



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



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

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

בראשות: **זיוה בר-דב**

צוות הכתיבה: **חני אלישע**

אסתר ברקוביץ

מוחמד גרה

רים סאבא

אלה פרוטקין-זילברמן

רחל קלנר

עדינה שינפלד

נאוה תמם

יעוץ מדעי ופדגוגי: **מכון ויצמן למדע: ד"ר רחל ממלוק-נעמן**

ד"ר דבורה קצביץ

פרופ' גלעד הרן

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

פברואר 2020

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

תוכן עניינים

עמ'		
4	מבוא כללי	◆
6	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הסגורות	◆
9	ניתוח התוצאות של שאלה 1	◆
12	ניתוח התוצאות של שאלה 2	◆
15	ניתוח התוצאות של שאלה 3	◆
19	ניתוח התוצאות של שאלה 4	◆
21	ניתוח התוצאות של שאלה 5	◆
24	ניתוח התוצאות של שאלה 6	◆
28	ניתוח התוצאות של שאלה 7	◆
31	ניתוח התוצאות של שאלה 8	◆
34	מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות	◆
35	ניתוח התוצאות של שאלה 9	◆
54	ניתוח התוצאות של שאלה 10	◆
70	ניתוח התוצאות של שאלה 11	◆
84	ניתוח התוצאות של שאלה 12	◆
98	ניתוח התוצאות של שאלה 13	◆
111	ניתוח התוצאות של שאלה 14	◆

אנו מודים ל-40 מעריכי בחינות הבגרות בכימיה, אשר השתתפו ביום העיון שהתקיים בתיכון אורט השומרון, בנימינה-גבעת עדה, בתאריך 3.12.2019 .

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

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלונים 037381 ו-037387 תשע"ט

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

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

וב- [אתר המפמ"ר](#)

בנוסף, ניתוחי הבגרות מהשנים תשס"ט-תשע"ח נמצאים 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 **12,243** תלמידים, על-פי הממצאים של מכון סאלד:

12,029 תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037381

214 תלמידים ניגשו לשאלון הבחינה 037387 - בחינה מתוקשבת.

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

ניתוח בחינות הבגרות משמש מכשיר שימושי ומהימן להתמקצעות מורים ומאפיינות אותו הנקודות הבאות:

- הניתוח מאפשר הבנת קשיי למידה הנובעים ממודלים מוטעים ושימוש 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 וחצי מהם מעריכים בכירים. כל חברי הצוות רושמים ציטטות רבות ככל האפשר ממחברות הבחינה.
- הניתוח כולל ניתוח הסיבות לטעויות והסבר למקור הטעויות.
- הניתוח כולל המלצות למורים: הדגשים בהוראה (תרגול, ניסויים, דפי עבודה, מצגות, אנימציות) אשר מסייעים למורה להתגבר על הקשיים בהם נתקל התלמיד.

איתור ואיסוף טעויות אופייניות של תלמידים כרוך במאמצים רבים מצד המעריכים

ועל כך תודתנו הרבה.

ניתוח התוצאות של החלק הרב ברירתי - שאלות 8-1

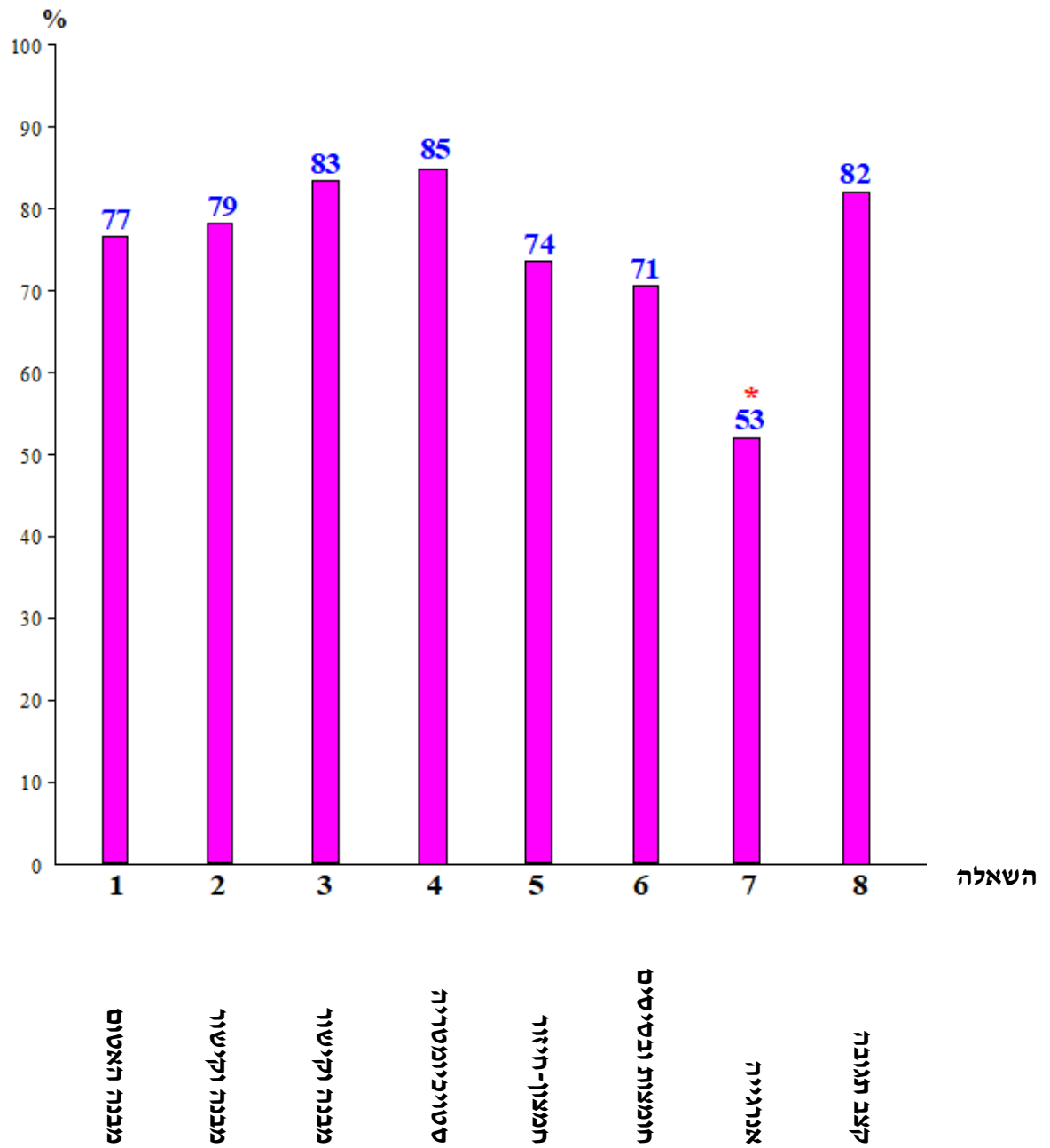
בבחינת הבגרות תשע"ט

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).

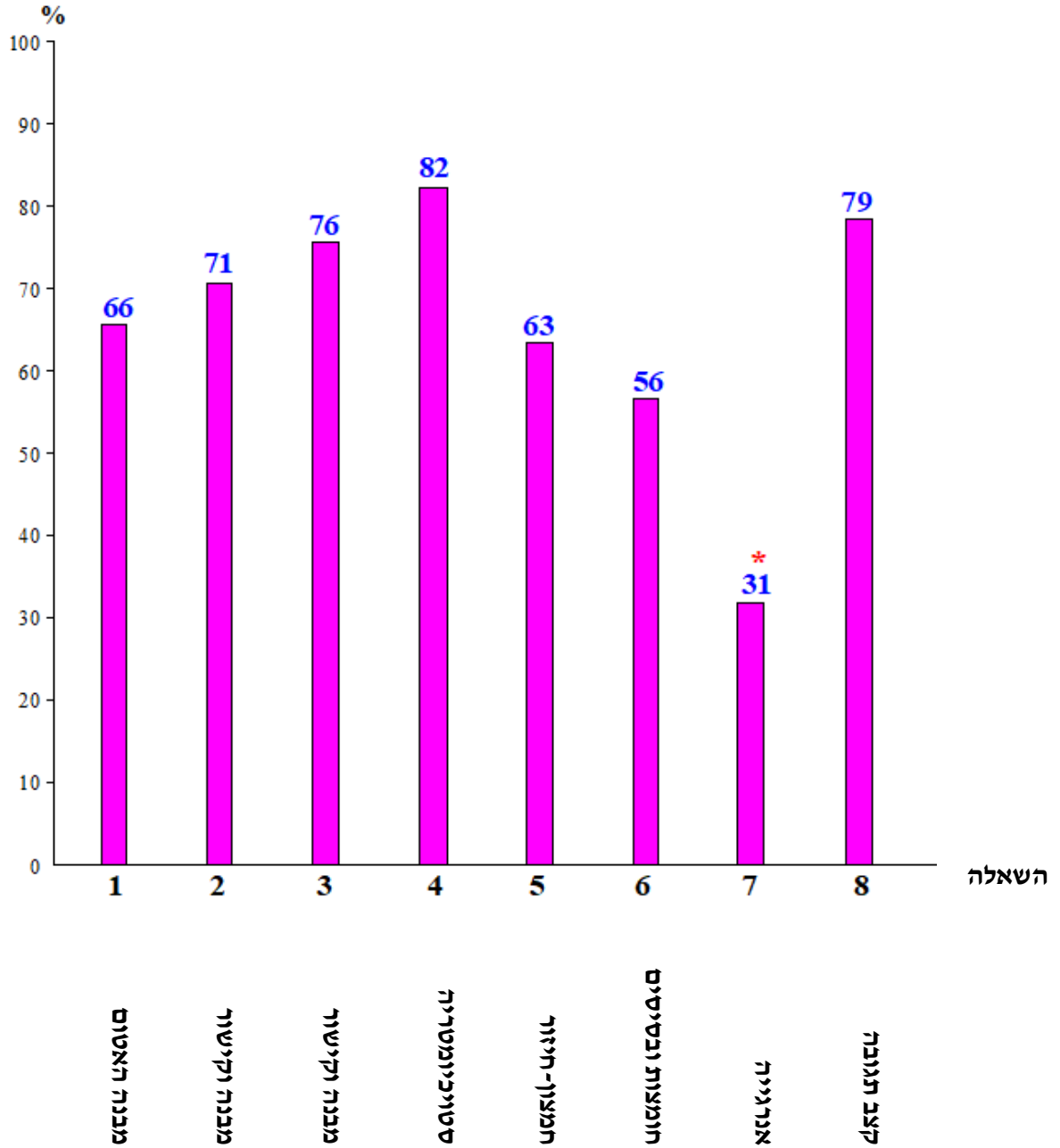
ציונים ממוצעים ורמות החשיבה של שאלות 8-1:

נושא	מבנה האטום	ומבנה וקישור	מבנה וקישור	סטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים	אנרגייה	קצב תגובה
שאלה	1	2	3	4	5	6	7	8
ציון	77	79	83	85	74	71	53	82
	66	71	76	82	63	56	31	79
רמת חשיבה	הבנה	יישום	יישום	יישום	יישום	אנליזה	יישום	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 האטום

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על ההרכב של שלושה חלקיקים המסומנים באופן שרירותי באותיות X, Y ו-Z.

