(g)}$ שהגיבו: (50 mol)
 יחס המולים בין $Br_{2(g)}$ ל- $N_{2(g)}$ הוא 1:3
 (על כל מול $Br_{2(g)}$ שמגיבים נוצר בתגובה 1 מול $N_{2(g)}$).
 חישוב מספר המולים של $N_{2(g)}$ שהתקבלו:
 $\frac{50 \text{ mol}}{3} = 16.7 \text{ mol}$
 חישוב הנפח של $N_{2(g)}$ שהתקבל בתנאי S.T.P.:
 $16.7 \text{ mol} \times 22.4 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 373.3 \text{ liter}$

אז: טבלה מסכמת לתת-סעיפים ג ii ו- ג iii

$3Br_{2(g)} + 8NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 6NH_4Br_{(s)}$				יחידות	גדלים
3	8	1	6		יחס המולים בניסוח התגובה
8000			9800	gr	מסה נתונה/נדרשת
160			98	$\frac{gr}{mol}$	מסה מולרית
50		16.7	100	mol	מספר מולים
		22.4		$\frac{\text{liter}}{\text{mol}}$	נפח מולרי
		373.3		liter	נפח הגז

כאשר מגיבים 8.0 ק"ג $Br_{2(g)}$ נוצרים 9.8 ק"ג $NH_4Br_{(s)}$.
 הנפח של $N_{2(g)}$ בתנאי S.T.P. שנוצר בתגובה הוא 373.3 ליטר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. הטעויות האופייניות בתת-סעיף זה דומות לטעויות בתת-סעיף i: חוסר התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה וקושי בהמרת יחידות.

המלצות לסעיף ג'

מומלץ להרגיל את התלמידים להקפיד על רישום יחידות בחישובים, ובכל שלב לבדוק אם עובדים עם יחידות נכונות.

שאלות נוספות לתרגול

שאלה 1

ערבבו תמיסה המכילה יוני יודאט, IO_3^- (aq), עם תמיסת מימן על חמצני, H_2O_2 (aq). התרחשה תגובה.

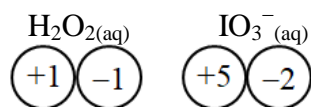
אילו תוצרים יכולים להתקבל בתגובה זו?

- א. I_2 (aq) ו- O_2 (g)
- ב. IO_4^- (aq) ו- O_2 (g)
- ג. I_2 (aq) ו- OH^- (aq)
- ד. IO^- (aq) ו- OH^- (aq)

הנימוק

התשובה הנכונה היא א'

על פי דרגות החמצון של אטומי חמצן ויוד בתוצרים, אפשר להסיק שמדובר בתגובת חמצון-חיזור. דרגות החמצון של אטומים במגיבים הנמצאים בתמיסה המימית (לאחר ערבוב התמיסות):



דרגת החמצון המרבית של אטומי יוד היא $+7$ (בתרכובות עם פלואור).

דרגת החמצון המזערית של אטומי יוד היא -1

(כי לאטום יוד 7 אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר).

לכן אטומי יוד ביוני IO_3^- (aq) יכולים לשמש גם מחמצן וגם מחזור.

דרגת החמצון המרבית של אטומי חמצן היא $+2$

דרגת החמצון המזערית של אטומי חמצן היא -2

(כי לאטום חמצן 6 אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר).

לכן אטומי חמצן במולקולות $H_2O_{2(aq)}$ יכולים לשמש גם מחמצן וגם מחזר, וביוני IO_3^- (aq) רק מחזר.

דרגת החמצון המרבית של אטומי מימן היא (+1)

דרגת החמצון המזערית של אטומי מימן היא (-1)

(כי לאטום מימן אלקטרון אחד ברמת האנרגיה).

לכן אטומי מימן במולקולות $H_2O_{2(aq)}$ יכולים לשמש רק מחמצן.

דרגות החמצון של אטומים במגיבים :

דרגות חמצון של			מגיבים
אטומי מימן	אטומי חמצן	אטומי יוד	
	(-2)	(+5)	IO_3^- (aq)
(+1)	(-1)		$H_2O_{2(aq)}$

דרגות החמצון של אטומים בתוצרים :

האם התגובה אפשרית?	תהליך שצריך להתרחש בתגובה	דרגות חמצון של			תוצרים	מספר תשובה
		אטומי מימן	אטומי חמצן	אטומי יוד		
כן	אטומי יוד צריכים לעבור חיזור			(0)	$I_{2(aq)}$	1
	אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון		(0)		$O_{2(g)}$	
לא	אטומי יוד צריכים לעבור חמצון		(-2)	(+7)	IO_4^- (aq)	2
	אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון		(0)		$O_{2(g)}$	
לא	אטומי יוד צריכים לעבור חיזור			(0)	$I_{2(aq)}$	3
	אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור	(+1)	(-2)		OH^- (aq)	
לא	אטומי יוד צריכים לעבור חיזור		(-2)	(+1)	IO^- (aq)	4
	אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור	(+1)	(-2)		OH^- (aq)	

תשובה א' נכונה, כי התגובה, שבה מהמגיבים הנתונים יתקבלו התוצרים הנתונים, יכולה להתרחש: במגיבים יש חלקיקים שיעברו חמצון ויש חלקיקים שיעברו חיזור. שאר המסיחים אינם נכונים, כי בתגובה לא יכולים להתקבל התוצרים הנתונים - אין אפשרות להתרחשות גם תהליך חמצון וגם תהליך חיזור.

שאלה 2

תרכובות המכילות יוני כרומט, CrO_4^{2-} , משמשות בתעשיית הציפויים של מתכות. יוני CrO_4^{2-} הם רעילים, ולכן שפכים תעשייתיים המכילים יוני CrO_4^{2-} חייבים לעבור טיפול לפני הזרמתם לביו. במהלך הטיפול במי שפכים יוני CrO_4^{2-} הופכים לחלקיקים שבהם דרגת החמצון של אטומי כרום היא $(+3)$.

סעיף א'

תת-סעיף i

קבע אם לטיפול ביוני CrO_4^{2-} דרוש חומר מחמצן או חומר מחזור? **נמק.**

תת-סעיף ii

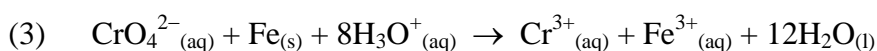
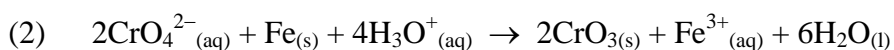
רק אחד משני החומרים, יוד, $\text{I}_2(\text{s})$, או פלואור, $\text{F}_2(\text{g})$, יכול להתאים לטיפול ביוני CrO_4^{2-} שבמי השפכים. קבע מהו החומר המתאים. **נמק.**

סעיף ב'

שיטה אחרת לטיפול ביוני CrO_4^{2-} שבמי השפכים היא באמצעות תגובה עם ברזל, $\text{Fe}(\text{s})$.

תת-סעיף i

קבע איזה מבין שני הניסוחים (2)-(3) שלפניך הוא הניסוח הנכון של תגובה בין יוני CrO_4^{2-} ל- $\text{Fe}(\text{s})$. **נמק.**



תת-סעיף ii

על פי ניסוח התגובה שבחרת בתשובתך לתת-סעיף ג' i, חשב כמה מול אלקטרונים עוברים בתגובה שבה מגיבים 101 גרם $\text{Fe}(\text{s})$. **פרט את חישוביך.**

סעיף ג'

פלדות אל-חלד הן סגסוגות של ברזל, $\text{Fe}(\text{s})$, המכילות לפחות 11.5% כרום, $\text{Cr}(\text{s})$.

תת-סעיף i

מהי דרגת החמצון של אטומי כרום בפלדות אל-חלד? **נמק.**

תת-סעיף ii

הכרום שבפלדת אל-חלד מגיב עם חמצן, $O_{2(g)}$, המצוי באוויר. על פני הסגסוגת נוצרת שכבה דקה של התחמוצת $Cr_2O_{3(s)}$, המקנה לסגסוגת עמידות בפני קורוזיה. קבע אם בתהליך היווצרות התחמוצת, הכרום מגיב כמחזור או כמחמצן. **נמק.**

התשובה

סעיף א'

תת-סעיף i

דרוש חומר מחזור.

במהלך הטיפול ביוני CrO_4^{2-} (aq) דרגת החמצון של אטומי כרום יורדת מ- (+6) ל- (+3).
(אנ: יוני CrO_4^{2-} (aq) מקבלים אלקטרונים).
(אטומי הכרום עוברים חיזור) לשם כך דרוש חומר מחזור.

תת-סעיף ii

$I_{2(s)}$ - הוא החומר המתאים.

דרגת החמצון המרבית של אטומי יוד היא (+7), דרגת החמצון המזערית של אטומי יוד היא (-1).
דרגת החמצון של אטומי יוד ב- $I_{2(s)}$ היא אפס. דרגת החמצון של אטומי יוד יכולה לעלות או לרדת.
(אנ: אטומי יוד יכולים לאבד/למסור אלקטרונים) ולכן $I_{2(s)}$ יכול לפעול כמחזור.
 $F_{2(g)}$ - לא מתאים. דרגת החמצון של אטומי פלואור ב- $F_{2(g)}$ היא אפס. זאת דרגת החמצון המרבית של אטומי פלואור. דרגת החמצון של אטומי פלואור יכולה רק לרדת (אנ: אטומי פלואור יכולים רק לקבל אלקטרונים; אנ: האלקטרושליליות של הפלואור היא הגבוהה ביותר; אנ: $F_{2(g)}$ יכול לפעול רק כמחמצן), ולכן $F_{2(g)}$ לא מתאים.

סעיף ב'

תת-סעיף i

תגובה (3).

התגובה בין יוני CrO_4^{2-} (aq) ל- $Fe_{(s)}$ היא תגובת חמצון-חיזור.

בתגובה (3) יש ירידה בדרגת החמצון של אטומי הכרום שביוני CrO_4^{2-} (aq) מ- (+6) ל- (+3) ועלייה בדרגת החמצון של אטומי הברזל (מ- (0) ל- (+3)).
אנ:

בתגובה (2) אין שינוי בדרגת החמצון של אטומי כרום (אנ: דרגת החמצון של אטומי כרום במגיבים ובתוצרים היא (+6) ורק דרגת החמצון של אטומי Fe משתנה). לכן ניסוח (2) אינו נכון.

תת-סעיף ii

המסה המולרית של $\text{Fe}_{(s)}$:

$$56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

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

$$\frac{101 \text{ gr}}{56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 1.8 \text{ mol}$$

בתגובה של 1 מול $\text{Fe}_{(s)}$ עוברים 3 מול אלקטרונים.

(דרגת החמצון של אטומי ברזל משתנה מ-0 ל-+3).

מספר המולים של האלקטרונים שעברו בתגובה של 1.8 מול $\text{Fe}_{(s)}$: $1.8 \text{ mol} \times 3 = 5.4 \text{ mol}$

סעיף ג'

תת-סעיף i

דרגת החמצון היא אפס.

סגסוגת היא תערובת של מתכות. מתכת היא יסוד ולאטום של יסוד יש דרגת חמצון אפס.

תת-סעיף ii

הכרום מגיב כמחזור.

בתהליך היווצרות התחמוצת דרגת החמצון של אטומי כרום עולה מ-0 ל-+3.
הכרום מגיב כמחזור (אטומי כרום מאבדים אלקטרונים).

מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלה שתכיל דרגות חמצון של אטומי המגיבים והתוצר :

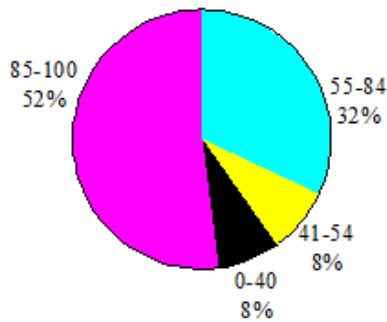
תפקיד בתגובת חמצון-חיזור	דרגת החמצון של אטומי			
	חמצן, O	כרום, Cr		
מחזור		0	$\text{Cr}_{(s)}$	מגיבים
מחמצן	0		$\text{O}_{2(g)}$	
	-2	+3	$\text{Cr}_2\text{O}_{3(g)}$	תוצר

ניתוח שאלה 12

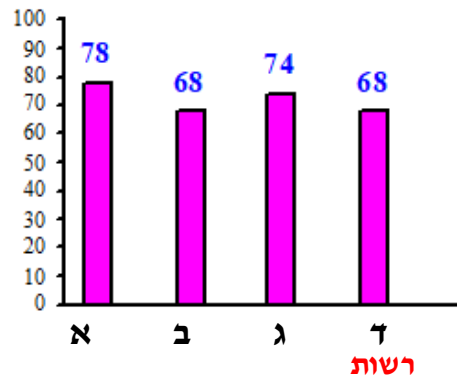
כימיה של מזון

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 74% מהתלמידים

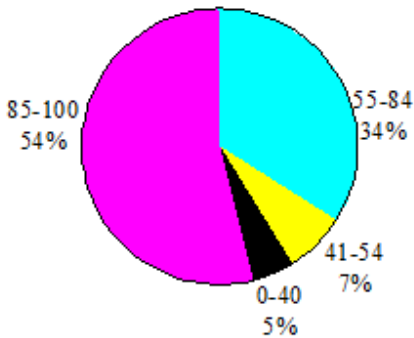


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 79
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

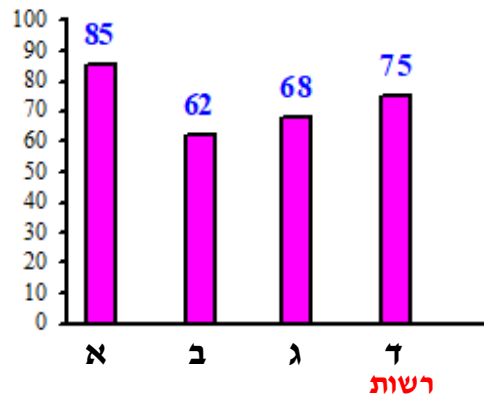


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 86% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להסביר מה הן חומצות שומן חיוניות.
- לכתוב צורות ייצוג שונות של חומצות שומן: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה ונוסחה מולקולרית.
- להשוות בין טמפרטורות היתוך של חומצות שומן בעזרת 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.

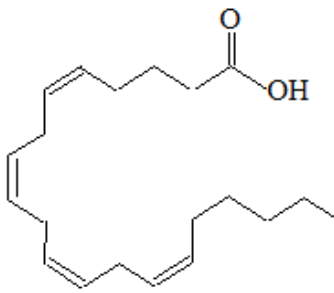
- ⚡ לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולות, כולל אטומי פחמן במולקולות של תרכובות פחמן.
- ⚡ לבחור בתכונות המתאימות לתיאור פעילותו של ויטמין C כאנטיאוקסידנט.
- ⚡ ליישם את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים ולקבוע אם חומר מולקולרי עשוי להתמוסס במים או בממס אל מימי, כגון בתערובת חומצות שומן.
- ⚡ לחשב כמות מינרלים בתרכובת נתונה.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
ידע	i	א
יישום	ii	
יישום	iii	
אנליזה		ב
יישום	i	ג
יישום	ii	
יישום	iii	
יישום		ד (רשות)

פתיח לשאלה

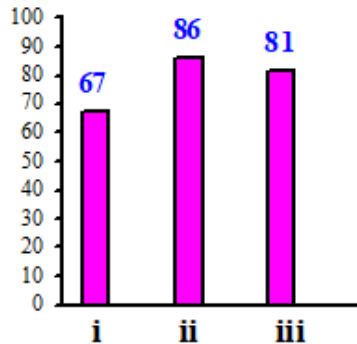
אצות עשירות ברכיבים תזונתיים רבים. הן מכילות את כל אבות המזון, ויטמינים ומינרלים רבים. בטבלה שלפניך מוצגים נתונים של שתי חומצות שומן חיוניות שיש באצות:

שם חומצת שומן	חומצה ארכידונית (ARA)	חומצה אייקוספנטואית (EPA)
טמפרטורת היתוך (°C)	-49	-54
ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של המולקולה		-----
רישום מקוצר של חומצת השומן	-----	C20:5ω3 cis cis cis cis cis

סעיף א' (הציון בשאלון 037381 78)

(הציון בשאלון 037387 85)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 67)

מה הן חומצות שומן חיוניות?