מספר אלקטרונים	מספר נויטרונים	מספר פרוטונים	החלקיק
2, 8	10	8	X
2, 8	10	9	Y
2, 6	8	8	Z

מהי הקביעה הנכונה?

	שאלון 037381	שאלון 037387
א. החלקיקים X ו-Y הם איזוטופים של אותו היסוד.	11%	
ב. לחלקיקים X ו-Z יש אותו מטען גרעיני.	77%	66%
ג. שלושת החלקיקים X, Y ו-Z הם יונים שליליים.	7%	
ד. החלקיק Y מייצג אטום של ניאון, Ne.	5%	

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

המטען הגרעיני של האטום נקבע על פי מספר הפרוטונים בגרעין. לשני החלקיקים X ו-Z אותו מספר פרוטונים - המטען הגרעיני זהה. מסיח א' אינו נכון. איזוטופים הם חלקיקים בעלי אותו מספר פרוטונים בגרעין ומספר שונה של נויטרונים. לפי נתוני הטבלה לחלקיקים X ו-Y מספר פרוטונים שונה. מסיח ג' אינו נכון. חלקיק Z הינו אטום ניטרלי ואילו החלקיקים X ו-Y הם יונים שליליים (בחלקיק X מספר הפרוטונים בגרעין 8 ומספר האלקטרונים 10 - יון שלילי, בחלקיק Y מספר הפרוטונים בגרעין 9 ומספר האלקטרונים 10 - יון שלילי, בחלקיק Z מספר הפרוטונים בגרעין 8 ומספר האלקטרונים 8 - אטום). מסיח ד' אינו נכון. לאטום הניאון 10 פרוטונים בגרעין ולחלקיק Z יש 8 פרוטונים בגרעין.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקשר בין מספר הפרוטונים בגרעין לבין המטען הגרעיני של אטום.
- ◀ לקבוע אם החלקיקים הנתונים הם איזוטופים.
- ◀ לקבוע את מטען החלקיק בעזרת השוואה בין מספר פרוטונים ומספר אלקטרונים באטום.
- ◀ לקבוע את זהות האטום על פי מספר הפרוטונים בגרעין.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון בינוני. רוב התלמידים ידעו שמספר הפרוטונים בגרעין האטום שווה למטען הגרעיני, אל חלק מהתלמידים טעו. יתכן ולא הבינו את המושג "מטען גרעיני" ומתבלבלים בינו לבין מטען חשמלי. 11% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה התקשו לקבוע אם החלקיקים הנתונים הם איזוטופים. יתכן שהם סבורים שאיזוטופים הם אטומים בעלי מספר נויטרונים זהה. 7% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. תלמידים אלה לא הצליחו לקבוע את מטען החלקיק. הם התקשו לקשר בין מספר פרוטונים ומספר אלקטרונים באטום. 5% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. הם לא הפנימו כי זהות האטום נקבעת על פי מספר הפרוטונים בגרעין.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד אפשר לקבוע על פי הרכב החלקיק:

- את זהות של אטום
 - את מיקום של אטום היסוד במערכת המחזורית
 - אם החלקיקים הנתונים הם איזוטופים
 - את מטען החלקיק.
- מומלץ להשתמש במושג "מטען גרעיני" בנוסף למושגים המוכרים יותר: "מספר פרוטונים בגרעין" ו"מספר אטומי".
- מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות בנושא איזוטופים, כגון שאלות המופיעות בבחינות הברות, לדוגמה: תשע"ח - שאלה 1, תשע"ז - שאלה 1 ב', תשע"ה - שאלה 1 ב', תשע"ד - שאלה 3 ב'. ניתן למצוא שאלות אלה בחוברות ניתוח בגרות, הנמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

שאלה נוספת לתרגול

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על ההרכב של שלושה חלקיקים המסומנים באופן שרירותי באותיות X, Y ו-Z.

מספר אלקטרונים	מספר מסה	מספר נויטרונים	החלקיק
2, 8	20	10	X
2, 7	20	11	Y
2, 8	19	10	Z

מהי הקביעה הנכונה?

א. החלקיקים X ו-Z הם איזוטופים של אותו היסוד.

ב. לחלקיקים Y ו-Z יש אותו מטען גרעיני.

ג. החלקיקים X ו-Y הם יונים חיוביים.

ד. לחלקיק X הרדיוס האטומי גדול מהרדיוס האטומי של חלקיק Z.

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

המטען הגרעיני של האטום נקבע על פי מספר הפרוטונים בגרעין.

נחשב את מספר הפרוטונים לכל חלקיק על פי ההפרש בין מספר המסה למספר הנויטרונים.

מספר פרוטונים	מספר אלקטרונים	מספר מסה	מספר נויטרונים	החלקיק
$20 - 10 = 10$	2, 8	20	10	X
$20 - 11 = 9$	2, 7	20	11	Y
$19 - 10 = 9$	2, 8	19	10	Z

לשני החלקיקים Y ו-Z אותו מספר פרוטונים, לכן גם המטען הגרעיני זהה.

מסיח א' אינו נכון. איזוטופים הם חלקיקים בעלי אותו מספר פרוטונים בגרעין. לפי הטבלה,

לחלקיקים X ו-Z מספר פרוטונים בגרעין שונה.

מסיח ג' אינו נכון. החלקיקים X ו-Y הינם אטומים ניטרליים היות ומספר הפרוטונים בגרעיניהם שווה למספר האלקטרונים באטומים.

מסיח ד' אינו נכון. לחלקיק X רדיוס אטומי קטן יותר מאשר לחלקיק Z. לשני החלקיקים יש אותו

מספר של רמות אנרגייה מאוכלסות, אך המטען הגרעיני של חלקיק X גדול יותר מהמטען הגרעיני

של אטום Z, לכן הרדיוס האטומי של חלקיק X קטן יותר.

2 מבנה וקישור

נתון, $\text{Na}_{(s)}$, מגיב עם זרחן, $\text{P}_{4(s)}$.
מהי הנוסחה האמפירית של התרכובת שנוצרת בתגובה זו?

	שאלון 037387	שאלון 037381
א. NaP_4		11%
ב. NaP_3		4%
ג. Na_3P	71%	79%
ד. Na_4P		6%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.
הטבלה שלפניך מציגה את שיוך של אטומי היסודות הנתונים לטורים במערכת המחזורית.

טור 1	טור 2	טור 3	טור 4	טור 5	טור 6	טור 7	טור 8
Na				P			

אטומי היסוד נתון, $\text{Na}_{(s)}$, נמצאים בטור הראשון ואטומי היסוד זרחן, $\text{P}_{4(s)}$, נמצאים בטור החמישי במערכת המחזורית. בתרכובות יוניות, יוני המתכות מהטור הראשון הם בעלי מטען $+1$, ויוני אל-מתכות מהטור החמישי הם בעלי מטען -3 . לכן נוסחת התרכובת היא $\text{Na}_3\text{P}_{(s)}$.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ← לשייך את אטומי היסודות הנתונים לטורים במערכת המחזורית.
- ← לקשר בין הטור שבו נמצא היסוד הנתון לבין מספר אלקטרוני ערכיות באטומי היסוד.
- ← לקבוע את סוג התרכובת הנוצרת בתגובה בין מתכת לאל-מתכת.
- ← לקבוע את מטעני היונים בתרכובת יונית על פי מספר אלקטרוני ערכיות באטומי היסודות.
- ← לבנות את הנוסחה האמפירית של תרכובת יונית (סכום מטעני היונים בתרכובת שווה לאפס).

סיבות אפשריות לטעויות

הציון די גבוה. רוב התלמידים הצליחו לרשום נכון את הנוסחה האמפירית של התרכובת, תוך שימוש במידע שניתן להוציא מהמערכה המחזורית.

11% מהתלמידים בחרו במסיח א'. תלמידים אלה לא קישרו בין מיקום היסוד במערכה המחזורית למטעני היונים בתרכובת היונית. הם "חיברו" אטומי נתרן ומולקולת זרחן.

6% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. הם לא הצליחו לקשר בין הטורים שבהם נמצאים היסודות הנתונים לבין מספר אלקטרוני ערכיות באטומי היסודות ולקבוע את מטעני היונים.

4% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. כנראה תלמידים אלה קבעו נכון את מטעני היונים שנוצרו מאטומי היסודות אך התקשו בקביעת נוסחה אמפירית של תרכובת יונית (לא התייחסו לכך כי סכום המטענים של היונים בתרכובת שווה לאפס).

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד לקשר בין מספר אלקטרוני ערכיות באטום היסוד לבין מספר הטור שבו נמצא היסוד במערכה המחזורית, כיצד לקבוע את מטען היון שנוצר מאטום היסוד בתרכובת יונית וכיצד לקבוע נכון נוסחה אמפירית של תרכובת יונית.