התשובה

חומצות שומן חיוניות הן חומצות שומן שהגוף זקוק להן, אך אינו יכול לייצר אותן בעצמו (ולכן חייב לקבל אותן במזון).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני מינוס. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים לתת הגדרה לחומצת שומן חיונית. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. רישום שמות של חומצות שומן ללא הגדרה:

- "חומצות שומן אומגה 3 ואומגה 5."

2. הגדרות שגויות של חומצות שומן חיוניות:

- "שמנים המכילים דברים חשובים כמו ויטמינים ומינרלים."
- "חומצות שומן בלתי רוויות בעלות קשרים כפולים."
- "חומצות שומן שאינן רוויות במימנים, מסוג ציס."

המלצות

בדרך כלל נושא זה נלמד בקצרה וחלק מהתלמידים לא מספיקים להפנים את המידע. על מנת שהתלמידים יזכרו טוב יותר כדאי: לחזור עליו מספר פעמים (מורה יכולה להזכיר אותן מידי שיעור בנושא), לבקש מהתלמידים לשלוף אותן מספר פעמים (מורה יכולה לבקש מהתלמידים לרשום את ההגדרה), לבקש מהתלמידים להגיד בפירוש מה הם מבינים מהמונח "חיוני", מה זה משהו חיוני? כיצד חומצת שומן יכולה להיות חיונית?... שאלות ותשובות הן דרך יעילה לעיבוד ראשוני של המונח.

מומלץ להיעזר במשימת אוריינות עם טפסי גוגל הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

משימה: פירוק שומנים - מסע מפותל במערכת העיכול.

המשימה הוכנה על ידי קבוצת מורים בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ, ראש הפרויקט: פרופ' יהודית דורי, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון. שאלות 6-7 נוגעות לחומצות שומן חיוניות. כמו כן יש הסבר בנושא זה במצגת של כימיה ברשת: [שמנים ושומנים, חומצות שומן](#).

תת-סעיף ii (הציון 86)

כתוב רישום מקוצר של חומצת השומן ARA.

התשובה

חומצה ארכידונית, ARA:

C20:4 ω 6 all cis או C20:4 ω 6 cis, cis, cis, cis

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים כתבו נכון את הרישום המקוצר. אותרו טעויות מעטות:

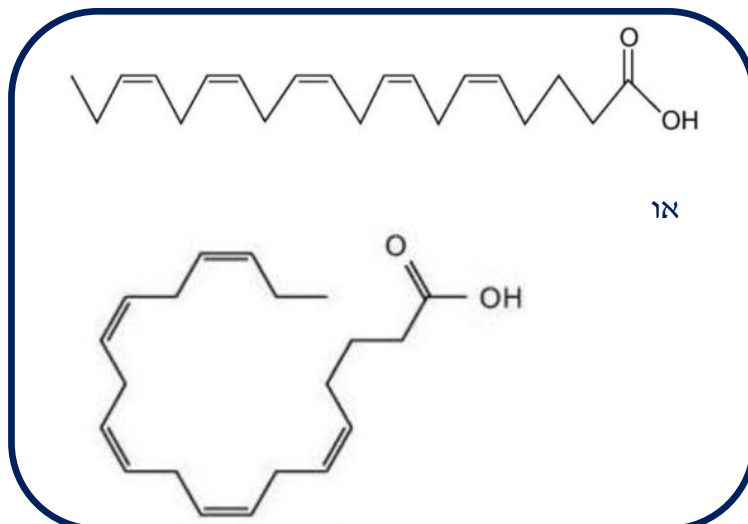
- ♦ מיקום שגוי של הקשר הכפול הראשון: C20:4 ω 3 all cis
- ♦ אי ציון של מבנה ציס של חומצת השומן: C20:4 ω 6
- ♦ בלבול בין מספר קשרים כפולים ומיקום הקשר: C20:4 ω 6 cis, cis, cis, cis, cis, cis
- ♦ ציור נוסחת מבנה במקום רישום מקוצר. C20:6 ω 4 cis, cis, cis, cis

תת-סעיף iii (הציון 81)

רשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת חומצת שומן EPA.

התשובה

ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה אייקוספנטנאית, EPA:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את הייצוג המקוצר לנוסחת המבנה. הטעויות האופייניות:

- ♦ מיקום שגוי של קשר כפול ראשון.
- ♦ בלבול בין מבנה ציס לטרנס.
- ♦ מספר שגוי של קשרים כפולים.
- ♦ אי רישום קבוצה קרבוקסילית בקצה המולקולה של חומצת השומן.
- ♦ אי רישום קשרים כפולים.

המלצות לסעיפים ii ו- iii

מומלץ לתת לתלמידים לעבוד עם מודלים - לבקש לבנות מודלים של חומצות שומן רוויות ובלתי רוויות, איזומרים ציס וטרנס. כך יוכלו התלמידים להבין טוב יותר את ההבדלים בין חומצות השומן השונות.

מומלץ לתרגל מעבר בין נוסחאות שונות: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה, נוסחה מולקולרית. מומלץ להדגיש לתלמידים שבמספור אטומי פחמן במולקולה של חומצת שומן יש לכלול גם את אטום הפחמן שבקבוצה הקרבוקסילית.

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

מומלץ תרגול נוסף באמצעות טופס גוגל רישום מקוצר של חומצות שומן שהכינה הדס אהרוני (יש להעתיק את הקובץ לפני עריכה).

ניתן לתרגל גם בעזרת במצגת של כימיה ברשת: שמנים ושומנים, חומצות שומן.

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 68)

(הציון בשאלון 037387 62)

טמפרטורת ההיתוך של חומצה סטיארית (St), C18:0, היא 69.6°C . לחומצה סטיארית טמפרטורת היתוך גבוהה הרבה יותר מטמפרטורות ההיתוך של חומצות השומן הנתונות, ARA ו-EPA.

הסבר קביעה זו. בתשובתך התבסס על האינטראקציות הפועלות בין המולקולות.

התשובה

חומצה סטיארית היא חומצת שומן רוויה ואילו ARA ו-EPA הן חומצות שומן רב בלתי רוויות. (או: במולקולות של החומצה הסטיארית אין קשרים כפולים ואילו במולקולות של חומצות השומן ARA ו-EPA יש קשרים כפולים רבים).

במולקולות של חומצות שומן ARA ו-EPA יש קשרים כפולים במבנה ציס הגורמים לכיפופים במולקולות.

במצב מוצק המולקולות של חומצה סטיארית יכולות להיארג בצפיפות. האריזה של מולקולות החומצות ARA ו-EPA תהיה פחות צפופה (או: המרחק בין המולקולות יהיה גדול יותר או: שטח מגע בין המולקולות יהיה יותר קטן). בגלל השוני בצפיפות האריזה, אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות של חומצה סטיארית חזקות מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין המולקולות של החומצות ARA ו-EPA (למרות שענני האלקטרונים במולקולות החומצה הסטיארית קטנים יותר). נדרשת אנרגייה רבה יותר כדי להפריד בין המולקולות של החומצה הסטיארית ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה סטיארית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של החומצות ARA ו-EPA.

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

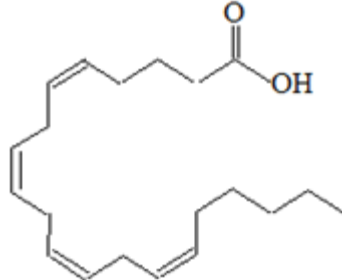

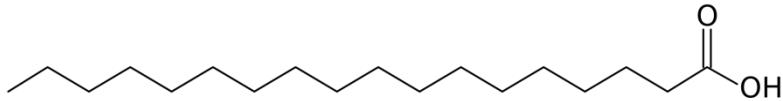
ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך יחסית. תלמידים רבים התקשו להסביר את ההבדל בין טמפרטורות ההיתוך של שלוש חומצות. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא חוסר שלב אחד או יותר בהסבר:
- ♦ רוב התלמידים שטעו ציינו שבמולקולה של ARA ו-EPA יש קשרים כפולים לעומת מולקולה של חומצה סטיארית, אך מכאן המשיכו להבדל בטמפרטורות היתוך, ללא אזכור של מבנה ציס, צפיפות אריזה ואינטראקציות ון-דר-ולס:
- "טמפרטורת היתוך נמוכה, כי יש קשרים כפולים."
- ♦ היו תלמידים שלא השוו בין החומצה סטיארית לחומצות השומן הנתונות, ARA ו-EPA, אלא התייחסו רק לחומצה סטיארית או רק לחומצות השומן ARA ו-EPA.
- ♦ הטעויות הנוספות שאותרו הן:
- "אין קשרים כפולים מה שגורם לכך שאין מוקדים ליצירת קשרי מימן."
- "אינטראקציות ון-דר-ולס תלויות בגודל ענן אלקטרוני ובמספר הקשרים הכפולים."
- "בשל חוסר בקשרים כפולים המולקולה לא מסועפת. הסיעוף שיוצרים הקשרים הכפולים מרחיק בין המולקולות - פחות מגע."
- "יותר מוקדים לאינטראקציות ון-דר-ולס."
- "ככל שיש יותר קשרים כפולים הם חזקים יותר ומפותלים יותר ולכן כוחות המשיכה חלשים."

המלצות

במהלך לימוד הנושא "חומצות שומן" חוזרים להיבטים רבים של הנושא "מבנה וקישור". כדי למנוע בלבול בין צורות הייצוג השונות של מולקולות, מומלץ לתרגל עם התלמידים מעבר בין צורות ייצוג שונות בפרק מבנה וקישור ולאחר מכן לחזור על התרגול ולהוסיף את צורות הייצוג הייחודיות למבנית "טעם של כימיה". מומלץ להציג לתלמידים את הכתבה: [מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס?](#) מאת ד"ר אבי סאייג, הנמצאת באתר מכון דוידסון. בכתבה מוצגות דוגמאות לאריזת המולקולות של חומצות

שומן שונות. לכתבה מצורף סרטון המתייחס להיבטים שונים של הנושא.
 מומלץ לענות על שאלון גוגל - "[כימיה של המזון](#)". הפעילויות פותחו בטכניון על ידי קבוצת מורים בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ, ראש פרויקט פרופ' יהודית דורי. השאלון נמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.
 מומלץ לבצע את הפעילות במסגרת "[מנה במבחנה](#)" בנושא "מי הזיז את הגבינה מהפיצה שלי?" הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.
 ניתן לשלב משחק לתרגול [משחק Quizizz](#).
 רוב הגורמים, שמשפיעים על טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן, מוכרים לתלמידים. כדי להשוות את טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן, תלמידים צריכים להכיר מספר גורמים נוספים, כגון השפעת קשרים כפולים במולקולות, מבנה של קשרים כפולים - ציס וטרנס, צפיפות האריזה. מומלץ לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון להשוואה בין טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן בצורת טבלה:

חומצת שומן	חומצה ארכידונית (ARA)	חומצה אייקוספנטנואית (EPA)	חומצה סטיארית (St)
נוסחה מולקולרית	$C_{19}H_{30}COOH$	$C_{19}H_{28}COOH$	$C_{17}H_{35}COOH$
רישום מקוצר	$C_{20}:4\omega 6$ all cis	$C_{20}:5\omega 3$ cis cis cis cis cis	$C_{18}:0$
ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה	<p><u>חומצה ארכידונית</u></p>  <p><u>חומצה אייקוספנטנואית</u></p>  <p><u>חומצה סטיארית</u></p> 		
	הגודל של ענני האלקטרוניים במולקולות של שלושת החומצות דומה.		
	גודל יחסי של ענני האלקטרוניים במולקולות	4	5
מספר קשרים כפולים במולקולה	4	5	0
מבנה של קשרים כפולים	מבנה ציס		

אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן	סוגי הכוחות הבין 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, ולכן בין המולקולות של חומצה ארכידונית וחומצה אייקוספנטנואית יש אינטראקציות ון-דר-ולס חלשות יותר מאשר בחומצה סטיארית	החוזק היחסי של כוחות בין מולקולריים
נדרשת פחות אנרגיה להחלשת הקשרים הבין מולקולריים ולכן טמפרטורות ההיתוך של חומצה ארכידונית וחומצה אייקוספנטנואית נמוכות יותר.	טמפרטורת היתוך

מומלץ להרגיל את התלמידים להתייחס לנתוני השאלה, ולתרגל שאלות הדורשות אוריינות כימית.

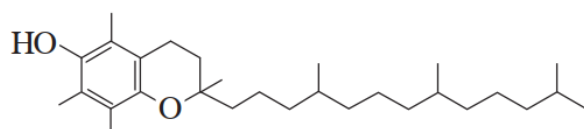
סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 74)

(הציון בשאלון 037387 68)

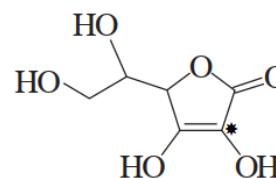
ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

כאשר מייצרים תוסף מזון מאצות, רצוי להוסיף נוגדי חמצון כדי למנוע את חמצון חומצות השומן החיוניות שיש באצות ולשמור עליהן לאורך זמן.

נתונות נוסחאות מבנה מקוצרות של הוויטמינים C ו-E הפועלים כנוגדי חמצון (אנטיאוקסידנטים):

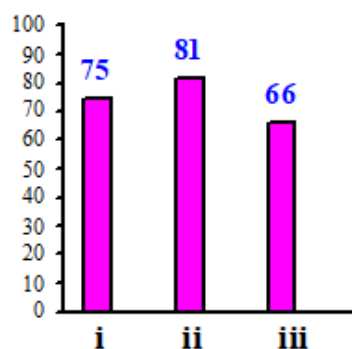


ויטמין E



ויטמין C

אטום הפחמן המסומן ב-* בנוסחת המבנה המקוצרת של ויטמין C משתתף בתהליך שבו הוויטמין משמש נוגד חמצון.



תת-סעיף i (הציון 75)

מהי דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב-* בנוסחת המבנה המקוצרת של ויטמין C ?

התשובה

(+1)

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

נימוק

במולקולה של ויטמין C אטום הפחמן המסומן ב-* קשור בקשר קוולנטי יחיד ובקשר קוולנטי כפול לשני אטומי C ובקשר קוולנטי יחיד לאטום O .

בקשר C-C המטען היחסי על כל אטום הפחמן הוא אפס.

בקשר C=C המטען היחסי על כל אטום הפחמן הוא אפס.

הקשר C-O הוא קשר קוולנטי קוטבי. אטום החמצן מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר, כי לאטום החמצן אלקטרושליליות גבוהה משל אטום הפחמן. לכן בקשר C-O המטען היחסי על אטום הפחמן הוא +1 .

סך הכול, המטען היחסי על אטום הפחמן המסומן ב-* במולקולה של ויטמין C : $(0) + (+1) = +1$, לכן דרגת החמצון של אטום זה היא (+1) .

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לקבוע דרגת חמצון של אטום פחמן בתרכובת פחמן. הטעות העיקרית היא חישוב מתמטי לפי ההנחה שסכום דרגות חמצון של אטומים במולקולה ניטראלית שווה לאפס, ללא הבחנה בין אטומי הפחמן השונים במולקולה של תרכובת פחמן.

המלצות

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

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

תת-סעיף ii (הציון 81)

מבין ההיגדים c-a שלפניך, ציין מה הם ההיגדים המתאימים לתיאור פעילותו של ויטמין C כנוגד חמצון.

- דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- * עולה.
- ויטמין C מגיב כמחמצן בתהליכי חמצון-חיזור.
- ויטמין C מונע תהליכי חמצון בלתי רצויים של חומרים.

התשובה

היגד a מתאים.

היגד c מתאים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. הטעות האופיינית היא הבחירה בהיגד b. הטעות נובעת מחוסר הבנה של תפקוד הוויטמין כאנטיאוקסידנט ושל המשמעות של פעולת אנטיאוקסידנט.

המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים לבצע משימות דיאגנוסטיות "[מי מחזר כאן?](#)". המשימות בעברית ובערבית נמצאות באתר הארצי למורי הכימיה.
מומלץ לתת לתלמידים לצפות בסרטון [על אנטיאוקסידנטים](#) ולאחר מכן לענות על השאלון הנמצא באתר לרגו. הפעילות הוכנה על ידי ענת דויטש.
מומלץ לתת לתלמידים לבצע [פעילויות מתוקשבות](#) בנושא "כימיה של מזון" הכוללות תרגול עם שימוש בטפסי גוגל.
מומלץ לענות על טופס גוגל - "[חמצון-חיזור, רדיקלים חופשיים, אנטיאוקסידנטים ומה שביניהם](#)".
הפעילויות פותחו בטכניון על ידי קבוצת מורים בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ, ראש הפרויקט פרופ' יהודית דורי ונמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.
מומלץ לבצע את הפעילות במסגרת "מנה במבחנה" בנושא "[שום, פלפל ואנטיאוקסידנטים](#)" הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

תת-סעיף iii (הציון 66)

קבע איזה ויטמין, C או E, מתאים **פחות** לשמש נוגד חמצון שמתמוסס בתערובת של חומצות השומן הנתונות. **הסבר את קביעתך**.

התשובה

קביעה:

ויטמין C

הסבר:

(הוויטמין בו בוחרים צריך להיות חומר שמתמוסס פחות טוב בחומצות שומן.)
במולקולות של ויטמין C יש מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן. במולקולות של חומצות השומן יש שיירים פחמימניים גדולים (או: חלקים הידרופוביים גדולים יחסית) ומעט מוקדים ליצירת קשרי מימן.
המולקולות של ויטמין C אינן יכולות ליצור קשרי מימן רבים עם המולקולות של חומצות השומן.
לכן המסיסות של ויטמין C בתערובת של חומצות השומן תהיה נמוכה.
ויטמין C פחות מתאים לשמש נוגד חמצון שמתמוסס בתערובת של חומצות השומן.

או:

במולקולות של ויטמין E יש חלקים הידרופוביים גדולים ומעט מוקדים ליצירת קשרי מימן.
המולקולות של ויטמין E יכולות ליצור אינטראקציות ון-דר-ולס עם המולקולות של חומצות השומן.
המסיסות של ויטמין E בתערובת של חומצות השומן גבוהה.
ולכן ויטמין E מתאים לשמש חומר נוגד חמצון שמתמוסס בתערובת של חומצות השומן.
ויטמין C פחות מתאים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו ליישם את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים ולקבוע אם חומר מולקולרי עשוי להתמוסס במים או בממס אל מימי, כגון בחומצות שומן.
בתת-סעיף זה הופיעו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:
1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "ויטמין E פחות מתאים כי הוא מחמצן טוב יותר."
 - "ויטמין E פחות מתאים כי הוא לא יכול ליצור קשרי מימן עם קבוצת COOH בחומצות השומן."
 2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - "ויטמין C פחות מתאים מכיוון שברובו הוא במבנה ציס לעומת ויטמין E שהוא במבנה טרנס, ויש לו יותר סיכויים ליצור אינטראקציות ון-דר-ולס עם חומצות השומן הנתונות."
 - "ויטמין C פחות מתאים מפני שכל האטומים שלו עושים את כל הקשרים. לכן הוא לא יתמוסס לעומת זאת בוויטמין E השרשרת פתוחה ולכן יכול ליצור עוד קשרים."

המלצות

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את שלבי הקביעה של מסיסות הוויטמינים בממסים: טבלה 1: קביעת המסיסות של ויטמין C בתערובת של חומצות שומן.

המומס: ויטמין C	הממס: תערובת של חומצות שומן	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן	הקשרים בין חלקיקי החומר
אפשרות ליצירת קשרי מימן זניחה, כי במולקולות של החומצות שומן יש אטומי חמצן מעטים. בין מולקולות המומס לבין מולקולות הממס נוצרות בעיקר אינטראקציות ון-דר-ולס.		סוגי הכוחות הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה
המסיסות של ויטמין C בתערובת חומצות השומן נמוכה.		המסקנה

טבלה 2: קביעת המסיסות של ויטמין E בתערובת חומצות השומן.

המומס: ויטמין E	הממס: תערובת חומצות שומן	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן	אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן	הקשרים בין חלקיקי החומר
במולקולות של הוויטמין יש חלקים הידרופוביים גדולים, שיכולים ליצור אינטראקציות ון-דר-ולס עם מולקולות של תערובת חומצות השומן.		סוגי הכוחות הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה
המסיסות של ויטמין E בתערובת חומצות השומן גבוהה.		המסקנה

מומלץ להקדיש זמן ומאמץ ללימוד של נושא המסיסות של ויטמינים.

ניתן להיעזר במצגת של כימיה ברשת בנושא [ויטמינים ואבות המזון](#).

מומלץ לענות על טופס גוגל "[ויטמינים תזונה ומה שביניהם](#)". הפעילויות פותחו בטכניון על ידי קבוצת מורים בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ, ראש הפרויקט פרופ' יהודית דורי, ונמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

לסיכום ניתן גם להראות לתלמידים את [הסרטון המסכם את סוגי הוויטמינים, תפקידם ומסיסותם בממסים שונים](#).

סעיף ד' רשות (הציון בשאלון 037381 68)

(הציון בשאלון 037387 75)

אחד המינרלים החשובים שיש באצות הוא התרכובת KI. תרכובת זו היא מקור ליוני יודיד I⁻. לפי הוראות משרד הבריאות, הצריכה היומית המומלצת של יוד היא 150 מיקרוגרם יוני יודיד. דפי אצות "נוריי" משמשים להכנת סושי ומאכלים אחרים. בדף אצת "נוריי", שמשקלו 2.5 גרם, יש 45 מיקרוגרם יוני יודיד.

קבע אם מנת מרק שהוכנה מ-10 גרם דפי אצות "נוריי" מכילה בדיוק את כמות יוני היודיד המומלצת ליום, יותר מן הכמות המומלצת או פחות ממנה. **פרט את חישוביך, והסבר.**

התשובה

קביעה:

יותר מכמות המומלצת.

חישוב והסבר:

מספר הדפים (sheets) של אצות "נוריי" ב-10 גרם אצות:

$$\frac{10 \text{ gr}}{2.5 \frac{\text{gr}}{\text{sheet}}} = 4 \text{ sheets}$$

מסת יוני היודיד ב-4 דפי אצות "נוריי" היא:

$$45 \mu\text{g} \times 4 = 180 \mu\text{g}$$

(הצריכה היומית המומלצת של יוני יודיד היא 150 מק"ג.)

10 גרם אצות "נוריי" מכילות 180 מק"ג יוד, כלומר יותר מהכמות המומלצת.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו בחישוב. רוב הטעויות שאותרו הן טעויות חישוב.

טעות אופיינית נוספת היא שימוש במסה של דף אצות "נוריי" (2.5 גרם) במקום במסת יוני יודיד (45 מיקרוגרם).

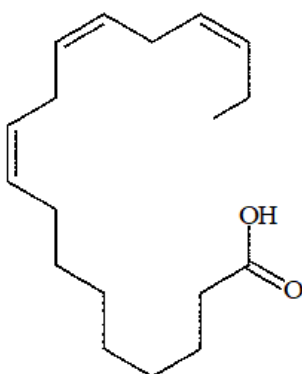
שאלה נוספת לתרגול

נתונות מספר חומצות שומן:

מיקום הקשר הכפול הראשון במולקולה	מספר וסוג של קשרים כפולים במולקולה	מספר אטומי פחמן במולקולה	חומצה רוויה או בלתי רוויה	רישום מקוצר של חומצת שומן.	חומצת שומן	
		16	רוויה		פלמיטית	1
על אטום C מס' 9	קשר כפול אחד מסוג טרנס	18			אלאידית	2
על אטום C מס' 9	קשר כפול אחד מסוג ציס	18		C18:1ω9 cis	אולאית	3
הקשר הכפול הראשון על אטום C מס' 6	שני קשרים כפולים מסוג ציס	18			לינולאית	4

5	לינולנית		18	שלושה קשרים כפולים מסוג ציס	הקשר הכפול הראשון על אטום C מס' 3
6	דוקוסאהקסאנואית	C18:6 ω 3 all cis	22	שישה קשרים כפולים מסוג ציס	הקשר הכפול הראשון על אטום C מס' 3

נתון ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה דוקוסאהקסאנואית



סעיף א'

תת-סעיף i

השלם את הטבלה הנתונה.

תת-סעיף ii

רשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של כל אחת מחומצות שומן (1) - (5).

"השמנים שימושיים לשיקום עור פנים, שיצא מאיזון בריא, ולשמירה ולהגנה על הקיים. ישנם מספר שמנים שנחשבים "קלאסיים" בתרומתם לעור הפנים. לדוגמה: שמן פקעות ורדים (רוז היפ) המכיל כמות גבוהה של חומצות שומן חיוניות, נגזרות של ויטמין A וריכוז גבוה יחסית של ויטמין C שהוא זרז של יצירת קולגן, ולכן חשוב ביותר לטונוס, מלאות וגמישות העור. ויטמינים A ו-C הם גם נוגדי חמצון. השמן מעולה לכל השימושים הקוסמטיים ובמיוחד לעור מבוגר, עור נפול (גם אחרי לידה או טראומה) וקמטים.

מתוך קטלוג של "[מיכל סבון טבעי](#)".

סעיף ב'

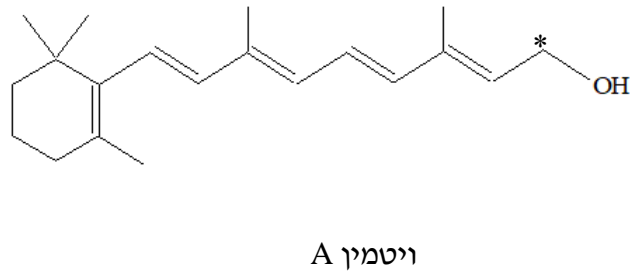
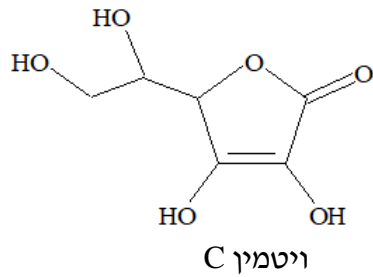
הסבר מה הן חומצות שומן חיוניות.

סעיף ג'

סדר את חומצות השומן (1)-(4) לפי סדר עולה של טמפרטורת היתוך. נמק.

סעיף ד'

בקטע מוזכרים ויטמין A וויטמין C. אנשים רבים, שתזונתם אינה מאוזנת, נוהגים להוסיף ויטמינים לתפריטם. לפניך ייצוג מקוצר לנוסחאות מבנה של ויטמין A וויטמין C.



איזה מן הוויטמינים, A או C, הגיוני להוסיף למיץ חסה מימי לקבלת תערובת הומוגנית? נמק.

סעיף ה'

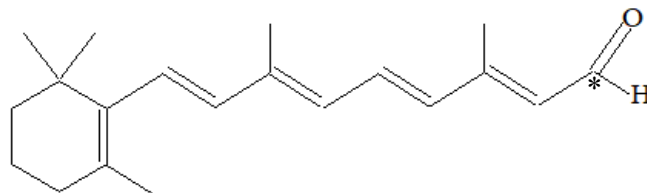
תת-סעיף i

קבע את דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן בכוכבית במולקולה של ויטמין A.

תת-סעיף ii

בגוף ויטמין A עובר חמצון מכוהל לאלדהיד רטינאל שבזכותו מתאפשרת ראייה.

ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של רטינאל:



קבע את דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן בכוכבית במולקולה של רטינאל.

סעיף ו'

היעזר בתשובותיך בסעיפים ה'ו' וענה על תת-סעיפים i-ii.

תת-סעיף i

הסבר פעילות אנטיאוקסידנטים.

תת-סעיף ii

הסבר את הפעילות של ויטמין A כאנטיאוקסידנט.

התשובה

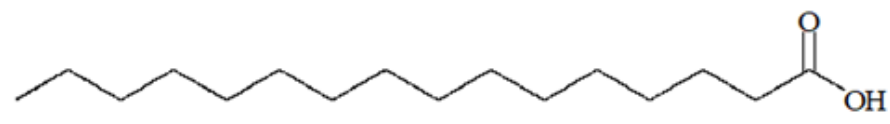
סעיף א'

תת-סעיף i

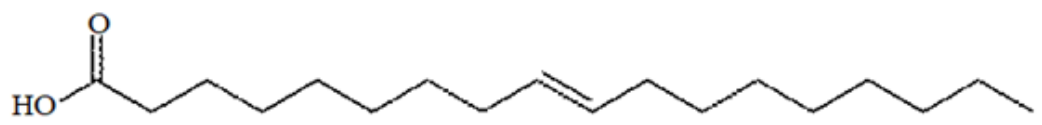
מיקום הקשר הכפול הראשון במולקולה	מספר וסוג של קשרים כפולים במולקולה	מספר אטומי פחמן במולקולה	חומצה רוויה או בלתי רוויה	רישום מקוצר של חומצת שומן.	חומצת שומן	
-	-	16	רוויה	C16:0	פלמיטית	1
על אטום C מס' 9	קשר כפול אחד מסוג טרנס	18	בלתי רוויה	C18:1 ω 9 trans	אלאידית	2

על אטום C מסי 9	קשר כפול אחד מסוג ציס	18	בלתי רוויה	C18:1ω9 cis	אולאית	3
הקשר הכפול הראשון על אטום C מסי 6	שני קשרים כפולים מסוג ציס	18	רב בלתי רוויה	C18:2ω6 cis,cis	לינולאית	4
הקשר הכפול הראשון על אטום C מסי 3	שלושה קשרים כפולים מסוג ציס	18	רב בלתי רוויה	C18:3ω3cis,cis,cis	לינולנית	5
הקשר הכפול הראשון על אטום C מסי 3	שישה קשרים כפולים מסוג ציס	22	רב בלתי רוויה	C18:6ω3 all cis	דוקוסא- הקסאנואית	6

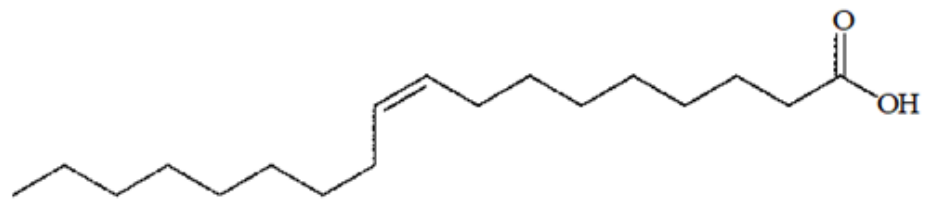
תת-סעיף ii



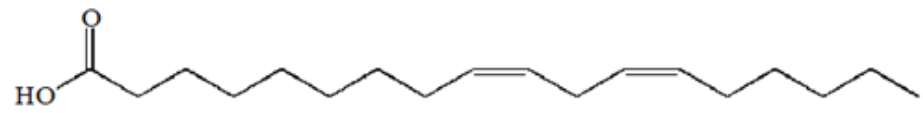
חומצה פלמיטית



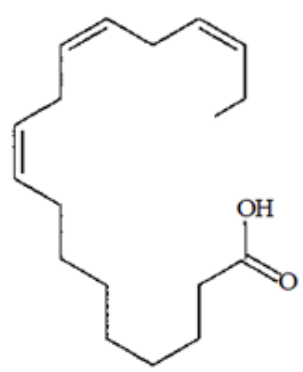
חומצה אלאידית



חומצה אולאית



חומצה לינולאית



חומצה לינולנית

סעיף ב'

חומצות שומן חיוניות הן חומצות שומן שהגוף זקוק להן, אך אינו יכול לייצר אותן בעצמו ולכן חייב לקבל אותן במזון.