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מתאימות, כגון שאלות מבחינות הבגרות. לשם כך מומלץ להיעזר בחוברות של ניתוח בגרות משנים קודמות הכוללות נימוקים לתשובות לשאלות סגורות והמלצות.

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מבחינות הבגרות ושאלות נוספות מהחוברת שהכין מיכאל קויפמן: [מאגר שאלות בנושא "מבנה האטום"](#): שאלות ותשובות מבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ז ושאלות ותשובות נוספות בנושא. כל השאלות והתשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70. לדוגמה, שאלה 1 א' תשע"ב, שאלה נוספת אחרי שאלה 1 א' תשע"ד, שאלה 1 א' תשס"ט, שאלה 1 ב' תשס"ג ושאלות נוספות לתרגול המופיעות בחוברת אחרי שאלות אלה.

שאלות נוספות לתרגול

שאלה 1

נתון היסוד X שהיערכות האלקטרוניים ברמות האנרגייה באטום שלו: 2,8,2.

יסוד X מגיב עם גופרית, $S_{8(s)}$.

מהי הנוסחה האמפירית של התרכובת שנוצרת בתגובה זו?

א. MgS_8

ב. **MgS**

ג. Mg_8S

ד. MgS_2

הנימוק :

התשובה הנכונה היא ב'.

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

טור 1	טור 2	טור 3	טור 4	טור 5	טור 6	טור 7	טור 8
	X				S		

לאטום של היסוד X יש שני אלקטרוני ערכיות, כלומר הוא שייך לטור השני במערכת המחזורית. אטומי היסוד $S_{8(s)}$ שייכים לטור השישי במערכת המחזורית. לפיכך היונים, הנוצרים מאטומי המתכות מהטור השני הם בעלי מטען $2+$ בתרכובות יוניות. היונים הנוצרים מאטומי האל-מתכות מהטור השישי, הם בעלי מטען $2-$ בתרכובות יוניות. לכן נוסחת התרכובת היא MgS.

שאלה 2

האותיות a, b, c, d הן סמלים שרירותיים, המייצגים ארבעה אטומי היסודות בעלי מספרים אטומיים עוקבים במערכת המחזורית. יסוד c הוא גז אציל. מהו המשפט הנכון?

- א. אנרגיית היינון של b נמוכה אנרגיית היינון של a.
- ב. הרדיוס האטומי של אטום היסוד b גדול מהרדיוס האטומי של אטום היסוד a.
- ג. הנוסחה של הכלוריד של b היא bCl_2 .
- ד. הנוסחה של ההידריד של d היא dH.

הנימוק:

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

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

התשובה הנכונה היא d.

אטומים של יסוד d ואטומים של היסוד מימן יוצרים תרכובת יונית. לכן יש לבחון מהם היונים היציבים שלהם ולבנות נוסחה אמפירית נכונה.

יסוד d נמצא בטור הראשון, לכן במהלך יצירת תרכובת עם מימן, כדי להגיע למצב יציב, כל אטום שלו מאבד אלקטרון אחד (היערכות אלקטרונית של גז אציל). כדי להגיע למצב יציב, כל אטום מימן מקבל אלקטרון אחד. לכן נוסחת ההידריד של d היא dH.

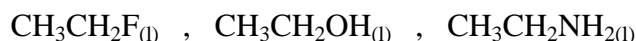
מסיח א' אינו נכון: לאטומים של יסודות a ו-b יש אותו מספר רמות אנרגייה. אנרגיית היינון הראשונה של אטומי היסודות עולה לאורך השורה. על פי חוק קולון, המטען הגרעיני של אטום b גדול מהמטען הגרעיני של אטום a, לכן כוחות המשיכה בין האלקטרון שיוצא מן הגרעין של אטום b חזקים יותר מאלה שבאטום a. כתוצאה מכך אנרגיית היינון של אטום b גבוהה מאנרגיית היינון של אטום a.

מסיח ב' אינו נכון: שני היסודות נמצאים באותה השורה, לאטומים שלהם יש אותו מספר רמות אנרגייה, אך לאטום של יסוד b מטען הגרעין גדול יותר. לכן משיכת האלקטרונים באטום של יסוד b לגרעין תהיה חזקה יותר ועקב כך הרדיוס האטומי יהיה קטן יותר.

מסיח ג' אינו נכון: אטום של יסוד b ואטום של יסוד כלור יוצרים מולקולות שבתוכן קשרים קוולנטיים, לכן יש להתמקד באלקטרונים הערכיים. לאטום של יסוד b וגם לאטום של יסוד כלור יש להשלים אלקטרון אחד כדי להגיע למצב יציב (היערכות אלקטרונית של אטום גז אציל). לכן נוסחת התרכובת ביניהם היא bCl.

3 מבנה וקישור

נתונים שלושה חומרים במצב נוזל.



לפניך ארבעה היגדים א-ד הנוגעים לכוחות הפועלים בין המולקולות של חומרים אלה. מהו ההיגד הנכון?

	שאלון 037387	שאלון 037381
א. בכל אחד משלושת החומרים יש קשרי מימן בין המולקולות.	6%	
ב. קשרי המימן שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_{2(l)}$ חזקים מקשרי המימן שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$.	6%	
ג. הקשרים שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}_{(l)}$ חזקים מן הקשרים שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$.	5%	
ד. בין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}_{(l)}$ יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד.	76%	83%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

כדי לבחור בתשובה הנכונה יש להשוות בין חוזק של כוחות המשיכה בין המולקולות בשלושת החומרים הנתונים במצב נוזל:

בין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}_{(l)}$ יש אינטראקציות ון-דר-ולס בלבד, כי אין אפשרות ליצירת קשרי מימן בין מולקולות. לאטום פלואור שבמולקולת $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}_{(l)}$ יש שלושה זוגות אלקטרוניים לא קושרים, אך במולקולה זו אין אטום מימן החשוף מאלקטרוניים. (אטומי מימן במולקולת $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}_{(l)}$ מחוברים לאטומי פחמן שאלקטרושליליות שלהם קרובה לזו של אטומי מימן). לכן מסיח א' אינו נכון.

מסיח ב' אינו נכון. בין המולקולות של שני החומרים יש קשרי מימן.

בין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_{2(l)}$ יש קשרי מימן בין זוגות אלקטרוניים לא קושרים של אטומי חנקן לבין אחד מאטומי מימן החשופים מאלקטרוניים שבמולקולות הסמוכות (אטומי מימן שקשורים לחנקן).

בין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$ יש קשרי מימן בין זוגות אלקטרוניים לא קושרים של אטומי חמצן לבין אחד מאטומי מימן החשופים מאלקטרוניים שבמולקולות הסמוכות (אטומי מימן שקשורים לחמצן).

קשרי המימן בין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$ חזקים יותר מקשרי המימן שבין מולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_{2(l)}$ מפני שהקשר H-O קוטבי יותר מהקשר H-N, כי אלקטרושליליות של חמצן גבוהה מזו של חנקן.

מסיח ג' אינו נכון. קשרי מימן שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(l)}$ חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}_{(l)}$.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ← לרשום ייצוג מלא לנוסחאות מבנה ונוסחאות ייצוג אלקטרוניות של תרכובות פחמן.
- ← לקבוע את סוג הכוחות הפועלים בין המולקולות של תרכובות פחמן במצב נוזל.
- ← לציין את התנאים לקיום קשרי מימן ולתאר את היווצרותם של קשרים אלה.
- ← להשוות בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בתרכובות הנתונות במצב נוזל.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את סוגי הכוחות הפועלים בין מולקולות התרכובות. 11% מהתלמידים בחרו במסיחים א' ו-ג'. הם לא הפנימו את תנאי ההיווצרות של קשרי מימן, ולא הבחינו בכך שבמולקולות של $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}_{(l)}$ אין אטומי מימן חשופים מאלקטרוניים.

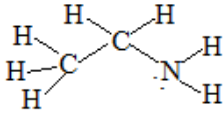
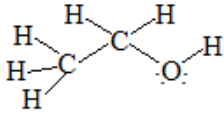
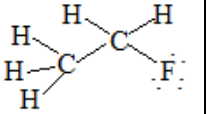
6% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. תלמידים אלה התקשו לקבוע מה הם הגורמים המשפיעים על חוזק קשרי המימן.

המלצות

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 לשאלה 3:

החומרים	אתילאמין	אתאנול	אתיל פלואוריד
נוסחאות מולקולריות	C_2H_7N	C_2H_6O	C_2H_5F
ייצוג מקוצר לנוסחאות מבנה	$CH_3CH_2NH_2$	CH_3CH_2OH	CH_3CH_2F
נוסחאות ייצוג אלקטרוניים			
גודל ענני האלקטרוניים במולקולות החומרים	45 אלקטרוניים במולקולה	46 אלקטרוניים במולקולה	48 אלקטרוניים במולקולה
קוטביות המולקולות של החומרים	מולקולות קוטביות	מולקולות קוטביות	מולקולות קוטביות
סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס
ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל	לשלושת החומרים גודל ענני האלקטרוניים דומה. הכוחות - קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס, בין המולקולות של $CH_3CH_2NH_{2(l)}$ ושל $CH_3CH_2OH_{(l)}$ חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין המולקולות של $CH_3CH_2F_{(l)}$. קשרי המימן בין המולקולות של $CH_3CH_2OH_{(l)}$ חזקים יותר מקשרי המימן שבין המולקולות של $CH_3CH_2NH_{2(l)}$, מפני שהקשר H-O קוטבי יותר מהקשר H-N, כי אלקטרושליליות של אטום חמצן גבוהה מזו של אטום חנקן.		
החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים	$CH_3CH_2OH_{(l)} > CH_3CH_2NH_{2(l)} > CH_3CH_2F_{(l)}$		

שאלה נוספת לתרגול

מהו ההיגד הנכון?