(אפשר לציין אילו מבין חומצות השומן שבטבלה הן חומצות שומן חיוניות :

חומצות השומן החיוניות כוללות חומצות שומן מסוג אומגה 3 ואומגה 6 . לפיכך מבין החומצות הנתונות, חומצות שומן : לינולאית (4), חומצה לינולנית (5) ודוקוסאהקסאנואית (6) הן חומצות שומן חיוניות.)

סעיף ג'

על פי התשובות לסעיף א' :

חומצת שומן	פלמיטית	אלאידית	אולאית	לינולאית
נוסחה מולקולרית	$C_{15}H_{32}COOH$	$C_{17}H_{32}COOH$	$C_{17}H_{32}COOH$	$C_{17}H_{30}COOH$
גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות	הגודל של ענני האלקטרונים במולקולות של שלושת החומצות דומה.			
מספר קשרים כפולים במולקולה	0	1	1	2
מבנה של קשרים כפולים	-	מבנה טרנס	מבנה ציס	מבנה ציס
סוגי הכוחות הבין מולקולריים	אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן			

חומצה פלמיטית היא חומצת שומן רוויה ואילו חומצות השומן אלאידית, אולאית ולינולאית הן חומצות שומן בלתי רוויות.

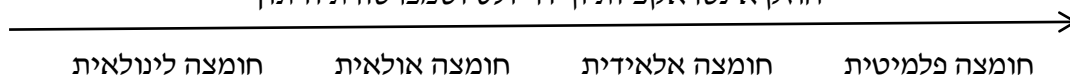
במולקולות של חומצות השומן אולאידית ולינולאית יש קשרים כפולים במבנה ציס הגורמים לכיפופים גדולים יותר במולקולות מאשר קשרים כפולים במבנה טרנס.

ככל שמספר הכיפופים במולקולות רב יותר האריזה של מולקולות תהיה פחות צפופה ואינטראקציות ון-דר-ולס יהיו חלשות יותר.

לכן, בין מולקולות של חומצת השומן הפלמיטית, שבמולקולות שלה אין קשרים כפולים, אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות חזקות יותר מאשר בין מולקולות חומצות השומן האחרות. בין מולקולות חומצה אלאידית, שבכל מולקולה שלה יש קשר כפול מסוג טרנס, יש צפיפות גדולה יותר של אריזה מאשר בין מולקולות של חומצות השומן אולאית ולינולאית בעלות קשרים כפולים מסוג ציס במולקולות, ולכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות של חומצה אלאידית חזקות יותר. 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, ולכן בין המולקולות חומצה לינולאית יש אינטראקציות ון-דר-ולס חלשות יותר מאשר בין מולקולות של חומצה אולאית.

לסיכום, חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות חומצות השומן הנתונות וטמפרטורת היתוך :

חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס וטמפרטורת היתוך



ככל שאינטראקציות ון-דר-ולס יהיו חזקות יותר יש צורך ביותר אנרגיה לנתק אותן וטמפרטורת ההיתוך גבוהה יותר.

סעיף ד'

תערובת הומוגנית היא תמיסה שפיזור החלקיקים בה אחיד. ראשית נבנה טבלאות של קביעת המסיסות של הוויטמינים A ו-C במים.

קביעת המסיסות של ויטמין A במים :

המומס : ויטמין A	הממס : מים	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן מועטים ואינטראקציות ון-דר-ולס	קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
אפשרות ליצירת קשרי מימן זניחה, כי במולקולות הוויטמין, יש אטומי חמצן מעטים.		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות במהלך ההמסה
המסיסות של ויטמין זה במים זניחה.		המסקנה

קביעת המסיסות של ויטמין C במים :

המומס : ויטמין C	הממס : מים	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס	קשרי מימן רבים ואינטראקציות ון-דר-ולס	הכוחות בין מולקולות החומר
קשרי מימן		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות במהלך ההמסה
המסיסות של ויטמין זה במים טובה.		המסקנה

על פי הטבלאות נמצא שוויטמין C יתמוסס במיץ החסה וויטמין A לא.

סעיף ה'

תת-סעיף i

במולקולה של ויטמין A אטום הפחמן המסומן ב- * קשור בקשר קוולנטי יחיד לאטום C, בשני קשרים יחידים לשני אטומי H ובקשר קוולנטי יחיד לאטום O. בקשרי C-C המטען היחסי על אטום הפחמן הוא אפס. הקשר C-H הוא קשר קוולנטי קוטבי. אטום הפחמן מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר, כי לאטום הפחמן אלקטרושליליות גבוהה משל אטום המימן. לכן בקשר C-H המטען היחסי על אטום הפחמן הוא 1- (יש שני קשרים, לכן סה"כ המטען היחסי הוא 2-).

הקשר C-O הוא קשר קוולנטי קוטבי. אטום החמצן מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר, כי לאטום החמצן אלקטרושליליות גבוהה משל אטום הפחמן. לכן בקשר C-O המטען היחסי על אטום הפחמן הוא +1.

דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- * במולקולה של ויטמין A היא -1.

תת-סעיף ii

במולקולה של הרטינאל אטום הפחמן המסומן ב- * קשור בקשר קוולנטי יחיד לאטום C, בקשר קוולנטי יחיד לאטום H ובקשר קוולנטי כפול לאטום O. בקשרי C-C המטען היחסי על אטום הפחמן הוא אפס.

הקשר C-H הוא קשר קוולנטי קוטבי. אטום הפחמן מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר, כי לאטום הפחמן אלקטרושליליות גבוהה משל אטום המימן. לכן בקשר C-H המטען היחסי על אטום הפחמן הוא -1.

הקשר C=O הוא קשר קוולנטי קוטבי. אטום החמצן מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר, כי לאטום החמצן אלקטרושליליות גבוהה משל אטום הפחמן. לכן בקשר C=O המטען היחסי על אטום הפחמן הוא +1. (כיוון שהקשר כפול המטען היחסי הוא +2).
דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- * במולקולה של רטינאל היא +1.

סעיף ו'

תת-סעיף i

אנטיאוקסידנטים הם חומרים אשר כושרם לחזור (או: לעבור חמצון) גבוה מהכושר לחזור של החומרים הדורשים הגנה (או: כושר לעבור חמצון). כתוצאה מכך הם עוברים חמצון במקום החומרים שעליהם הם מגנים. הם מנטרלים את פעילותם המזיקה של רדיקלים חופשיים ומונעים תהליכי חמצון בלתי רצויים בגוף.

תת-סעיף ii

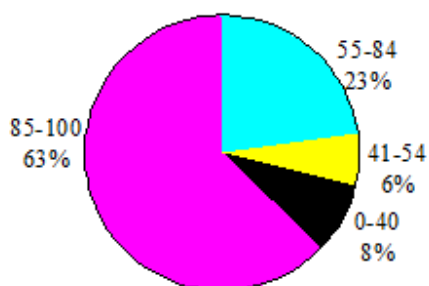
פעילות של ויטמין A כאנטיאוקסידנט: המטען היחסי של אטום הפחמן שמסומן ב- * במולקולת ויטמין A הוא -1 ואילו ברטינאל +1. מכאן משתמע שויטמין A הוא מחזור.

ניתוח שאלה 13

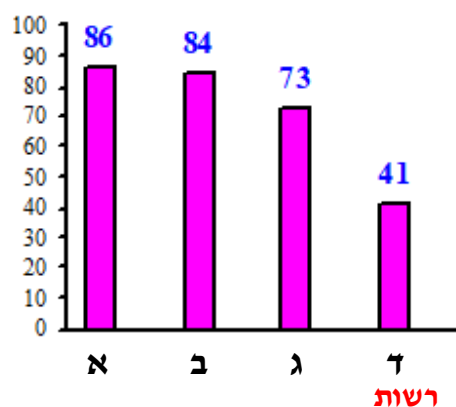
חומצות ובסיסים

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 69% מהתלמידים

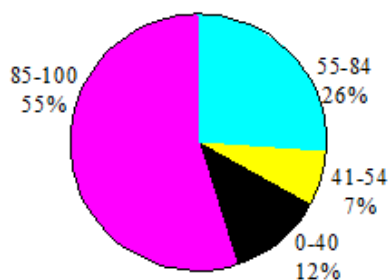


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 83
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

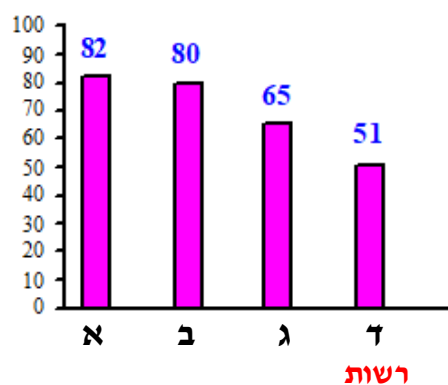


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 66% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 79
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ↖ לנסח את תהליך ההמסה במים של חומר יוני.
- ↖ לרשום ניסוח נטו של תגובת סתירה.
- ↖ לקבוע את תחום ה-pH של התמיסה הנתונה: קטן מ-7, שווה ל-7 או גדול מ-7.
- ↖ להסביר מדוע חלוקת תמיסה לכלים בנפחים שונים אינה משפיעה על ריכוז התמיסה.
- ↖ להסביר מה הקשר בין ריכוז התמיסה לנפח התמיסה ולמספר המולים של המומס.
- ↖ לבצע חישובים סטויכיומטריים על פי ניסוח תגובת סתירה:
 - חישוב מספר המולים של המומס בנפח נתון של התמיסה כשנתון גם ריכוז התמיסה.
 - קביעה אם יש עודף של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ או יוני $OH^-_{(aq)}$ בתום התגובה.
- ↖ להבחין בין מספר המולים של חומר יוני מומס בנפח נתון של התמיסה לבין מספר המולים של כל אחד מן היונים הממוימים של חומר יוני זה באותו נפח של התמיסה.
- ↖ לקבוע את תחום ה-pH של התמיסה המתקבלת בתום התגובה על פי תוצאות הבדיקה אם חומצה ובסיס הגיבו בשלמות ללא עודפים או נשאר עודף חומצה או עודף בסיס.
- ↖ להבחין בין חומצה חד-פרוטית שבתגובה שלה עם מים נוצר מול אחד של יוני הידרוניום לעומת חומצה דו-פרוטית שבתגובה שלה עם מים נוצרים שני מולים של יוני הידרוניום.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

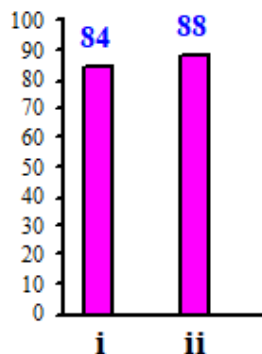
פתיח לשאלה

בניסוי שערכו תלמידים במעבדה, הם סימנו כוס באות A והמיסו בה 3.6 גרם נתרן הידרוקסידי מוצק, $NaOH_{(s)}$, במים. בכוס A התקבלה תמיסה בנפח של 600 מ"ל.

סעיף א' (הציון בשאלון 037381 86)

(הציון בשאלון 037387 82)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 84)

נסח את תהליך ההמסה שהתרחש בעת הכנת התמיסה בכוס A.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו את כללי ההמסה של תרכובת יונית במים וניסחו נכון את תהליך ההמסה שהתרחש בעת הכנת התמיסה בכוס A. הופיעו טעויות מעטות:

- רישום ניסוח מולקולרי - התייחסות לנתרן הידרוקסידי כאל חומר מולקולרי:
 - אי-רישום מצבי הופעה של היונים.
- $\text{NaOH}_{(s)} \rightarrow \text{NaOH}_{(aq)}$

המלצות

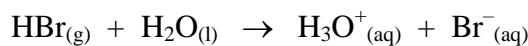
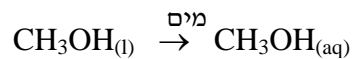
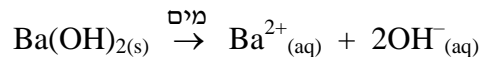
מומלץ לתרגל עם התלמידים רישום ניסוחים של תהליכי המסה של חומרים יוניים וחומרים מולקולריים במים ובממסים נוספים. מומלץ לתרגל את [מפת מושגים המתארת את התהליכים המתרחשים בהוספת מים לחומרים שונים](#) המופיעה בחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה, עמוד 26. מומלץ לתת לתלמידים תרגילים שבהם יש להשוות בין תהליכי המסה במים של חומרים יוניים, חומרים מולקולריים שלא מגיבים עם מים וחומרים מולקולריים שמגיבים עם מים.

תרגיל לדוגמה:

- א. נסח את תהליכי ההמסה במים של החומרים :
 בריום הידרוקסיד, $\text{Ba(OH)}_{2(s)}$, מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, ומימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$.
- ב. קבע עבור כל אחת מן התמיסות שיתקבלו אם היא מוליכה זרם חשמלי. נמק.

התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'

תמיסת בריום הידרוקסיד מוליכה זרם חשמלי, כי היא מכילה יונים ניידים:
 יוני $\text{Ba}^{2+}_{(aq)}$ ויוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$.

תמיסת מתאנול לא מוליכה זרם חשמלי, כי היא מכילה מולקולות ואינה מכילה יונים ניידים.
 זוהי תמיסה של חומר מולקולרי שלא מגיב עם מים.

תהליך המסה זה מלווה בתגובה עם המים. התמיסה שהתקבלה בתגובה של מימן ברומי עם מים
 מוליכה זרם חשמלי, כי היא מכילה יונים ניידים: יוני $\text{H}_3\text{O}^{+}_{(aq)}$ ויוני $\text{Br}^{-}_{(aq)}$. זוהי תמיסה של חומר
 מולקולרי שמגיב עם מים (כחומצה).

תת-סעיף ii (הציון 88)

האם ה-pH של התמיסה בכוס A קטן מ-7, שווה ל-7 או גדול מ-7? נמק.

התשובה

קביעה:

ה-pH של התמיסה גדול מ-7.

נימוק:

התמיסה שבכוס A היא בסיסית כיוון שבתהליך ההמסה שהתרחש בכוס נוצרו יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$
 (או: בתום ההמסה התמיסה מכילה יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את התחום ה-pH של התמיסה של נתרן הידרוקסיד.
 אותרו טעויות מעטות:

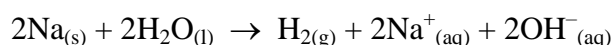
- "שווה ל-7, כי המים הם גם חומצה וגם בסיס."

המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים לקבוע את תחום ה-pH של תמיסות שונות, לאו דווקא תמיסות שנוצרו בתהליכי ההמסה של הידרוקסיד מתכת, ולהבהיר לתלמידים שאם בתמיסה יש יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$, תחום ה-pH של התמיסה הוא בסיסי.

תרגיל לדוגמה:

נתונה התגובה:



- א. קבע אם התגובה הנתונה היא תגובת חומצה בסיס או תגובת חמצון-חיזור. נמק.
- ב. קבע אם ה-pH של התמיסה שהתקבלה בתגובה קטן מ-7, שווה ל-7 או גדול מ-7? נמק.