- א. הכוחות הבין מולקולריים בתמיסה מימית של אתאנאל, $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{aq})}$, חלשים יותר מהכוחות הבין מולקולריים באתאנאל טהור, $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{l})}$.
- ב. הכוחות הבין מולקולריים במתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{l})}$, חלשים יותר מהכוחות הבין מולקולריים במתיל אמין, $\text{CH}_3\text{NH}_{2(\text{l})}$.

ג. הכוחות הבין מולקולריים בתלת-מתיל אמין, $(\text{CH}_3)_3\text{N}_{(\text{l})}$, חלשים יותר מהכוחות הבין

מולקולריים בדו-מתיל אמין, $(\text{CH}_3)_2\text{NH}_{(\text{l})}$.

- ד. טמפרטורת היתוך של חומצה אצטית, $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{l})}$, נמוכה מטמפרטורת היתוך של אתיל כלוריד, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}_{(\text{l})}$, כי הכוחות הבין מולקולריים ב- $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{l})}$ חלשים יותר מהכוחות הבין מולקולריים ב- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}_{(\text{l})}$.

הנימוק

- התשובה הנכונה היא ג'. בין המולקולות של $(\text{CH}_3)_2\text{NH}_{(\text{l})}$ יש קשרי מימן שהם חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס שקיימות בין המולקולות של $(\text{CH}_3)_3\text{N}_{(\text{l})}$. לאטום החנקן שבמולקולת $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ יש זוג אלקטרונים לא קושרים, אך במולקולה זו אין אטום מימן החשוף מאלקטרונים (גורם זה משפיע יותר מהגורם של פער בין גודל ענני האלקטרונים שמחליש את הכוחות הבין מולקולריים).
- מסיח א' אינו נכון. הכוחות הבין מולקולריים בתמיסה מימית של אתאנאל, $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{aq})}$, חזקים יותר מהכוחות הבין מולקולריים באתאנאל טהור, $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{l})}$. הכוחות הבין מולקולריים בתמיסה מימית של אתאנאל הם קשרי מימן (הנוצרים בין זוגות האלקטרונים הלא קושרים על אטומי החמצן שבמולקולות של $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{l})}$ לבין אטומי מימן החשופים מאלקטרונים שבמולקולות המים הסמוכות).
- מסיח ב' אינו נכון. הכוחות הבין מולקולריים במתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{l})}$, חזקים יותר מהכוחות הבין מולקולריים במתיל אמין, $\text{CH}_3\text{NH}_{2(\text{l})}$. בשני החומרים יש קשרי מימן, אך הם חלשים יותר בין המולקולות של מתיל אמין, מפני שהקשר H-O קוטבי יותר מהקשר H-N, כי אלקטרושליליות של אטום חמצן גבוהה מזו של אטום חנקן.
- מסיח ד' אינו נכון. טמפרטורת היתוך של חומצה אצטית, $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{l})}$, גבוהה מטמפרטורת היתוך של אתיל כלוריד, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}_{(\text{l})}$, כי הכוחות הבין מולקולריים ב- $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{l})}$ הם קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס, והם חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס בלבד ב- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}_{(\text{l})}$.

4 סטויכיומטריה

נתונים שני כלים, A ו-B, שהנפח של כל אחד מהם הוא 1 ליטר.

כלי A מלא בגז מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$.

כלי B מלא בגז חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$.

הטמפרטורה והלחץ בשני הכלים שווים.

מהי הקביעה הנכונה?

שאלון 037381
שאלון 037387

85% 82% א. מספר המולים של הגז בכלי A שווה למספר המולים של הגז בכלי B.

- | | |
|---|----|
| ב. מספר המולקולות של הגז בכלי B כפול ממספר המולקולות של הגז בכלי A. | 6% |
| ג. המסה של הגז בכלי A שווה למסה של הגז בכלי B. | 6% |
| ד. המסה של הגז בכלי A כפולה מן המסה של הגז בכלי B. | 3% |

הנימוק

התשובה הנכונה היא א'.

על פי השערת אבוגדרו, בתנאים שווים של טמפרטורה ולחץ, נפחים שווים של גזים שונים מכילים אותו מספר של מולקולות גז. כלומר מספר מולי הגז בשני הכלים שווה. מסיח ב' אינו נכון. על פי השערת אבוגדרו, בתנאים שווים של טמפרטורה ולחץ, נפחים שווים של גזים שונים מכילים אותו מספר חלקיקי גז. בשני הכלים יש אותו מספר מולים של גז, ולכן יש אותו מספר של מולקולות, כלומר מספר מולקולות הגז בכלי B שווה למספר מולקולות הגז בכלי A. מסיח ג' אינו נכון. המסות המולריות של גז A וגז B שונות, לכן גם המסה של שני הגזים בכלים תהיה שונה.

מסיח ד' אינו נכון. המסה המולרית של הגז בכלי A היא 16 גרם למול, ואילו המסה המולרית של הגז בכלי B היא 32 גרם למול. מספר המולים של הגזים בשני הכלים שווה, לכן המסה של גז בכלי B כפולה מן המסה של גז בכלי A.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להגדיר את המאפיינים של מצב הגז: נפח, לחץ, טמפרטורה.
- ליישם את השערת אבוגדרו.
- להבחין בין מספר המולים של חלקיקים לבין מספר חלקיקים.
- לחשב מסה מולרית של החומרים.
- לחשב מסה של חומר על פי מספר המולים שלו בכלי ומסתו המולרית.

סיבות אפשריות לטעויות

- הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו ליישם את השערת אבוגדרו.
15% מהתלמידים טעו. הטעויות שלהם נובעות מחוסר הבנה של השערת אבוגדרו.
הבעיה העיקרית של התלמידים שטעו היא חוסר הבחנה:
- בין מספר המולים של גז לבין למספר מולקולות הגז
 - בין מספר המולים של הגז לבין מסת הגז.

המלצות

חלק מהתלמידים מתקשים בנושא מצב הגז - הן מבחינה תיאורטית והן מבחינה חישובית. 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 לפתור עם התלמידים שאלות מתאימות, כגון שאלות מבחינות הברות. לשם כך מומלץ להיעזר בחוברות של ניתוח בגרות משנים קודמות הכוללות נימוקים לתשובות לשאלות סגורות והמלצות, לדוגמה, שאלה 11 א' מבגרות תשע"ח, שאלה 6 מבגרות תשע"ג.

שאלה נוספת לתרגול

- נתונים שני כלים, A ו-B.
- כלי A שנפחו 1 ליטר מכיל גופרית דו-חמצנית, $\text{SO}_2(\text{g})$.
- כלי B שנפחו 2 ליטר מכיל חנקן, $\text{N}_2(\text{g})$.
- בשני הכלים שוררים אותם תנאי לחץ וטמפרטורה.
הקביעה הנכונה היא:

א. מספר המולים של הגז בכלי B כפול ממספר המולים של הגז בכלי A.

- ב. בשני הכלים יש מספר שווה של מולי הגז.
- ג. מסת הגז בכלי B זהה למסת הגז בכלי A.
- ד. מסת הגז בכלי B כפולה ממסת הגז בכלי A.

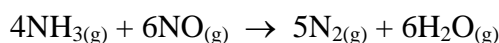
התשובה

התשובה הנכונה היא א'.

נתון כי בשני הכלים שוררים אותם תנאים של טמפרטורה ולחץ. הנפח של כלי B כפול מהנפח של כלי A. כלומר מספר המולים של גז בכלי B כפול ממספר המולים של גז בכלי A. מסיח ב' אינו נכון. נתון כי לשני הכלים נפחים שונים, אך הלחץ והטמפרטורה שווים, לכן, על פי השערת אבוגדרו, מספר המולים של גז בשני הכלים אינו שווה. מסיחים ג' ו-ד' אינם נכונים. בכלי A המסה המולרית של הגז $\text{SO}_2(\text{g})$ היא 64 גרם למול, והמסה המולרית של הגז $\text{N}_2(\text{g})$ היא 28 גרם למול. מספר מולי הגז בכלי B כפול ממספר מולי הגז בכלי A, לכן מסות הגז בשני הכלים שונות.

5 חמצון-חיזור

לפניך ניסוח של תגובת חמצון-חיזור.



מהי הקביעה הנכונה?

	שאלון 037387	שאלון 037381
א. הגז $\text{NO}(\text{g})$ הוא המחזור.	3%	
ב. האלקטרונים עוברים מאטומי N במולקולות $\text{NO}(\text{g})$ לאטומי N במולקולות $\text{NH}_3(\text{g})$.	5%	
ג. כאשר 1 מול $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיב, עוברים 3 מול אלקטרונים.	63%	74%
ד. $\text{N}_2(\text{g})$ הוא תוצר חיזור של $\text{NH}_3(\text{g})$.	18%	

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.

דרגת החמצון של אטומי החנקן, N, במולקולות של $\text{NH}_3(\text{g})$ היא (-3) ודרגת החמצון של אטומי N במולקולות של התוצר $\text{N}_2(\text{g})$ היא (0). כלומר במהלך התגובה מכל אטום חנקן מועברים 3 אלקטרונים. לכן מכל מול $\text{NH}_3(\text{g})$ עוברים 3 מול אלקטרונים.

מסיח א' אינו נכון. דרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות של $\text{NO}(\text{g})$ היא (+2) ודרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות התוצר $\text{N}_2(\text{g})$ היא (0). כלומר במהלך התגובה יש ירידה בדרגת החמצון של אטומי החנקן, ולכן $\text{NO}(\text{g})$ מגיב כמחמצן ולא כמחזור.

מסיח ב' אינו נכון. אטומי החנקן במולקולות של $\text{NO}(\text{g})$ מגיבים כמחמצן ואטומי החנקן במולקולות של $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיבים כמחזור. לכן האלקטרונים בתגובה עוברים מאטומי N במולקולות של $\text{NH}_3(\text{g})$ לאטומי N במולקולות של $\text{NO}(\text{g})$.

מסיח ד' אינו נכון. ביצירת $\text{N}_2(\text{g})$ מ- $\text{NH}_3(\text{g})$ דרגת החמצון של אטומי N עולה. כלומר מתרחש תהליך חמצון. לכן $\text{N}_2(\text{g})$ הוא תוצר חמצון של $\text{NH}_3(\text{g})$.

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ◀ לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולה על פי הכללים.
- ◀ לקבוע מהו החלקיק המחמצן ומהו החלקיק המחזור.
- ◀ לקבוע את סוג של חצי התגובה המתרחשת - חצי תגובת חמצון או חצי תגובת חיזור.
- ◀ לקבוע מספר מול אלקטרונים שעוברים במהלך התרחשות התגובה.
- ◀ לקבוע כיוון של מעבר אלקטרונים במהלך התרחשות של תגובת חמצון-חיזור.
- ◀ לקבוע מהו תפקיד החומר בתגובת חמצון-חיזור - מחמצן או מחזור.
- ◀ לקבוע מהו תוצר חמצון ומהו תוצר חיזור.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון בינוני. רוב התלמידים בחרו בהיגד הנכון. תלמידים שבחרו באחד המסיחים לא הבחינו בין החלקיק המחמצן והחלקיק המחזור ובין חצי תגובת חמצון וחצי תגובת חיזור. 18% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. תלמידים אלו לא הבחינו בין השינוי שעובר המחזור לבין תגובת חיזור וסברו שהמחזור עובר חיזור. לכן בחרו בתוצר $N_{2(g)}$ כתוצר חיזור בתגובה. יתכן וחלק מהתלמידים טעו במסיח זה כי בתגובה הנתונה החנקן הוא גם תוצר של חמצון וגם תוצר של חיזור. 5% מהתלמידים בחרו במסיח ב'. תלמידים אלו טעו בקביעה מהו החלקיק המחמצן ומהו החלקיק המחזור. הם קבעו בטעות כי החומר המחזור הוא $NO_{(g)}$, ולכן אטומי N בחומר זה הם אלו שמוסרים אלקטרונים לאטומי N שבמולקולות של $NH_{3(g)}$. 3% מהתלמידים בחרו במסיח א'. גם תלמידים אלו טעו בקביעה מהו החלקיק המחמצן ומהו החלקיק המחזור. הם קבעו בטעות כי החומר המחזור הוא $NO_{(g)}$ ולא המשיכו לבדוק את שאר התשובות.

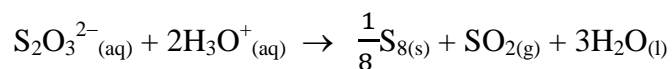
המלצות

כדי לברר עם התלמידים מהם הקשיים ולחדד להם את התפקיד של כל אחד מהחלקיקים בתגובת חמצון-חיזור מומלץ לבצע עם התלמידים משימות דיאגנוסטיות המופיעות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: [חמצון חיזור מי מחזור כאן](#) - משימות 1 ו-2. מומלץ לתרגל את הנושא של תגובות חמצון-חיזור, כולל התייחסות למעבר אלקטרונים במהלך תגובות. ניתן לתרגל שאלות נוספות מבחינות בגרות קודמות ולהיעזר בפתרונות שרוכזו בסיכום ניתוח שאלות מבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו - [חוברת בנושא חמצון חיזור](#).

שאלה נוספת לתרגול

כדי לחקור את הדרך שבה מתרחשים תהליכים כימיים, משתמשים החוקרים בתגובה בין יוני

תיוסולפט, $S_2O_3^{2-}$ (aq), לבין יוני הידרוניום, H_3O^+ (aq):



מהי הקביעה הנכונה?

א. במהלך התרחשות התגובה חלה ירידה ב-pH של התמיסה.

ב. בתגובה הנתונה הגופרית, $S_{8(s)}$, היא תוצר החמצון של יוני $S_2O_3^{2-}$ (aq).

ג. בניסוי, שבו מגיב 1 מול יוני $S_2O_3^{2-}$ (aq) על פי התגובה הנתונה, עובר 1 מול אלקטרונים.

ד. בתגובה הנתונה יוני $S_2O_3^{2-}$ (aq) פועלים גם כמחמצן וגם כמחזור.

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

דרגת החמצון של אטומי S ביוני $S_2O_3^{2-}$ (aq) היא (+2). דרגת החמצון של אטומי S בתוצר $S_{8(s)}$

היא (0) ובתוצר $SO_{2(g)}$ היא (+4). כלומר יש גם עלייה בדרגת החמצון וגם ירידה בדרגת החמצון

של אטומי S, ולכן היונים פועלים גם כמחמצן וגם כמחזור.

מסיח א' אינו נכון. במהלך התגובה יוני הידרוניום, H_3O^+ (aq), מגיבים, ריכוזם יורד, ולכן ה-pH

של התמיסה עולה.

מסיח ב' אינו נכון. במעבר מיוני $S_2O_3^{2-}$ (aq) ל- $S_{8(s)}$ חלה ירידה בדרגת החמצון של אטומי S, כלומר

מתרחשת חצי-תגובת חיזור, ולכן $S_{8(s)}$ הוא תוצר החיזור ולא תוצר החמצון.

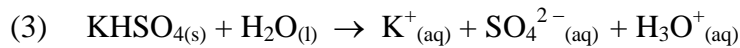
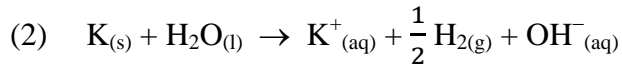
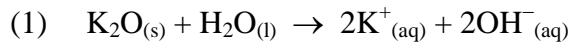
מסיח ג' אינו נכון. כאשר 1 מול יוני $S_2O_3^{2-}$ (aq) מגיב על פי התגובה הנתונה עוברים 2 מול אלקטרונים

(חלק מאטומי S ביוני $S_2O_3^{2-}$ (aq) עוברים חמצון - מוסרים 2 מול אלקטרונים לחלק אחר מאטומי S

שמקבלים אותם - עוברים חיזור).

6 חומצות ובסיסים

לפניך ניסוחים של שלוש תגובות (1)-(3).



באיזו/באילו מן התגובות מגיבים המים, $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$, כבסיס?

שאלון	שאלון	
037387	037381	
א. בתגובה (1) בלבד.	4%	
ב. בתגובה (2) בלבד.	4%	
ג. בתגובה (1) וגם בתגובה (2).	21%	
ד. בתגובה (3) בלבד.	71%	56%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

בתגובה (3) מכל יון מיוני $\text{HSO}_4^-_{(aq)}$ עובר הפרוטון, H^+ , אל מולקולת המים. לכן בתגובה זו המים מגיבים כבסיס.

מסיח א' אינו נכון. בתגובה (1) המים לא מגיבים כבסיס, כי מכל מולקולת המים עובר הפרוטון, H^+ , אל יון O^{2-} .

מסיח ב' אינו נכון. בתגובה (2) המים לא מגיבים כבסיס, כי זאת תגובת חמצון-חיזור שבה אטומי המימן במולקולות המים מגיבים כמחמצן.

מסיח ג' אינו נכון. בתגובות (1) ו-(2) המים לא מגיבים כבסיס (ראו הסברים למסיחים א' ו-ב').

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לקבוע את סוג התגובה הנתונה - תגובת חומצה-בסיס או תגובת חמצון-חיזור.
- לזהות, על פי ניסוח התגובה, מעבר פרוטון מחלקיק של חומר אחד לחלקיק של חומר אחר במהלך התגובה.
- לקבוע כיצד פועל החלקיק של חומר: כבסיס או כחומצה, כמחמצן או כמחזור.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון בינוני. רוב התלמידים הצליחו לזהות, על פי ניסוח התגובה, את מעבר הפרוטונים

מיוני HSO_4^- (aq) למולקולות המים במהלך התגובה.
 תלמידים שבחרו באחד המסיחים האחרים טעו בבחירת התגובה המתאימה ובחרו באחת מן התגובות (1) או (2) או בשתייהן. בתגובות אלה המים לא מגיבים כבסיס.
 21% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. הם התבלבלו בין איבוד פרוטון על ידי המים לבין קליטתו. חלק מתלמידים אלה סברו שמולקולות המים פועלות כבסיס כאשר הן מאבדות פרוטונים.
 תלמידים שבחרו במסיח א' (4%) לא הבחינו בכך שהפרוטונים עוברים ממולקולות המים אל יוני O^{2-} . תלמידים שבחרו במסיח ב' (4%) טעו בקביעת סוג התגובה ולא הבחינו בכך שזאת תגובת חמצון-חיזור שבה אטומי המימן במולקולות המים מגיבים כמחמצן.

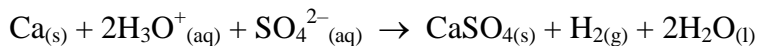
המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד לזהות את סוגי התגובות ואת התפקידים של חומרים ושל חלקיקים, ולתרגל שאלות בנושא. מומלץ לתרגל את הנושא של תגובות חומצות ובסיסים כולל התייחסות למעבר פרוטונים במהלך תגובות. ניתן לתרגל שאלות מבחינות בגרות קודמות ולהיעזר בפתרונות שרוכזו בחוברת: סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ז: קשיי למידה, דרכי הוראה המותאמות לתוכנית הלימודים 30-70" החוברת נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה - [חוברת בנושא חומצות ובסיסים](#)

שאלות נוספות לתרגול

שאלה 1

לפניך ניסוח התגובה:



מהי הקביעה הנכונה?

א. בתגובה הנתונה סידן, $\text{Ca}_{(s)}$, הוא המחזור, יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ הם המחמצן, כי אטומי המימן, H

מקבלים אלקטרונים.

ב. בתגובה הנתונה יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ מתפקדים כחומצה ו- $\text{Ca}_{(s)}$ מתפקד כבסיס.

ג. במהלך התגובה לא חל שינוי ב-pH התמיסה.

ד. בתום התגובה תמיד מתקבלת תמיסה עם pH ניטרלי.