התשובה:

סעיף א'

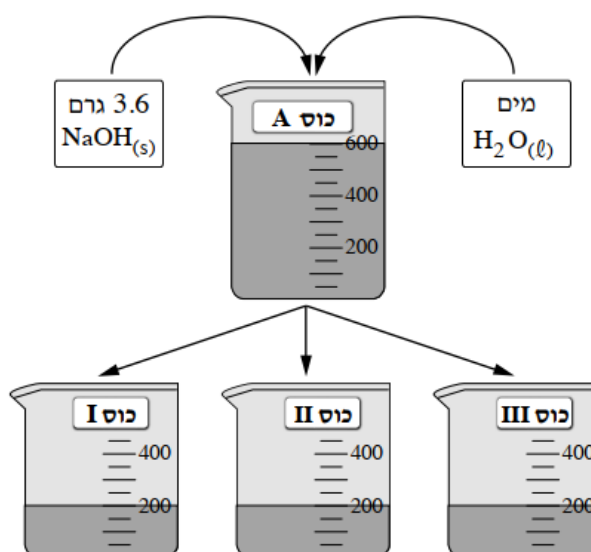
התגובה הנתונה היא תגובת חמצון-חיזור. במהלך התגובה חל שינוי בדרגות חמצון של אטומי החומרים (דרגת החמצון של נתרן עולה מאפס ל-+1), דרגת החמצון של מימן יורדת מ- (+1) לאפס) ולא היה מעבר פרוטונים מחומר אחד לחומר אחר.

סעיף ב'

ה-pH של התמיסה שהתקבלה בתגובה גדול מ-7, כי בתמיסה זו נוצרו יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$.

פתיח לסעיפים ב-ד

התלמידים חילקו את התמיסה שבכוס A באופן שווה לשלוש כוסות כימיות I, II, III. בכל כוס 200 מ"ל תמיסה, כפי שמתואר באיור 1.

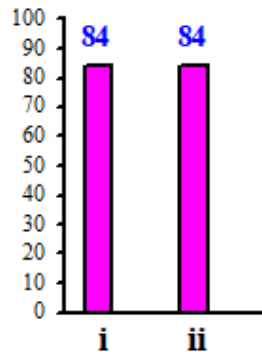


איור 1

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 84)

(הציון בשאלון 037387 80)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 84)

לפניך ארבעה היגדים d-a המתייחסים לתמיסות בכוסות I, II, III, כפי שמתואר באיור 1.

ציין מה הם ההיגדים הנכונים מן ההיגדים d-a.

- a. מספר המולים של המומס בכל אחת מן הכוסות קטן ממספר המולים של המומס בתמיסה שהייתה בכוס A.
- b. מספר המולים של המומס בכל אחת מן הכוסות שווה למספר המולים של המומס בתמיסה שהייתה בכוס A.
- c. ריכוז התמיסה בכל אחת מן הכוסות קטן מריכוז התמיסה שהייתה בכוס A.
- d. ריכוז התמיסה בכל אחת מן הכוסות שווה לריכוז התמיסה שהייתה בכוס A.

התשובה

ההיגדים הנכונים הם: היגד a

היגד d

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים בחרו בהיגדים הנכונים. הם הבינו שאם מתוך 600 מ"ל תמיסה לוקחים 200 מ"ל, מספר המולים של המומס ב- 200 מ"ל תמיסה קטן ממספר המולים של המומס בתמיסה המקורית. כמו כן הם הבינו שחלוקת תמיסה לכלים בנפחים שונים אינה משפיעה על ריכוז התמיסה.

אותרו טעויות מעטות. הטעות העיקרית ביניהן היא הבחירה בהיגד c כהיגד נכון. תלמידים אלה לא הבינו שחלוקת תמיסה לכלים בנפחים שונים אינה משפיעה על ריכוז התמיסה.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שריכוז התמיסה הוא מידת הפיזור של חלקיקי המומס בתמיסה. לכן אם מחלקים את התמיסה לשלוש כוסות, מידת הפיזור של חלקיקי המומס בתמיסה לא משתנה. מספר המולים של המומס בתמיסה כן תלוי בנפח התמיסה. לכן אם מחלקים את התמיסה לשלוש כוסות, מספר החלקיקים בכל כוס יהיה קטן יותר.

תת-סעיף ii (הציון 84)

חשב את מספר המולים של המומס בכל אחת מן הכוסות I, II, III. פרט את חישוביך.

התשובה

המסה המולרית של המומס $\text{NaOH}_{(s)}$: $40 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של המומס $\text{NaOH}_{(s)}$ בתמיסה בכוס A:

$$\frac{3.6 \text{ gr}}{40 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.09 \text{ mol}$$

מספר המולים של המומס בכל אחת מהכוסות I, II, III:

$$\frac{0.09 \text{ mol}}{3} = 0.03 \text{ mol}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חישובו נכון את מספר המולים של המומס בכל אחת מן הכוסות I, II, III. אותרו טעויות מעטות, שהטעות העיקרית ביניהן היא התייחסות לסכום מספרי המולים של יוני נתרן ויוני הידרוקסיד:

- $0.03 \text{ mol} + 0.03 \text{ mol} = 0.06 \text{ mol}$

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שאם שואלים על מספר המולים של המומס, הכוונה היא למספר המולים של התרכובת ולא לסכום מספרי המולים של היונים בתמיסה.

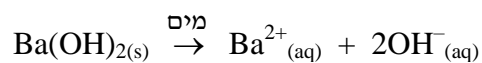
תרגיל לדוגמה:

נתונים 800 מ"ל תמיסת $\text{Ba}(\text{OH})_{2(aq)}$ בריכוז 0.05 M. מחלקים את התמיסה לארבע כוסות.

- נסח את תהליך ההמסה שהתרחש בעת הכנת התמיסה המימית של $\text{Ba}(\text{OH})_{2(s)}$.
- חשב את מספר המולים של המומס בכל אחת מן הכוסות. פרט את חישוביך.
- חשב את מספר המולים של כל אחד מסוגי היונים בתמיסה בכל אחת מהכוסות. פרט את חישוביך.
- קבע את ריכוז המומס בכל אחת מהכוסות. נמק.

התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'

ב- 1 ליטר תמיסה יש 0.05 מול Ba(OH)_2 ,

ספר המולים של Ba(OH)_2 ב- 0.8 ליטר תמיסה:

$$0.05 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.8 \text{ liter} = 0.04 \text{ mol}$$

מספר המולים של המומס Ba(OH)_2 בכל אחת מהכוסות:

$$\frac{0.04 \text{ mol}}{4} = 0.01 \text{ mol}$$

סעיף ג'

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ- 1 מול $\text{Ba(OH)}_{2(s)}$ מתקבלים בתמיסה 1 מול יוני $\text{Ba}^{2+}_{(aq)}$

ו- 2 מול יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$.

לכן אם בכוס יש 0.01 מול מומס, אז יש בו 0.01 מול יוני $\text{Ba}^{2+}_{(aq)}$ ו- 0.02 מול יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$.

סעיף ד'

ריכוז המומס Ba(OH)_2 בכל אחת מן הכוסות הוא 0.05 M - שווה לריכוז בתמיסה המקורית.

ריכוז התמיסה לא תלוי בנפח התמיסה.

או טבלה לסעיפים ג'-ד'

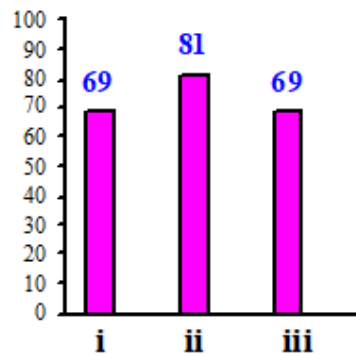
$\text{Ba(OH)}_{2(s)} \rightarrow \text{Ba}^{2+}_{(aq)} + 2\text{OH}^{-}_{(aq)}$			יחידות	גדלים
1	1	2		יחס המולים בניסוח התגובה
0.01	0.01	0.02	mol	מספר מולים
	0.05	0.1	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$	ריכוז מולרי
		0.2	liter	נפח התמיסה

סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 73)

(הציון בשאלון 037387 65)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

התלמידים הוסיפו לכל אחת מן הכוסות I, II, III תמיסות שונות זו מזו. לכוס I הוסיפו התלמידים נפח מסוים של תמיסה של חומצת מימן כלורי, $\text{HCl}_{(\text{aq})}$, בריכוז 0.2 M, וערבבו היטב. התרחשה תגובה. בתום התגובה ערך ה-pH היה 7.



תת-סעיף i (הציון 69)

נסח ניסוח נטו לתגובה שהתרחשה.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

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

- ♦ רישום ניסוח מולקולרי:
 $\text{NaOH}_{(\text{aq})} + \text{HCl}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NaCl}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
- ♦ רישום סימן שווה במקום חץ:
 $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
- ♦ רישום עודף כתוצר:
 $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$

המלצות

מומלץ להיעזר בהמלצות המופיעות בחוברת: סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ז: קשיי למידה, דרכי הוראה המותאמות לתוכנית הלימודים 70-30, עמוד 11: [תגובות שהתלמיד צריך להכיר ולנסח](#). החוברת נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

מומלץ לעבוד עם התלמידים על כל התגובות המופיעות בנספח לסילבוס: [דוגמאות לתגובות לפרקים חומצות ובסיסים ותמצון-חיזור](#). הנספח נמצא באתר המפמ"ר.

מומלץ להציג לתלמידים יישומון שהוא [סרט אינטראקטיבי העוסק בתגובות חומצה בסיס](#), שאליו מצורפות משימות מתוקשבות. היישומון נמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה. מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית [סתירה - מה היא מסתירה?](#) הערכה נמצאת באתר קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

תת-סעיף ii (הציון 81)

מהו נפח תמיסת $\text{HCl}_{(aq)}$ שהוסיפו לכוס I? **פרט את הישוּבֵיך.**

התשובה

מספר המולים של יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ בכוס I הוא 0.03 מול (מתת-סעיף ב ii).
 יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ ליוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ הוא 1:1
 מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ אשר דרושים לתגובת סתירה מלאה עם יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ הוא 0.03 מול.
 מספר המולים של המומס בתמיסת $\text{HCl}_{(aq)}$ הוא 0.03 מול.
 הנפח של תמיסת $\text{HCl}_{(aq)}$:

$$\frac{0.03 \text{ mol}}{0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = 0.15 \text{ liter} = 150 \text{ ml}$$

או: פתרון בעזרת טבלה:

$\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$			יחידות	גדלים
1	1			יחס המולים בניסוח התגובה
0.03	0.03		mol	מספר מולים
0.2			$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$	ריכוז מולרי
0.15			liter	נפח התמיסה

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים חישובו נכון את נפח תמיסת $\text{HCl}_{(aq)}$ שהוסיפו לכוס I, הם ביצעו את כל החישובים הסטויכיומטריים הדרושים. יחד עם זאת היו תלמידים שטעו באחד או יותר שלבים של החישוב. הטעויות האופייניות:

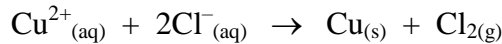
- ♦ חישוב שגוי של מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ אשר דרושים לתגובת סתירה מלאה.
- ♦ התייחסות לנפח מולרי של גז בתנאי החדר.

המלצות

מומלץ לחדד את ההבדל בין נפח תמיסה לנפח גז.

תרגיל לדוגמה:

במעבדה העבירו זרם חשמלי דרך תמיסת נחושת כלורית, $\text{CuCl}_{2(aq)}$, בריכוז 0.2 M. התרחשה התגובה:



בתגובה נוצרו 0.2 מול נחושת, $\text{Cu}_{(s)}$.

- א. חשב את נפח התמיסה שהגיבה. פרט את חישוביך.
- ב. חשב את נפח הכלור, $\text{Cl}_{2(g)}$, שהתקבל. פרט את חישוביך.

התשובה:

סעיף א'

1 מול $\text{Cu}_{(s)}$ נוצר מ- 1 מול CuCl_2 , לכן 0.2 מול $\text{Cu}_{(s)}$ נוצרו מ- 0.2 מול CuCl_2 . הנפח של תמיסת $\text{CuCl}_{2(aq)}$ שהגיבה:

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

סעיף ב'

כאשר נוצרים 1 מול $\text{Cu}_{(s)}$ נוצר גם 1 מול $\text{Cl}_{2(g)}$, לכן כאשר נוצרים 0.2 מול $\text{Cu}_{(s)}$ נוצרים 0.2 מול $\text{Cl}_{2(g)}$. הנפח המולרי של גז בתנאי החדר הוא $25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}$. הנפח של $\text{Cl}_{2(g)}$ שהתקבל:

$$25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} \times 0.2 \text{ mol} = 5 \text{ liter}$$

תת-סעיף iii (הציון 69)

לכוס II הוסיפו התלמידים 150 מ"ל תמיסת חומצה גופרתית, $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$, בריכוז 0.2 M, וערבבו היטב. התרחשה תגובה. קבע אם בתום התגובה, ה-pH בכוס II היה חומצי, בסיסי או ניטרלי. פרט את חישוביך או נמק באופן מילולי.

התשובה

קביעה:

ה-pH בכוס II היה חומצי.

נימוק מילולי:

מספר המולים של יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ שווה בכל אחת מן הכוסות, 0.03 מול.

(בסעיף ג ii נקבע כי נדרשו 150 מ"ל תמיסת $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ בריכוז 0.2 M לסתירה מלאה של יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$)

(שבכוס II).

החומצה הגופרתית היא חומצה דו-פרוטית. מ-1 מול חומצה נוצרים 2 מול של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$.

מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ ב-150 מ"ל תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ בריכוז 0.2 M גדול (פי 2) ממספר

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

לכן בתום התגובה היה עודף של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ בתמיסה וה-pH בכוס II היה חומצי.

או:

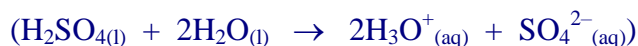
פירוט חישובים:

מספר המולים של יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ בכוס II, הוא 0.03 מול.

מספר המולים של החומצה הגופרתית, $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$, שהוסיפו:

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

חומצה גופרתית היא חומצה דו-פרוטית.



מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ שהוסיפו: $0.03 \text{ mol} \times 2 = 0.06 \text{ mol}$

מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ גדול ממספר המולים של יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$.

לכן, בתום התגובה ה-pH בכוס II היה חומצי.

או: פתרון בעזרת טבלה:

מספר המולים של יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ בכוס II, הוא 0.03 מול.



$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$	יחידות	גדלים
1	2		יחס המולים
0.2		$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$	ריכוז מולרי
0.15		liter	נפח התמיסה
0.03	0.06	mol	מספר מולים

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשה לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור התגובה שאחד מהמגיבים שלה נמצא בעודף, ולקשר את עודף החומצה עם ערך ה-pH של התמיסה בתום התגובה. הופיעו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

- ◆ קביעה שגויה ונימוק שגוי:
- "ה-pH בכוס II הוא ניטרלי, כי הייתה תגובת סתירה."
- "ה-pH ניטרלי, כי הריכוזים שווים ולכן מספר המולים שווה."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק חלקי:
- "pH התמיסה הוא חומצי, כי החומצה הגופרתית היא דו-פרוטית."

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שכדי לקבוע את תחום ה-pH של התמיסה המתקבלת בתום התגובה יש לבצע חישובים סטויכיומטריים (לחשב את מספר המולים של יוני H_3O^+ ויוני OH^-) כדי לבדוק אם חומצה ובסיס הגיבו בשלמות ללא עודפים או נשאר עודף חומצה או עודף בסיס. חלק מהתלמידים מתקשים להבין משפטים מסוג: "כל המגיבים הגיבו בשלמות" ו"התגובה התרחשה עד תום". מומלץ לתרגל שאלות אשר כוללות היגדים אלה.