הנימוק

התשובה הנכונה היא א'.

במהלך התגובה הנתונה דרגת החמצון של אטומי Ca עולה מ- (0) ל- (+2). לכן סידן הוא המחזור.

יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ הם המחמצן, כי דרגת החמצון של אטומי H ביונים אלה יורדת מ- (+1) ל- (0).

מסיח ב' אינו נכון. התגובה הנתונה היא תגובת חמצון-חיזור, שבה חלים שינויים בדרגות חמצון של אטומים, ולא תגובת חומצה-בסיס.

מסיח ג' אינו נכון. במהלך התגובה יוני הידרוניום, H_3O^+ (aq), מגיבים, ריכוזם יורד ולכן pH של התמיסה עולה, כלומר חל בו שינוי.
מסיח ד' אינו נכון. pH התמיסה לא חייב להיות ניטרלי. אם במגיבים יהיה עודף יוני הידרוניום, בתום התגובה ה-pH של התמיסה יהיה חומצי.

שאלה 2

קבע מהי החומצה ומהו הבסיס בכל אחת מהתגובות הבאות:

- (1) $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCN}(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{CN}^-(\text{aq})$
- (2) $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NH}_2^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$
- (3) $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- (4) $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_3^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- (5) $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$

התשובה

בתגובה (1) $\text{HCN}(\text{aq})$ - חומצה, $\text{NH}_3(\text{g})$ - בסיס.

בתגובה (2) יוני $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ - חומצה, יוני $\text{NH}_2^-(\text{aq})$ - בסיס.

בתגובה (3) $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ - חומצה, $\text{NH}_3(\text{g})$ - בסיס.

בתגובה (4) $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ - חומצה, $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{g})$ - בסיס.

בתגובה (5) $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$ - חומצה, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ - בסיס.

שאלה 3

לפניך מספר ניסוחי תגובות:

- (1) $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{מים}} \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
- (2) $\text{NH}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- (3) $\text{KNO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{מים}} \text{K}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
- (4) $2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- (5) $\text{Mg}(\text{s}) + 2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- (6) $\text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
- (7) $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

סעיף א'

קבע עבור כל אחת מן התגובות הנתונות אם היא תגובת חומצה-בסיס, תגובת חמצון-חיזור, תגובת שיקוע או תגובת המסה.

סעיף ב'

קבע עבור תגובות חומצה-בסיס מהי החומצה ומהו הבסיס.

סעיף ג'

קבע עבור תגובות חמצון-חיזור מהו המחמצן ומהו המחזור.

סעיף ד'

הנח שבכל התגובות הנתונות המגיבים הגיבו בשלמות. קבע עבור כל אחת מן התגובות הנתונות אם ה- pH של התמיסה בתום התגובה גבוה מ- 7, נמוך מ- 7 או שווה ל- 7.

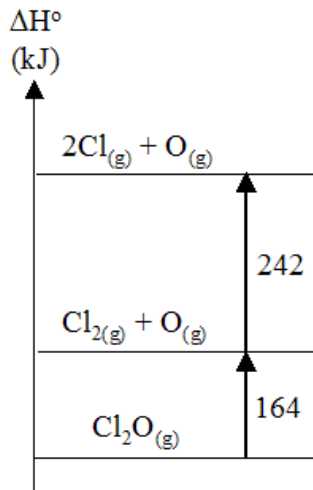
התשובה

סעיפים א'-ד'

- תגובה (1) - תגובת המסה במים. בתום התגובה ה- pH של התמיסה גבוה מ- 7.
- תגובה (2) - תגובת חומצה-בסיס. $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ חומצה, $\text{NH}_2^-_{(aq)}$ בסיס. בתום התגובה ה- pH של התמיסה גבוה מ- 7.
- תגובה (3) - תגובת המסה במים. בתום התגובה ה- pH של התמיסה שווה ל- 7.
- תגובה (4) - תגובת חומצה-בסיס + תגובת שיקוע. $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ חומצה, $\text{OH}^-_{(aq)}$ בסיס. בתום התגובה ה- pH של התמיסה שווה ל- 7.
- תגובה (5) - תגובת חמצון-חיזור. $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ מחמצן, $\text{Mg}_{(s)}$ מחזור. בתום התגובה ה- pH של התמיסה שווה ל- 7.
- תגובה (6) - תגובת חומצה-בסיס. $\text{H}_2\text{PO}_4^-_{(aq)}$ חומצה, $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ בסיס. בתום התגובה ה- pH נמוך מ- 7.
- תגובה (7) - תגובת חומצה-בסיס. $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ חומצה, יוני CO_3^{2-} בתוך $\text{CaCO}_3_{(s)}$ בסיס. בתום התגובה ה- pH של התמיסה שווה ל- 7 ($\text{CO}_2_{(g)}$ יתנדף).

7 אנרגייה

לפניך דיאגרמה של שינוי אנתלפיה.



מהו הערך של אנתלפיית הקשר O–Cl בתרכובת $\text{Cl}_2\text{O}_{(g)}$?

שאלון	שאלון
037387	037381
13%	א. $406 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
53%	ב. $203 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
8%	ג. $164 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
26%	ד. $82 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

הנימוק

התשובה הנכונה היא ב'.

אפשר לחשב את אנתלפיית הקשר O–Cl על פי שינוי האנתלפיה בתגובה זו, כפי שהוצג בגרף הנתון:



בתגובה זו פורקו שני קשרים בין אטומי Cl לאטום O. לכן אנתלפיית קשר אחד O–Cl:

$$\Delta H^\circ_{\text{O-Cl}} = \frac{406}{2} = 203 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

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

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

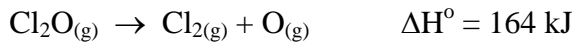
- ↖ ליישם את הגדרת המושג אנתלפיית קשר.
- ↖ להעביר מידע בין צורת ייצוג גרפית לבין צורת ייצוג של ניסוח תגובה ונוסחאות.
- ↖ לקשר בין ניסוח התגובה הנתון לבין הקשרים הנשברים במהלך תגובה זו.

- ⚡ לחשב את שינוי אנתלפיית התגובה על פי הנתונים המוצגים בגרף.
- ⚡ לחשב אנתלפיית קשר מתוך שינוי אנתלפיה בתגובה.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון נמוך מאוד.

26% מהתלמידים בחרו במסיח ד'. תלמידים אלה טעו בבחירת התגובה שעל פי שינוי האנתלפיה שלה אפשר לחשב את אנתלפיית הקשר O-Cl, והתייחסו לתגובה:



וחישבו בטעות:

$$\Delta H^\circ_{\text{O-Cl}} = \frac{164}{2} = 82 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

תלמידים אלו לא הבינו כי יש לחשב אנתלפיית קשר על פי ניתוק של כל הקשרים בין אטומי החומר.

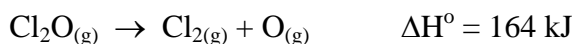
13% מהתלמידים בחרו במסיח א'. הם בחרו נכון את התגובה שעל פי שינוי האנתלפיה שלה אפשר

לחשב את אנתלפיית הקשר O-Cl, אולם לא הבחינו בכך שבתגובה זו, בכל מולקולה Cl₂O

נשברים שני קשרים בין אטומי Cl לאטום O, ולכן יש לחלק את התוצאה ב-2.

8% מהתלמידים בחרו במסיח ג'. גם תלמידים אלה טעו בבחירת התגובה שעל פי שינוי האנתלפיה

שלה אפשר לחשב את אנתלפיית הקשר O-Cl, והתייחסו לתגובה:



הם לא התייחסו לכך שלפי תגובה זו מתפרקים שני קשרים קוולנטיים בין שני אטומי כלור לאטום חמצן

ונוצרים קשרים במולקולות הכלור, שעל פי הנתון בתגובה השנייה בהיווצרותם נפטים 242 kJ.

המלצות

מומלץ לתרגל את הנושא של אנרגייה בכלל ואנתלפיית קשר בפרט.

ניתן לתרגל שאלות נוספות מבחינות בגרות קודמות ולהיעזר בפתרונות שרוכזו בחוברת: "סיכום

ניתוח השאלות בנושא "אנרגייה" בבחינות הבגרות בכימיה 1998-2016: קשיי למידה, דרכי הוראה

ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70". החוברת נמצאת באתר

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

מומלץ לבצע עם התלמידים את הפעולות הבאות:

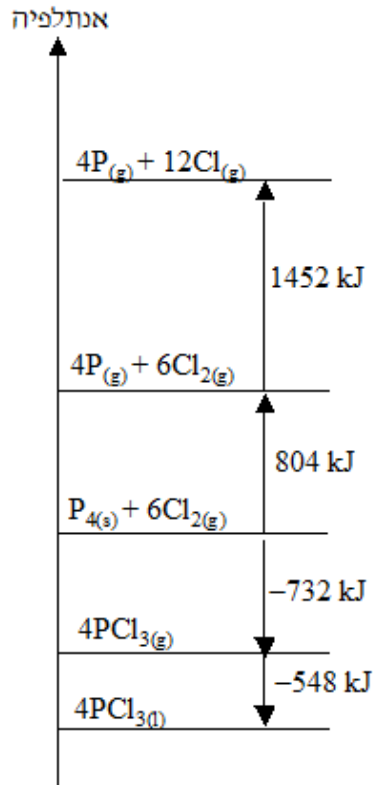
[תרגול נוסף של אנרגיות קשר](#) לפי דף פעילות הנמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

[תשבץ בנושא אנרגיה](#) עם פתרון המתייחס להגדרות רלוונטיות לנושא, הנמצא באתר המרכז הארצי

למורי הכימיה.

שאלה נוספת לתרגול

לפניך דיאגרמה המתארת שינויי אנתלפיה במספר תהליכים.



תאר במילים מהו התהליך המתרחש שמסומן על ידי כל אחד מהחיצים שמופיעים בגרף. מהו ההיגד הנכון?

א. אנתלפיית האידוי של $\text{PCl}_{3(l)}$ היא $548 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

ב. אנתלפיית הקשר P-Cl היא $2328 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

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

ד. שינוי האנתלפיה של התגובה: $\text{P}_{4(s)} + 6\text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 4\text{PCl}_{3(l)}$ היא $1280 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

הנימוק

התשובה הנכונה היא ג'.

$$6\text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 12\text{Cl}_{(g)} \quad \Delta H^\circ = 6\Delta H^\circ_{\text{Cl-Cl}} = 1452 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

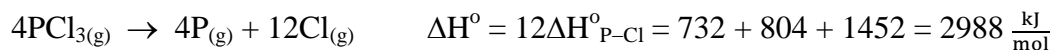
$$\Delta H^\circ_{\text{Cl-Cl}} = \frac{1452}{6} = 242 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

מסיח א' אינו נכון.



$$\Delta H^\circ_{\text{אידי}} = \frac{548}{4} = 137 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

מסיח ב' אינו נכון.



$$\Delta H^\circ_{\text{P-Cl}} = \frac{2988}{12} = 249 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

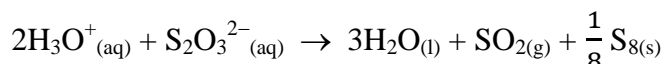
מסיח ד' אינו נכון.

שינוי האנתלפיה של התגובה הנתונה במסיח זה:



8 קצב תגובה

כאשר מערבבים תמיסה של חומצת מימן כלורי, $\text{HCl}_{(aq)}$, עם תמיסה של נתרן תיוסולפאט, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3_{(aq)}$, מתרחשת תגובה. לפניך ניסוח נטו של תגובה זו:



התלמידים חקרו את התגובה והציעו מדדים שונים לקצב התגובה.

לפניך ארבע הצעות IV-I שהציעו התלמידים כדי לקבל מידע על קצב התגובה.

- I. למדוד את המוליכות החשמלית של התמיסה בתום התגובה.
- II. למדוד את ה-pH של התמיסה בתום התגובה.
- III. למדוד את המוליכות החשמלית של התמיסה בפרקי זמן קבועים.
- IV. למדוד את ה-pH של התמיסה בפרקי זמן קבועים.

מה הן שתי ההצעות המתאימות ביותר?

	שאלון 037387	שאלון 037381
א. II - I		5%
ב. IV - I		7%
ג. III - II		6%
ד. IV - III	79%	82%

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

קצב תגובה נמדד על פי שינוי בתכונה מאקרוסקופית כלשהי ביחידת זמן. לפיכך הצעה שמתאימה למדידת קצב תגובה צריכה להתייחס למדידת שינוי כלשהו בפרקי זמן קבועים. מדידת המוליכות החשמלית ומדידת ה-pH של התמיסה בפרקי זמן קבועים תאפשר קבלת מידע על השינוי בתכונות המאקרוסקופיות ביחידת זמן. לכן הצעות III ו-IV מתאימות. מסיחים א', ב' ו-ג' אינם נכונים. הצעות I ו-II מתייחסות למדידות תכונות מאקרוסקופיות בתום התגובה ולכן אינן מספקות מידע על שינוי שמתרחש בפרקי זמן קבועים. לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלוס היא יישום.

כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- ← ליישם את ההגדרה של קצב תגובה - שינוי בתכונה מאקרוסקופית כלשהי ביחידת זמן.
- ← להדגיש שקצב תגובה נקבע לפי יחס בין שינוי בתכונה מאקרוסקופית כלשהי לבין זמן.
- ← לקבוע קצב תגובה על פי מדידת התכונה המאקרוסקופית בפרקי זמן קבועים.

סיבות אפשריות לטעויות

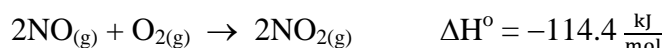
הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו להבחין בין מדידת שינוי בפרקי זמן קבועים, שזו מדידה בטווח זמן מסוים, לעומת מדידה בתום התגובה, שזו מדידה חד פעמית. 18% מהתלמידים בחרו במסיחים א'-ג'. תלמידים אלו התייחסו למדידת תכונה מאקרוסקופית, אך התעלמו מכך שבהצעות I ו-II התכונה נמדדת בזמן מסוים בלבד - בתום התגובה.

המלצות

מומלץ לחזור ולהדגיש לתלמידים את המושג קצב תגובה וכיצד ניתן למדוד אותו. מומלץ לתת לתלמידים לחזור על נושא קינטיקה בלמידה עצמית על פי [המצגת "קינטיקה"](#) בעריכה של שרה אקונס, שמופיעה באתר המרכז למורי הכימיה. מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים שבהם התלמידים ימדדו מדדים מאקרוסקופיים שמהם ניתן להסיק על קצב תגובה. [הצעות לניסויים](#) מסוג זה ניתן למצוא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

שאלה נוספת לתרגול

השאלה עוסקת בתגובה המבוצעת בתעשייה לייצור חומר גלם שממנו מייצרים חומצה חנקתית - הגז חנקן דו-חמצני, $\text{NO}_2(\text{g})$, שצבעו חום. מייצרים גז זה על פי התגובה:



במטרה למדוד את קצב התגובה הוצע לבצע מספר בדיקות:

- I. מדידת נפח $\text{NO}_2(\text{g})$ המתקבל בתגובה מ-1 ליטר $\text{NO}(\text{g})$.
- II. מדידת מהירות של תנועת המולקולות של $\text{NO}_2(\text{g})$.
- III. מדידת השינוי בצבע התערובת שבכלי התגובה בפרקי זמן קבועים.
- IV. מדידת שינוי הטמפרטורה בכלי בפרקי זמן קבועים.

מה הן שתי הבדיקות שבאמצעותן ניתן למדוד את קצב התגובה?

א. I ו-II

ב. I ו-IV

ג. II ו-III

ד. III ו-IV

הנימוק

התשובה הנכונה היא ד'.

כדי לקבוע קצב תגובה יש למדוד שינוי בתכונה מאקרוסקופית בפרקי זמן קבועים.

בדיקות III ו-IV מתייחסות למדידות מסוג זה.

מסיחים א'-ג' אינם נכונים. בהצעה I אין התייחסות לפרקי זמן קבועים, ובהצעה II אין מדד

מאקרוסקופי ואין התייחסות לפרקי זמן קבועים.

ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות

בבחינת הבגרות תשע"ט

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 12,243 נבחנים.

37381 (12,029 נבחנים)

מס' שאלה	9	10	11	12	13	14
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מבנה האטום, מחזוריות, מבנה וקישור	כימיה של מזון ואנרגיה	סטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים וסטויכיו-מטריה
ציון ממוצע	64	55	69	76	62	61
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	65%	46%	57%	42%	83%
% תלמידים שציונם	85-100	11	37	50	33	15
	55-84	48	36	33	28	50
	0-54 (0-40)	32 (18)	27 (17)	17 (10)	39 (29)	35 (19)

37387 (214 נבחנים)

מס' שאלה	9	10	11	12	13	14
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מבנה האטום, מחזוריות, מבנה וקישור	כימיה של מזון ואנרגיה	סטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים וסטויכיו-מטריה
ציון ממוצע	66	60	74	84	64	67
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	64%	60%	59%	50%	66%
% תלמידים שציונם	85-100	22	44	57	37	23
	55-84	47	36	34	30	47
	0-54 (0-40)	31 (13)	20 (12)	9 (3)	33 (25)	30 (11)

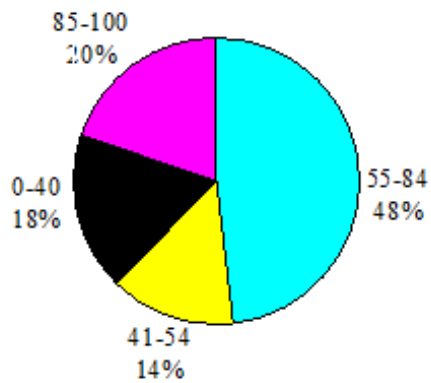
התשובות לשאלות שמופיעות בחוברת זו מבוססות על המחונן למעריכי בחינת הבגרות ומיועדות למורים. תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר!

ניתוח שאלה 9

ניתוח קטע ממאמר מדעי

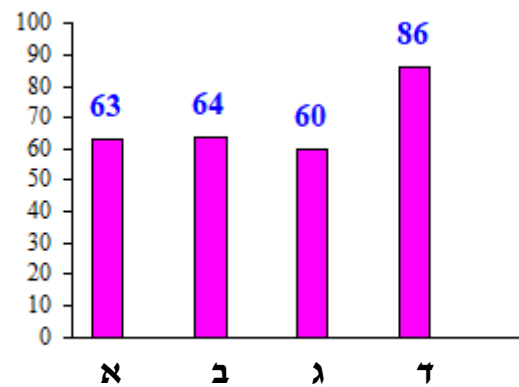
שאלון 037381

פיזור ציונים



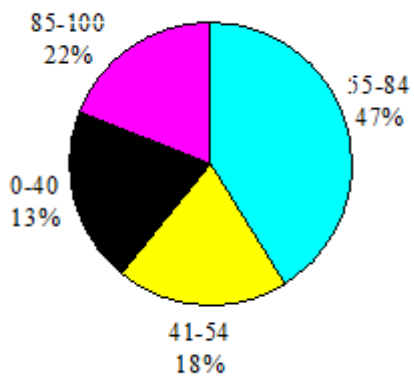
ציון ממוצע על פי מכון סאלד: **64**

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



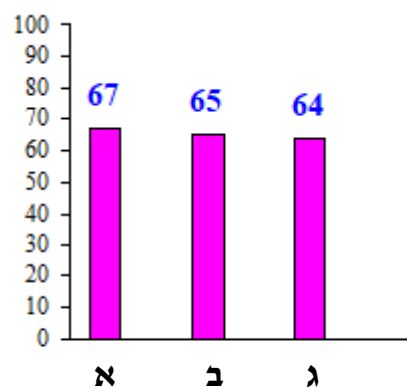
שאלון 037387

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: **66**

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- להבחין בין תגובה אנדותרמית לתגובה אקסותרמית.
- לקשר בין פליטת אנרגיה בתגובה לכך שהתגובה אקסותרמית.
- לנסח ולאזן תגובת שריפה.
- לזהות קבוצות פונקציונליות במולקולות של תרכובות פחמן.
- לקבוע את סוגי הכוחות הבין מולקולריים הפועלים בחומרים הנתונים.
- לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים, כגון טמפרטורת הרתיחה.
- לקבוע דרגות חמצון של אטומים בתרכובות, על פי הכללים לקביעת דרגות חמצון.
- לקבוע דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומי יסוד בתרכובות שונות.
- לקבוע מהו המחמצן ומהו המחזור בתגובה הנתונה.
- להסביר את תפקיד הזרז - לקשר בין אנרגיית השפעול של התגובה לבין נוכחות הזרז המתאים בכלי התגובה.
- לקשר בין נוכחות הזרז בכלי התגובה לבין מנגנון התגובה.
- לעבוד עם טקסט מדעי.
- ליישם ידע מדעי שנלמד בניתוח טקסט מדעי לא מוכר.
- להסיק מסקנות מן הכתוב בטקסט מדעי.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פחמן דו-חמצני - מתוצר בלתי רצוי לחומר גלם עתידי