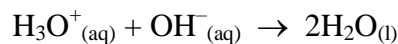
תרגיל לדוגמה:

במעבדה ערבבו 0.25 ליטר תמיסת חומצה גופרתית, $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$, בריכוז 1 M עם 1 ליטר תמיסת נתרן הידרוקסידי, $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$, בריכוז 1 M. התרחשה תגובה.

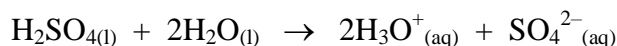
- רשום ניסוח נטו של התגובה שהתרחשה.
- קבע אם בתום התגובה התמיסה שהתקבלה הייתה חומצית, בסיסית או ניטרלית. פרט את חישוביך, ונמק.
- במידה וקבעת שהתמיסה היא חומצית או בסיסית, חשב את הריכוז של יוני H_3O^+ או יוני OH^- בהתאמה. פרט את חישוביך, ונמק. (סעיף בונוס)

התשובה:

סעיף א'



סעיף ב'



מספר המולים של יוני H_3O^+ ב-0.25 ליטר תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ בריכוז 1 M:

$$0.25 \text{ liter} \times 2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 0.5 \text{ mol}$$

או :

$H_2SO_4(aq)$	$H_3O^+(aq)$	יחידות	גדלים
1	2		יחס המולים
1	2	$\frac{mol}{liter}$	ריכוז מולרי
0.25		liter	נפח התמיסה
0.25	0.5	mol	מספר מולים

מספר המולים של יוני $OH^-(aq)$ ב-1 ליטר תמיסת $NaOH(aq)$ בריכוז 1 M :

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

יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני $H_3O^+(aq)$ לבין יוני $OH^-(aq)$ הוא 1:1, לכן 0.5 מול יוני $H_3O^+(aq)$ מגיבים עם 0.5 מול יוני $OH^-(aq)$. בתמיסה שהתקבלה יש עודף יוני $OH^-(aq)$, ז.א. התמיסה היא בסיסית.

או :

$H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow 2H_2O(l)$			יחידות	גדלים
1	1			יחס המולים בניסוח התגובה
0.5	0.5		mol	מספר מולים
2	1		$\frac{mol}{liter}$	ריכוז מולרי
0.25	1		liter	נפח התמיסה

סעיף ג' (סעיף בונוס)

$$1 \text{ mol} - 0.5 \text{ mol} = 0.5 \text{ mol}$$

מספר המולים של יוני $OH^-(aq)$ שנשאר בעודף :

$$0.25 \text{ liter} + 1 \text{ liter} = 1.25 \text{ liter}$$

נפח התמיסה שהתקבלה בתום התגובה :

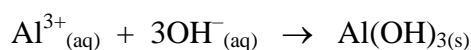
$$\frac{0.5 \text{ mol}}{1.25 \text{ liter}} = 0.4 \text{ M}$$

הריכוז של יוני $OH^-(aq)$ בתמיסה שהתקבלה :

סעיף ד' רשות (הציון בשאלון 037381 41)

(הציון בשאלון 037387 51)

לכוס III הוסיפו התלמידים 80 מ"ל תמיסת אלומיניום כלורי, $AlCl_3(aq)$. צבע התמיסה נהפך ללבן עכור. לפניך ניסוח נטו לתגובה שהתרחשה.



כל המגיבים הגיבו בשלמות.

חשב את ריכוז תמיסת $\text{AlCl}_{3(\text{aq})}$ שהוסיפו לכוס III.

התשובה

מספר המולים של יוני $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$ בכוס III, הוא 0.03 מול.
 יחס המולים של יוני $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$ ליוני $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$ הוא 1:3,
 3 מול יוני $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$ מגיבים בשלמות עם 1 מול יוני $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$.

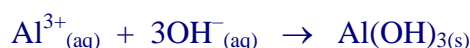
$$\frac{0.03 \text{ mol}}{3} = 0.01 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של יוני } \text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} \text{ שהגיבו:}$$

יחס המולים בין יוני אלומיניום לתמיסה לאלומיניום כלורי הוא 1:1, לכן הריכוז של תמיסת $\text{AlCl}_{3(\text{aq})}$:

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

או: פתרון בעזרת טבלה:

(מספר המולים של יוני אלומיניום שווה למספר המולים של המומס בתמיסה.)



גדלים	יחידות	$\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	$\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$
יחס המולים		3	1
מספר המולים	mol	0.03	0.01
נפח התמיסה	liter		0.08
ריכוז מולרי	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$		0.125

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציונים נמוכים מאוד. תלמידים רבים התקשו לחשב את הריכוז של תמיסת $\text{AlCl}_{3(\text{aq})}$ שהוסיפו לכוס III. הטעויות האופייניות:

- ♦ חישוב שגוי של מספר המולים של יוני $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$ שהגיבו ללא התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה:
- ♦ "0.03 מול יוני $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$ מגיבים עם 0.03 מול יוני $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$."
- ♦ הצבת הנפח הכולל של התמיסה בחישוב של ריכוז התמיסה:

- $\frac{0.01 \text{ mol}}{0.28 \text{ liter}} = 0.036 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$

♦ הצבה של סכום מספר המולים של שני סוגי היונים בחישוב של ריכוז התמיסה:

- $\frac{0.04 \text{ mol}}{0.08 \text{ liter}} = 0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$

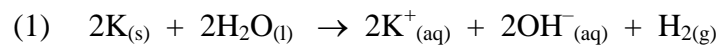
המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין מספר המולים של חומר יוני מומס לבין מספר המולים של כל אחד מסוגי היונים המומסים, וכך גם ההבדל בריכוזים. מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "[משימה דורשת ריכוז](#)". הערכה נמצאת באתר קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

שאלה נוספת לתרגול

סעיף א'

כאשר מכניסים מתכת אשלגן, $K_{(s)}$, למים, מתרחשת תגובה (1):



תת-סעיף i

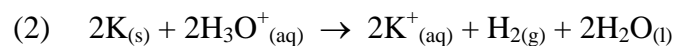
קבע אם תגובה (1) היא תגובת חומצה בסיס, תגובת חמצון-חיזור או גם חומצה בסיס וגם חמצון-חיזור. נמק.

תת-סעיף ii

קבע אם ה-pH של התמיסה שהתקבלה בתגובה (1) גדול מ-7, קטן מ-7 או שווה ל-7. נמק.

סעיף ב'

ל-300 מ"ל תמיסת חומצה גופרתית, $H_2SO_{4(aq)}$, בריכוז 0.1 M הוסיפו 1.3 גרם אשלגן, $K_{(s)}$. התרחשה תגובה (2):



תת-סעיף i

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

תת-סעיף ii

חשב את נפח הגז $H_{2(g)}$ שנוצר בתגובה (2) בתנאי החדר. פרט את חישוביך. נתון: נפח מולרי של גז בתנאי החדר הוא 25 ליטר.

סעיף ג'

ל-300 מ"ל תמיסת חומצה גופרתית, $H_2SO_{4(aq)}$ בריכוז 1 M הוסיפו 0.6 מול אשלגן הידרוקסידי, $KOH_{(s)}$. התרחשה תגובה (3).

תת-סעיף i

רשום ניסוח נטו של תגובה (3).

תת-סעיף ii

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

התשובה

סעיף א'

תת-סעיף i

תגובה (1) היא תגובת חמצון-חיזור. במהלך התגובה חלו שינויים בדרגות חמצון: דרגת החמצון של אטומי אשלגן עולה מאפס ל- (+1), דרגת החמצון של אטומי מימן יורדת מ- (+1) ואפס.

תת-סעיף ii

pH התמיסה שהתקבלה בתגובה (1) היה גדול מ- 7, כי בתגובה זו נוצרו יוני OH^- (aq).

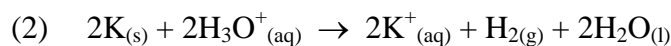
סעיף ב'

תת-סעיף i

קביעה:

pH התמיסה שהתקבלה בתום התגובה הוא חומצי.

חישוב ונימוק:



$39 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$ המסה המולרית של $\text{K}_{(s)}$:

$\frac{1.3 \text{ gr}}{39 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.03 \text{ mol}$ מספר המולים של $\text{K}_{(s)}$ שהוסיפו:

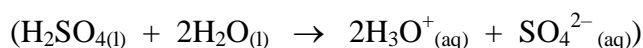
יחס המולים בניסוח התגובה בין $\text{K}_{(s)}$ לבין יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ הוא 1:1.

0.03 מול $\text{K}_{(s)}$ הגיבו עם 0.03 מול יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$.

מספר המולים של H_2SO_4 בתמיסה ההתחלתית:

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

חומצה גופרתית היא חומצה דו-פרוטית.



מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ בתמיסה ההתחלתית: $0.03 \text{ mol} \times 2 = 0.06 \text{ mol}$

בתום התגובה נשאר עודף של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$.

לכן ה- pH של התמיסה שהתקבלה בתום התגובה הוא חומצי.

תת-סעיף ii

יחס המולים בניסוח התגובה בין $\text{K}_{(s)}$ לבין $\text{H}_2(g)$ הוא 1:2.

לכן מספר המולים של $\text{H}_2(g)$ שנוצרו: 0.015 mol

נפח הגז $\text{H}_2(g)$ שנוצר בתגובה (2): $25 \text{ liter} \times 0.015 \text{ mol} = 0.375 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$

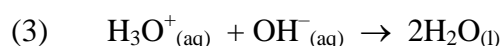
טבלאות לסעיף ב' :

גדלים	יחידות	$H_3O^+_{(aq)}$	$H_2SO_{4(aq)}$
יחס המולים		2	1
ריכוז מולרי	$\frac{mol}{liter}$		0.1
נפח התמיסה	liter		0.3
מספר מולים	mol	0.06	0.03

גדלים	יחידות	$2K_{(s)}$	$2H_3O^+_{(aq)}$	$2K^+_{(aq)}$	$H_{2(g)}$	$2H_2O_{(l)}$
יחס המולים בניסוח התגובה		2	2	2	1	2
מסה נתונה/נדרשת	gr	1.3				
מסה מולרית	$\frac{gr}{mol}$	39				
מספר מולים	mol	0.03	0.03	0.015		
נפח מולרי	$\frac{liter}{mol}$			25		
נפח הגז	liter			0.375		

סעיף ג'

תת-סעיף i



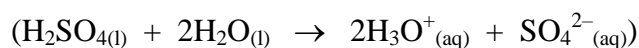
תת-סעיף ii

0.6 mol מספר המולים של יוני $OH^-_{(aq)}$ שהגיבו :

יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני OH^- (שב- $KOH_{(s)}$) לבין יוני $H_3O^+_{(aq)}$ הוא 1:1 .

0.6 mol לכן מספר המולים של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ שהגיבו :

חומצה גופרתית היא חומצה דו-פרוטית.



0.3 mol מספר המולים של H_2SO_4 :

0.3 mol \times 2 = 0.6 mol מספר המולים של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ בתמיסה ההתחלתית :

לכן ה- pH של התמיסה שהתקבלה בתום התגובה הוא ניטרלי.

טבלאות לסעיף ג':

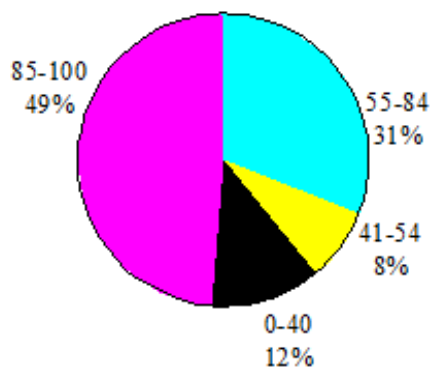
$H_2SO_{4(aq)}$	$H_3O^+_{(aq)}$	יחידות	גדלים
1	2		יחס המולים
1		$\frac{mol}{liter}$	ריכוז מולרי
0.3	0.6	liter	נפח התמיסה
0.3	0.6	mol	מספר מולים

$H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$			יחידות	גדלים
1	1			יחס המולים בניסוח התגובה
0.6	0.6		mol	מספר מולים
2			$\frac{mol}{liter}$	ריכוז מולרי
0.3			liter	נפח התמיסה

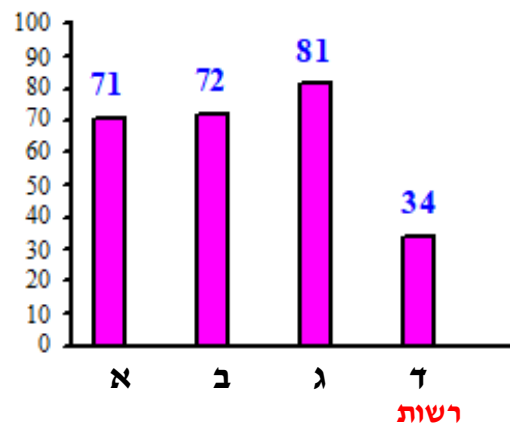
ניתוח שאלה 14 מבנה וקישור, אנרגייה

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 26% מהתלמידים

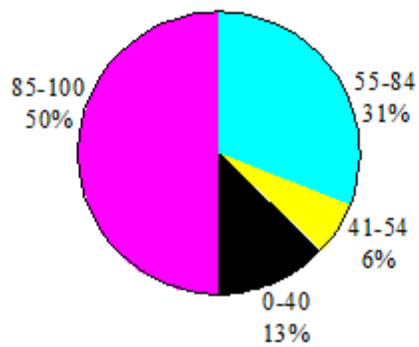


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: **76**
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

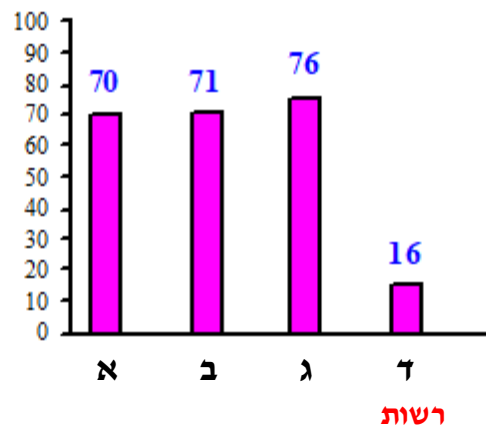


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 23% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ↖ לקבוע את סוגי הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בחומרים הנתונים.
- ↖ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים, כגון טמפרטורת הרתיחה ומצב הצבירה בטמפרטורת החדר.
- ↖ להסביר מדוע חומר מולקולרי אחד מתמוסס בחומר מולקולרי אחר.
- ↖ לנסח תהליך המסה של חומר מולקולרי אחד בחומר מולקולרי אחר.
- ↖ לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות שונות.
- ↖ להתאים בין סוגי קשרים קוולנטיים לערכים של אנתלפיות הקשר שלהם.
- ↖ לציין את הגורמים הרלוונטיים המשפיעים על אנתלפיות קשר.
- ↖ לנסח תהליך אידוי של חומר מולקולרי ולציין את הערך והסימן של ΔH° לתגובה.
- ↖ לחשב את שינוי האנתלפיה של תגובה על פי חוק הס.
- ↖ לחשב אנתלפיה ממוצעת של קשר מסוים לפי נתונים של שינוי האנתלפיה של התגובה ונתוני אנתלפיות של קשרים נוספים הניתקים והנוצרים בתגובה.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

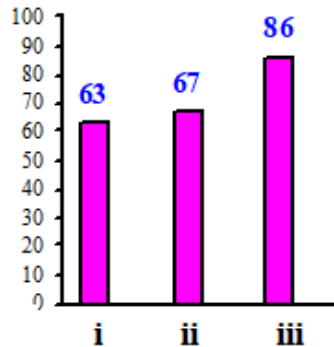
פתיח לשאלה

שאלה זו עוסקת בחומרים פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$, ופחמן דו-גופרי, $\text{CS}_2(\text{l})$.

סעיף א' (הציון בשאלון 037381 71)

(הציון בשאלון 037387 70)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 63)

הסבר מדוע, בטמפרטורת החדר, פחמן דו-גופרי הוא נוזל ואילו פחמן דו-חמצני הוא גז.

התשובה

(שני החומרים הם חומרים מולקולריים.)

ענן האלקטרונים של מולקולת CO_2 קטן (22 אלקטרונים),

מענן האלקטרונים של מולקולת CS_2 (38 אלקטרונים).

לכן, במצב נוזל, אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות CO_2 חלשות מאינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות CS_2 .

האנרגייה הדרושה להפרדה בין מולקולות CS_2 גדולה מהאנרגייה הדרושה להפרדה בין מולקולות CO_2 . טמפרטורת הרתיחה של פחמן דו-גופרי גבוהה מטמפרטורת החדר, לכן החומר נוזל בטמפרטורה זו, ואילו טמפרטורת הרתיחה של פחמן דו-חמצני נמוכה מטמפרטורת החדר, ולכן הוא גז בטמפרטורה זו.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים כתבו הסברים שגויים או חלקיים. הטעויות האופייניות:

- ♦ חוסר הבחנה בין קשרים תוך מולקולריים (קשרים קוולנטיים) לבין כוחות בין מולקולריים. הופיעו הסברים שגויים הנובעים מחוסר הבנה מהו הגורם המשפיע על טמפרטורת הרתיחה. הופיעו הסברים שגויים המתייחסים לחוזק הקשרים בין האטומים כאל הגורם המשפיע על טמפרטורת הרתיחה:

- "פחמן דו-גופרי הוא נוזל בטמפרטורת החדר משום שהקשר בין הפחמן לגופרית הוא קשר חזק מאוד ולכן טמפרטורת הרתיחה גבוהה. פחמן דו-חמצני גז בטמפרטורת החדר משום שהקשר בין הפחמן לחמצן לא מספיק חזק."
- "הקשר $C=O$ חזק מהקשר $C=S$. $O=C$ קשר קוטבי ו- $S=C$ קשר טהור, לכן פחמן דו-גופרי הוא נוזל ופחמן דו-חמצני גז."
- ♦ חוסר התייחסות להשוואה בין טמפרטורת הרתיחה של חומר לבין טמפרטורת החדר בהסבר על מצבי הצבירה :
- "ולכן טמפרטורת הרתיחה של CS_2 גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של CO_2 . ומכאן ש- CS_2 נוזל בטמפרטורת החדר ו- CO_2 גז בטמפרטורה זו."
- ♦ נימוקים המתייחסים להשוואת מסות מולריות במקום לגודל ענני האלקטרונים של מולקולות שני החומרים.

המלצות

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 להראות לתלמידים סימולציות של מעברים בין מצבי צבירה עבור חומר מולקולרי, ולדון בקשרים המתפרקים בעת הרתיחה ובקשרים שלא מתפרקים - קשרים קוולנטיים שפירוקם מצריך השקעת אנרגיה רבה יותר. מומלץ להיעזר בכתבה מאת ד"ר ארז גרטי, שבאתר מכון דוידסון הכוללת יישומון ובו מידע נרחב על מצבי הצבירה השונים, ועל הגורמים שמשפיעים עליהם: [מצבי צבירה](#). מומלץ לתת לתלמידים לעבוד עם לומדה שפותחה על ידי ד"ר שלי ליבנה, איתנה לשם ודרורה ורדי. הלומדה מציגה מעברים בין מצבי צבירה עבור חומרים שונים בהיבט מאקרוסקופי ובהיבט מיקרוסקופי. הלומדה נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: [לומדה מבנה וקישור](#). בתשובות לשאלות העוסקות בכוחות בין מולקולריים מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלאות על פי התבנית המופיעה בעמוד 10 בחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה: [חוברת בנושא "מבנה וקישור"](#).

אפשר להכניס שינויים לתבנית זו בהתאם לשאלה נתונה. לדוגמה, תבנית לתת-סעיף א' i:

פחמן דו-גופרי	פחמן דו-חמצני	החומרים
CS_2	CO_2	נוסחאות מולקולריות
חומרים מולקולריים		סוג החומרים
$\ddot{S}=C=\ddot{S}$	$\ddot{O}=C=\ddot{O}$	נוסחאות ייצוג אלקטרוניות (דוגמאות לייצוגים נוספים בהמשך)
38 אלקטרונים במולקולה	22 אלקטרונים במולקולה	גודל ענני האלקטרונים במולקולות החומרים

המולקולות אינן קוטביות		קוטביות המולקולות של החומרים
אינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
אינטראקציות ון-דר-ולס, בין המולקולות של $\text{CO}_2(l)$ חלשות יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין המולקולות של $\text{CS}_2(l)$ מכיוון שלמולקולת CS_2 ענן אלקטרוניים גדול יותר מאשר למולקולת CO_2 .		ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
האנרגיה הדרושה להפרדה בין מולקולות CO_2 קטנה מהאנרגיה הדרושה להפרדה בין מולקולות CS_2 .		התייחסות לאנרגייה הנדרשת להפרדה בין המולקולות
טמפרטורת הרתיחה של פחמן דו-גופרי גבוהה מטמפרטורת החדר, לכן החומר נוזל בטמפרטורה זו, ואילו טמפרטורת הרתיחה של פחמן דו-חמצני נמוכה מטמפרטורת החדר, ולכן הוא גז בטמפרטורה זו.		התייחסות למצב הצבירה בטמפרטורת החדר

באותה חוברת ניתן למצוא שאלות מתאימות ממאגר שאלות מבחינות הברגות עם תשובות. מומלץ להיעזר בערכה להוראה מותאמת אישית "[מי גבוה יותר?](#)". הערכה נמצאת באתר קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

פתיח לתת-סעיפים ii - iii

בתנאים מתאימים פחמן דו-חמצני מתמוסס בפחמן דו-גופרי.

תת-סעיף ii (הציון 67)

הסבר מדוע פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(g)$, מתמוסס בפחמן דו-גופרי, $\text{CS}_2(l)$.

התשובה

בין המולקולות של $\text{CO}_2(g)$ למולקולות של $\text{CS}_2(l)$ יכולות להיווצר אינטראקציות מסוג ון-דר-ולס. לכן $\text{CO}_2(g)$ מתמוסס ב- $\text{CS}_2(l)$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים מגלים חוסר הבנה של תהליך ההמסה של חומר מולקולרי אחד בחומר מולקולרי אחר. הם מתקשים להפנים שיש להתייחס ליצירת הכוחות בין מולקולות הממס למולקולות המומס. הטעויות האופייניות:

- התייחסות אך ורק לתהליך פירוק כוחות בין מולקולות המומס ולחוזק הקשרים הניתקים (התייחסות שהיא לרוב שגויה מכיוון שפחמן דו-חמצני הוא גז ולכן כלל אין כוחות בין המולקולות):

- "כי אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות CO_2 מתפרקות."

- "כי האינטראקציות של CO_2 חלשות יותר משל CS_2 ולכן הפחמן הדו-גופרי מצליח לפרק את הקשרים של הפחמן הדו-חמצני."
- ◆ התייחסות לדמיון בכוחות שבין המולקולות בשני החומרים במקום התייחסות ליצירת כוחות בין מולקולות הממס למולקולות המומס.

המלצות

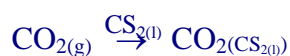
בתשובות לשאלות העוסקות במסיסות של חומרים מולקולריים בממסים שונים, מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלאות על פי תבניות המופיעות בעמוד 16 בחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הברגות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה: [חוברת בנושא "מבנה וקישור"](#). אפשר להכניס שינויים לתבנית זו בהתאם לשאלה נתונה. לדוגמה, תבנית לתת-סעיף א' ii:

המומס: $\text{CO}_2(\text{g})$	הממס: $\text{CS}_2(\text{l})$	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכבים החומרים
אינטראקציות ון-דר-ולס	במצב צבירה גז אין קשרים בין המולקולות. יש אפשרות ליצירת אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות בין מולקולות החומרים
אינטראקציות ון-דר-ולס		סוגי הכוחות הנוצרים בין מולקולות הממס למולקולות המומס במהלך ההמסה
המסיסות $\text{CO}_2(\text{g})$ ב- $\text{CS}_2(\text{l})$ טובה.		המסקנה

תת-סעיף iii (הציון 86)

נסח את תהליך ההמסה של פחמן דו-חמצני בפחמן דו-גופרי.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לנסח את תהליך ההמסה של חומר מולקולרי בחומר מולקולרי אחר. הופיעו טעויות מעטות - הוספת הממס כמגיב בניסוח התגובה:



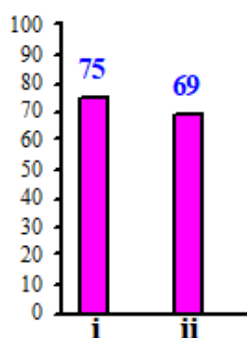
המלצות

מומלץ לתרגל ניסוחים של תהליכי המסה עבור חומרים מולקולריים בחומרים מולקולריים שונים, בנוסף להמסה של חומרים מולקולריים במים. מומלץ לחזור על ניסוחי תהליכים המתרחשים כאשר מוסיפים מים לחומרים מולקולריים שמגיבים בתגובות חומצה-בסיס, ולהדגיש את ההבדל בין ניסוחים מסוג זה לניסוחי המסה של חומרים מולקולריים שלא מגיבים עם המים.

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 72)

(הציון בשאלון 037387 71)

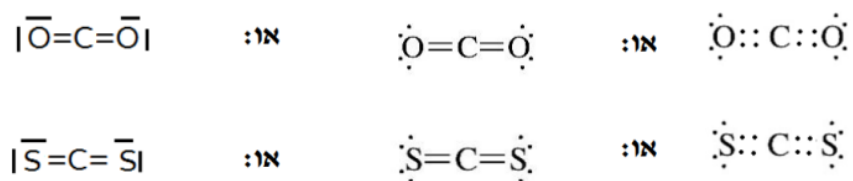
ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 75)

סרטט את נוסחת הייצוג האלקטרונית של מולקולת CO_2 ואת נוסחת הייצוג האלקטרונית של מולקולת CS_2 .

התשובה

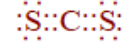
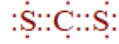
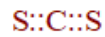
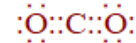
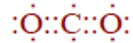
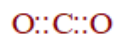


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחאות הייצוג האלקטרוניות של החומרים. יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות:

רישום נוסחת ייצוג אלקטרונית עם מספר שגוי של אלקטרונים : רישום נוסחה ללא האלקטרונים
הבלתי קושרים או רישום נוסחה עם מספר אלקטרונים גדול מהנדרש :



המלצות

מומלץ לחזור ולתרגל עם התלמידים את עקרונות הרישום של נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות שונות. חשוב להדגיש לתלמידים שהנוסחאות חייבות לכלול את כל האלקטרונים הערכיים של כל האטומים הקשורים במולקולה.

תת-סעיף ii (הציון 69)

בטבלה שלפניך נתונים ערכי אנתלפיית הקשר של שני סוגי הקשרים המופיעים במולקולות CO_2 ו- CS_2 . התאם לכל ערך את סוג הקשר המתאים. ציין את שני הגורמים להבדל בין אנתלפיות הקשר.

הקשר	אנתלפיית הקשר $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ (קג'אול למול)
	803
	573

התשובה

קביעה:

אנתלפיית הקשר $\text{C}=\text{O}$ היא: $803 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$

אנתלפיית הקשר $\text{C}=\text{S}$ היא: $573 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$

הגורמים:

גורם 1 - קוטביות קשר (או: ההפרש בערכי האלקטרושליליות של אטומי הקשר).

גורם 2 - רדיוס אטומי של האטומים שמשתתפים בקשר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון את סוג הקשר המתאים לכל ערך. הטעויות הופיעו בציון הגורמים להבדל בין אנתלפיות הקשר. הטעויות האופייניות:

♦ רישום נוסחאות של חומרים מולקולריים במקום סוג הקשר:

הקשר	אנתלפיית הקשר $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ (קג'אול למול)
CO ₂	803
CS ₂	573

- ◆ ציון גורמים שאינם משפיעים על חוזק הקשר :
- "טמפרטורת היתוך וטמפרטורת רתיחה"
- "חוזק הקשרים" - חזרה על המושג במקום ציון גורם.
- "מצב צבירה"
- "אלקטרושליליות אטומים" במקום "קוטביות הקשר" או "הפרש באלקטרושליליות של אטומי הקשר".
- חוסר הבחנה בין גורמים המשפיעים על קשרים בין אטומים לבין גורמים המשפיעים על כוחות בין מולקולריים :
"803 קשר קוולנטי, 573 קשר ון-דר-ולס."
"הגורם הוא גודל ענן אלקטרוני."

המלצות

מומלץ להפנות את התלמידים למסמך [נספח 2 : הגורמים המשפיעים על חוזק קשר ואנרגיית](#)

[קשר קוולנטי](#)

המפורסם באתר מפמ"ר כימיה

מומלץ להדגיש גם בקשר לסעיף זה את ההבדל בין קשרים קוולנטיים תוך-מולקולריים לכוחות בין-מולקולריים (והגורמים אשר משפיעים על כל אחד מהם). נראה שחלק מהטעויות נובעות מכך שהתלמידים חשבו שמדובר על "אנרגיית קשר בין מולקולריים" וכן רשמו את חומרים בטבלה (במקום את הקשרים הקוולנטיים) וכתבו על מצבי צבירה. אפשר להציע לתלמידים ראשי תיבות שיסייעו לזכור את הגורמים המשפיעים על חוזק הקשר הקוולנטי: "רסק".

ר- רדיוס האטומים המשתתפים בקשר

ס- סדר הקשר

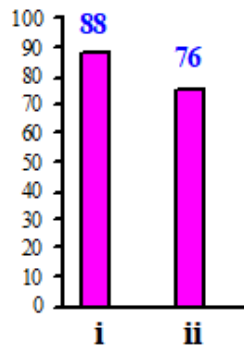
ק- קוטביות הקשר.

סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 81)

(הציון בשאלון 037387 76)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

אנתלפיית האידוי של פחמן דו-גופרי היא $27.6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.



תת-סעיף i (הציון 88)

נסח את התגובה של אידוי פחמן דו-גופרי ורשום את ערכו וסימנו של ΔH° לתגובה.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה למדי. התלמידים ניסחו נכון את התגובה של אידוי פחמן דו-גופרי ורשמו את ערכו וסימנו

של ΔH° לתגובה. הופיעו טעויות מעטות:

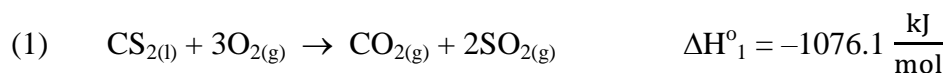
- ♦ ניסוח תהליך פירוק או יצירה של $\text{CS}_{2(g)}$.
- ♦ ניסוח תהליך ההיתוך של $\text{CS}_{2(l)}$.
- ♦ מתן תשובה חלקית ללא רישום של ערכו וסימנו של ΔH° לתגובה.

המלצות

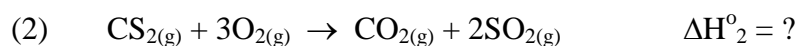
מומלץ לחזור על ההגדרות של תהליכי היתוך, אידוי, עיבוי והתמצקות שנלמדו בתחילת כיתה י'.

תת-סעיף ii (הציון 76)

נתון ניסוח התגובה של שרפת פחמן דו-גופרי נוזלי (1) וכן שינוי האנתלפיה המלווה את התגובה.

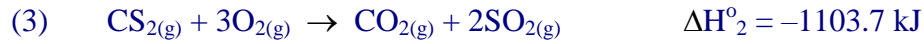


נתון ניסוח התגובה של שרפת פחמן דו-גופרי גז (2).



חשב את הערך של ΔH°_2 . פרט את חישוביך.

התשובה



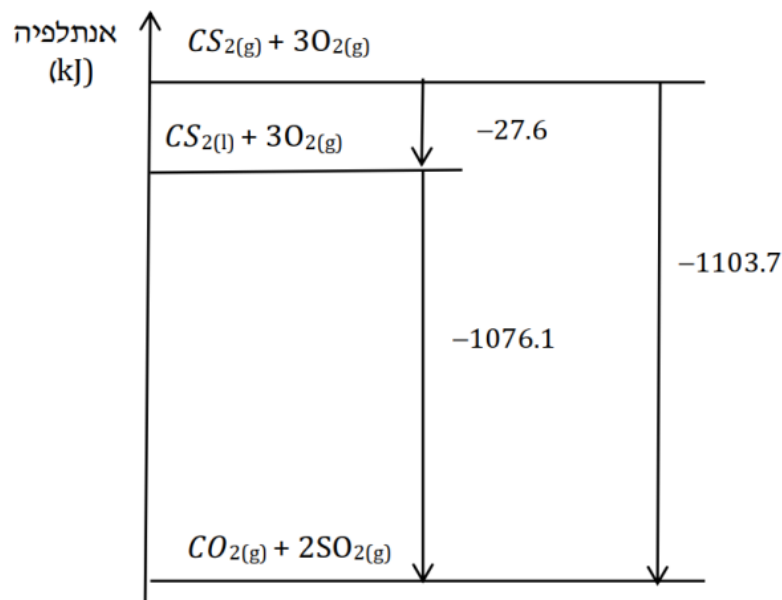
או:

$$\Delta H^\circ_2 = \Delta H^\circ_1 - \Delta H^\circ_{\text{אידוי}}$$

$$\Delta H^\circ_2 = -1076 \text{ kJ} - 27.6 \text{ kJ} = -1103.7 \text{ kJ}$$

או:

פתרון באמצעות הצגה גרפית



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני פלוס. רוב התלמידים חישובו נכון את הערך של ΔH°_2 ופרטו את חישוביהם. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ♦ חוסר פירוט של תהליך החישוב ורישום תשובה סופית בלבד.
- ♦ אי ביצוע היפוך של סימני הערכים הנתונים בתהליך האידוי ושימוש באנתלפיה האידוי בסימן חיובי:

- $\Delta H^\circ_2 = \Delta H^\circ_1 + \Delta H^\circ_{\text{אידוי}}$
- $\Delta H^\circ_2 = -1076 \text{ kJ} + 27.6 \text{ kJ} = -1048.4 \text{ kJ}$

המלצות

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

סעיף ד' רשות (הציון בשאלון 037381 34)

(הציון בשאלון 037387 16)

בכל מולקולה של גופרית דו-חמצנית, SO_2 , אטום הגופרית קשור לשני אטומי חמצן. נסמן כל אחד מן הקשרים ב- S-O .

נתון: אנתלפיית הקשר של O=O היא $497 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

חשב את ערכה של אנתלפיית הקשר S-O במולקולה SO_2 . היעזר בנתונים שבשאלה, ובתשובותיך בסעיפים הקודמים. **פרט את חישוביך.**

התשובה



נסמן את אנתלפיית הקשר S-O במולקולה SO_2 באות X .

$$\Delta H^\circ_{(\text{S-O})} = X \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H^\circ_2 = 2 \times \Delta H^\circ_{(\text{C-S})} + 3 \times \Delta H^\circ_{(\text{O=O})} - 2 \times \Delta H^\circ_{(\text{C=O})} - 4 \times \Delta H^\circ_{(\text{S-O})}$$

$$2 \text{mol} \times 573 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 3 \text{mol} \times 497 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 2 \text{mol} \times 803 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 4 \text{mol} \times X \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -1103.7 \text{ kJ}$$

$$1146 \text{ kJ} + 1491 \text{ kJ} - 1606 \text{ kJ} - 4X \text{ kJ} = -1103.7 \text{ kJ}$$

$$2637 - 1606 + 1103.7 = 4X$$

$$2134.7 = 4X$$

$$X = 533.675 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

אנתלפיית הקשר S-O במול מולקולות SO_2 היא:

או:

חישוב האנרגייה הדרושה לפירוק כל הקשרים במולקולות המגיבים:

$$2 \times \Delta H^\circ_{(\text{C-S})} + 3 \times \Delta H^\circ_{(\text{O=O})} = 2 \text{mol} \times 573 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 3 \text{mol} \times 497 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = +2637 \text{ kJ}$$

חישוב האנרגייה הנפלטת בעת יצירת כל הקשרים במולקולות התוצרים:

$$-(2 \times \Delta H^\circ_{(C=O)} - 4 \times \Delta H^\circ_{(S-O)}) = -(2 \text{ mol} \times 803 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 4 \text{ mol} \times X \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) = -(1606 \text{ kJ} + 4X \text{ kJ})$$

חישוב הערך של X :

$$2637 \text{ kJ} - (1606 \text{ kJ} + 4X \text{ kJ}) = -1103.7 \text{ kJ}$$

$$4X = 2134.7 \text{ kJ}$$

$$X = 533.675 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

אנתלפיית הקשר S-O במול מולקולות SO₂ היא :

$$\Delta H^\circ_{(S-O)} = +533.675 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציונים לסעיף רשות זה נמוכים מאוד בשני השאלונים. התלמידים המעטים שענו על סעיף רשות זה טעו בשלבים שונים של החישוב. הטעות האופיינית היא חישוב אנתלפיית התגובה על ידי שימוש בתגובה של CS_{2(l)} במקום בתגובה של CS_{2(g)}.

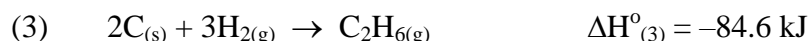
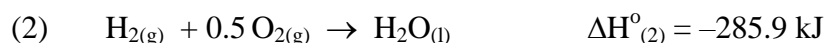
המלצות

בתשובות לשאלות העוסקות בחישוב אנתלפיית תגובה באמצעות אנתלפיות קשר רצוי להיעזר בתהליך המפורט בעמוד 10 בחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה" בבחינות הברגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה: [חוברת בנושא "אנרגיה"](#).

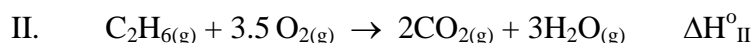
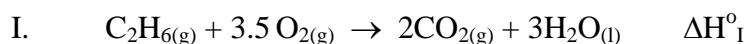
שאלה נוספת לתרגול

השאלה עוסקת בתגובת השריפה של אתאן, C₂H_{6(g)}.

נתונים שינויי אנתלפיה תקינים של התגובות (1)-(3) שלפניך.



לפניך שתי תגובות שהשריפה של אתאן I ו-II.



א. חשב את שינוי האנתלפיה בתגובה I. פרט את חישוביך.

ב. בתנאים מסוימים בתגובת השריפה של אתאן נוצרים אדי מים - תגובה II .
 קבע אם שינוי האנתלפיה בתגובה II גדול משינוי האנתלפיה בתגובה I , קטן ממנו או שווה לו. נמק גם באופן מילולי וגם בעזרת דיאגרמת האנרגייה.

ג. לאידוי 9 גרם מים דרושה אנרגייה 22.05 kJ .

i. נסח את תהליך האידוי של המים.

ii. חשב את אנתלפיית האידוי של המים. פרט את חישוביך.

iii. חשב את שינוי האנתלפיה בתגובה II , ΔH°_{II} . פרט את חישוביך.

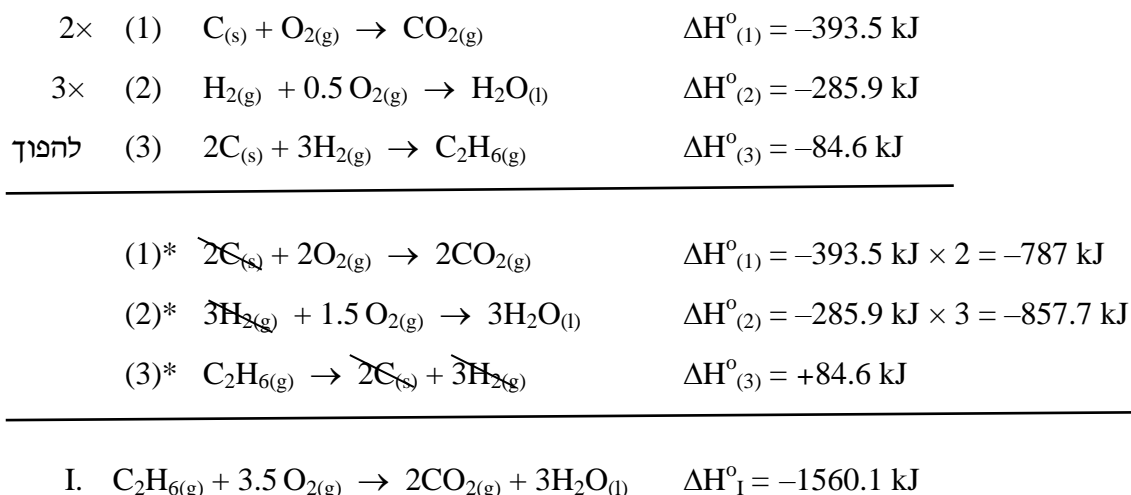
ד. נתונים ערכים של אנתלפיות קשר עבור מספר קשרים.

הקשר	נוסחת החומר	אנתלפיית הקשר $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
C-C	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	346
H-O	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	463
O=O	$\text{O}_2(\text{g})$	497
C=O	$\text{CO}_2(\text{g})$	803

היעזר בנתונים אלה ובתשובותיך בסעיפים הקודמים וחשב את הערך של אנתלפיית הקשר הממוצעת של הקשר C-H . פרט את חישוביך.

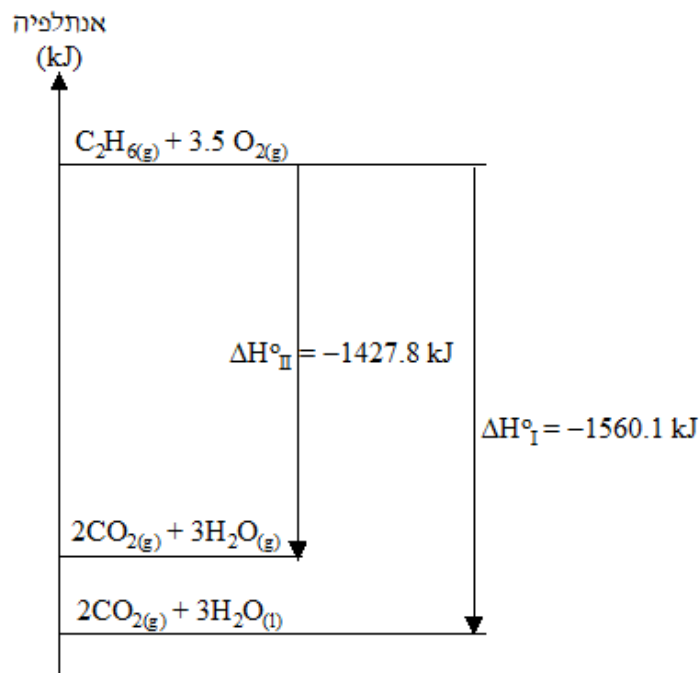
התשובה

סעיף א'



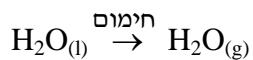
סעיף ב'

שינוי האנתלפיה בתגובה II קטן משינוי האנתלפיה בתגובה I .
 בשתי התגובות יש אותם המגיבים. ההבדל הוא במצב הצבירה של המים בתוצרים : בתגובה I המים
 במצב צבירה נוזל ובתגובה II במצב צבירה גז. במעבר ממצב צבירה גז למצב צבירה נוזל נוצרים
 קשרי מימן בין מולקולות המים וביצירת קשרים תמיד נפלטת אנרגייה. לכן בתגובה I נפלטת
 אנרגייה גדולה יותר בקבלת התוצרים מאשר בתגובה II .



סעיף ג'

תת-סעיף i



תת-סעיף ii

נתון : לאידוי 9 גרם מים דרושה אנרגייה 22.05 kJ .

המסה המולרית של מים : $18 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

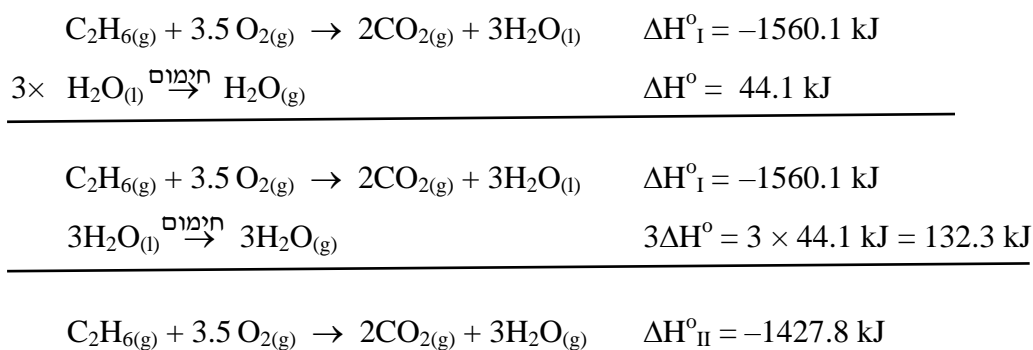
לאידוי 9 גרם מים דרושים 22.05 kJ ,

לאידוי 18 גרם מים דרושים X kJ

אנתלפיית האידוי של המים :

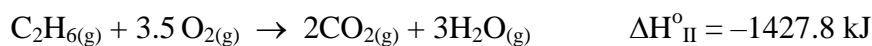
$$\frac{18 \times 22.05}{9} = 44.1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

תת-סעיף iii

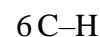


סעיף ד'

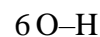
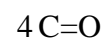
התגובה המתאימה לביצוע החישוב היא תגובה II שבה כל החומרים מופיעים במצב גז.



הקשרים שמתפרקים:



הקשרים שנוצרים:



חישוב אנתלפיית קשר C-H:

$$346 + 6\Delta H^\circ_{\text{C-H}} + 3.5 \times 497 - 4 \times 803 - 6 \times 463 = -1427.8$$

$$\Delta H^\circ_{\text{C-H}} = 412.78 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

המלצות כלליות:

מומלץ להיעזר בהרצאות בנושאים שונים של מומחים ומורים, שניתנו בכנסים ארציים למורי הכימיה. החומרים נמצאים באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע:

[הרצאות בכנסים ארציים למורי הכימיה](#).

לדוגמה, הכנס הארצי למורי הכימיה תש"ף: [הרצאות מורים במושבים מקבילים והקלטות מיום](#)

[הכנס 2020](#)

ניתוח תוצאות של בחינת הבגרות בצוות שלך

בכל צוות מורים אפשר לבצע מחקר על פי התוצאות של בחינת הבגרות.

לאחר שמחברות הבחינה חוזרות לבית הספר, אפשר לטפל בתוצאות של התלמידים.
הטיפול:

1. להשוות בין התוצאות של התלמידים שלך לבין התוצאות הכלל ארציות.
2. לסכם את הטעויות ולהשוות אותן לטעויות האופייניות המופיעות בניתוח בגרות.
3. לחקור: האם ההצעות לטיפול בבעיות המופיעות בניתוח הבגרות מתאימות לך ולתלמידים שלך?
4. לחשוב על דרכי טיפול ייחודיות.
ועוד ועוד...