ההתחממות הגלובלית גורמת לשינוי אקלים והיא אחת מן הבעיות שהאנושות מתמודדת איתן במאה הנוכחית. אחד הגורמים להתחממות הגלובלית הוא העלייה בריכוז הגז פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$, באטמוספירה, שתורמת לעלייה בטמפרטורה הממוצעת על פני כדור הארץ. העלייה בריכוז ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ באטמוספירה היא בין השאר תוצאה של השימוש המוגבר בשרפת פחם, $\text{C}(\text{s})$, ודלקים פחמימניים כדי לספק אנרגיה.

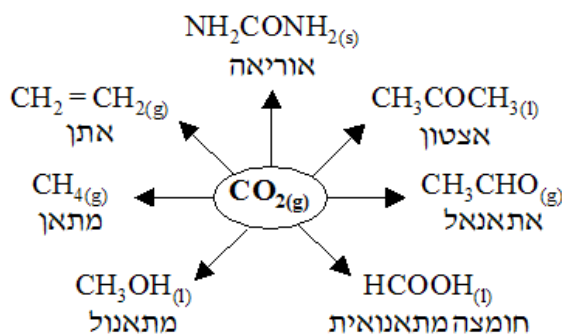
מדענים, אנשי תעשייה וממשלות נדרשים למצוא פתרונות כדי לצמצם את כמות ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלטת לאטמוספירה.

אחד הפתרונות, המיושם כיום, הוא שימוש במקורות אנרגיה מתחדשים (כגון שמש ורוח) במקום השימוש בפחם ובדלקים פחמימניים.

בשנים האחרונות נבחנת גישה מהפכנית ופורצת דרך המתייחסת ל- $\text{CO}_2(\text{g})$ לא כתוצר בלתי רצוי

אלא כחומר גלם וכמקור לאטומי פחמן בתעשייה הכימית. המטרה היא לקלוט את ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלט מתהליכי שרפה, בעיקר מתחנות כוח, ולנצלו להפקת מגוון תרכובות פחמן המופקות כיום ממרכיבים של הנפט הגולמי, ההולך ואוזל.

בתרשים 1 מוצגות חלק מתרכובות הפחמן שאפשר להפיק מ- $\text{CO}_2(\text{g})$:



תרשים 1

מתרכובות אלה אפשר להפיק חומרים רבים המשמשים דלקים או חומרי גלם בתעשייה הכימית.

ניצול $\text{CO}_2(\text{g})$ כחומר גלם דורש התמודדות עם שני קשיים עיקריים:

– הפרדת ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ מהגזים האחרים הנפלטים מן הארובות של תחנות כוח.

– השקעת אנרגייה רבה הנדרשת במהלך הייצור של תרכובות אלה.

מימוש הפתרונות לקשיים אלה מצביע אתגר לפני כימאים ומדענים נוספים.

מקור:

Clarke J. (2017). "Carbon dioxide can be a versatile chemical feedstock for a variety of industries", Chemistry World

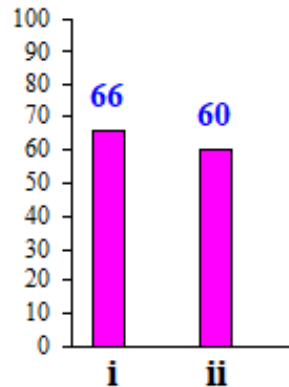
סעיף א' (הציון בשאלון 037381 63)

(הציון בשאלון 037387 67)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

סולר הוא דלק פחמימני שמשמשים בו בתחנות כוח.

הפחמימן $C_{12}H_{26(l)}$ הוא אחד ממרכיבי הסולר.



תת-סעיף i (הציון 66)

על פי הקטע, קבע אם התגובה לקבלת $CO_{2(g)}$ מדלק פחמימני היא אקסותרמית או אנדותרמית. נמק.

התשובה

קביעה:

תגובה אקסותרמית.

נימוק:

הגז $CO_{2(g)}$ נוצר בתגובת השרפה של דלק פחמימני.

משמשים בתגובת שרפה זו כדי לספק אנרגייה (או: כדי לנצל את האנרגייה הנפלטת).

לכן ניתן להסיק שתגובת השרפה של דלק פחמימני היא תגובה אקסותרמית.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שהתגובה היא אקסותרמית. הטעויות הופיעו בנימוקים. הטעויות האופייניות בנימוקים:

- ♦ חוסר הבחנה בין מעבר אנרגייה למעבר חומרים:
- ♦ "התגובה אקסותרמית היות ונפלט הגז פחמן דו-חמצני."
- ♦ "נפלטו חומרים החוצה, לכן התגובה היא אקסותרמית."
- ♦ נימוקים חלקיים:

- "תהליכי שריפה הם תמיד אקסותרמיים."
- ♦ נימוקים לא רלוונטיים :
- "תגובה אקסותרמית. היות וישנה עלייה בטמפרטורה של כדור הארץ, הסביבה מתחממת."

המלצות

מומלץ להתעכב על מושגי יסוד בפרק האנרגיה. ניתן להיעזר בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה" בבחינות הבגרות 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](#)

מומלץ לבצע הדגמות לניסויי המסה במים של חומרים יוניים: המסה של חומר אחד, למשל $\text{NaOH}_{(s)}$, היא תגובה אקסותרמית, והמסה של חומר שני, למשל $\text{NaNO}_{3(s)}$, שהיא תגובה אנדותרמית. המורה מכין מראש שתי מבחנות ובכל אחת מהן מוצק לבן. צריך להוסיף מים ולתת לתלמידים להרגיש חום/קור, ובהמשך למדוד את הטמפרטורה של המים ושל התמיסות. במהלך ביצוע הניסויים אפשר לבקש מהתלמידים לקבוע בכל ניסוי את המערכת, את הסביבה ואת הכיוון של מעבר אנרגיה.

תת-סעיף ii (הציון 60)

נסח ואזן את התגובה שבה מתקבל $\text{CO}_{2(g)}$ מן הפחמימן $\text{C}_{12}\text{H}_{26(l)}$.

התשובה



או:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לנסח תגובת שריפה. הטעויות האופייניות:

- ♦ ניסוחים שבהם חסרים מגיבים או תוצרים אחדים:
- $\text{C}_{12}\text{H}_{26(l)} \rightarrow 12\text{CO}_{2(g)} + 13\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
- $\text{C}_{12}\text{H}_{26(l)} + 12\text{O}_{2(g)} \rightarrow 12\text{CO}_{2(g)}$
- ♦ טעויות באיזון התגובה.
- $\text{C}_{12}\text{H}_{26(l)} + 12\text{O}_{2(g)} \rightarrow 12\text{CO}_{2(g)} + 13\text{H}_2\text{O}_{(g)}$

המלצות

מומלץ ללמד תהליכי שריפה בעזרת ניסויים ולבקש מהתלמידים בכל ניסוי לנסח ולאזן את התגובות. מומלץ לבצע עם התלמידים פעילות מקורס מורים מובילים במדעי הסביבה תשע"ב, בריכוזה של רבקה משגב, עיבוד במסגרת המרכז הארצי למורי ביולוגיה ומורים למדעי הסביבה:

[שריפה שלמה ושריפה בלתי שלמה.](#)

מומלץ להרגיל את התלמידים לנסח תגובות על פי תיאור מילולי שלהן, כולל איזון תגובות שריפה. ניתן להיעזר ביישומים בנושא של איזון תגובות:

[איזון תגובות - phet](#)

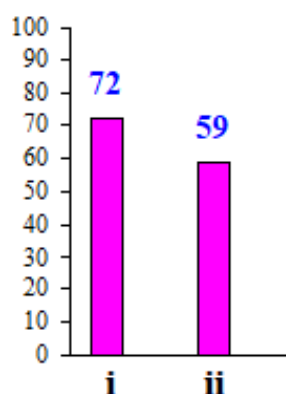
[איזון תגובות - אתר מכון דוידסון](#)

[משחק איזון תגובות - אתר מכון דוידסון](#)

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 64)

(הציון בשאלון 037387 65)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 72)

בחר בארבע מן התרכובות שאפשר להפיק מ- $\text{CO}_2(\text{g})$, המוצגות בתרשים 1. העתק את הטבלה שלפניך למחברת הבחינה והשלם אותה.

שם התרכובת	נוסחת הקבוצה הפונקציונלית	שם הקבוצה הפונקציונלית
1		
2		
3		
4		

התשובה

ארבע מן התרכובות :

שם החומר	נוסחת הקבוצה הפונקציונלית	שם הקבוצה הפונקציונלית
אוריאה	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{NH}_2 \\ \text{או: } -\text{CONH}_2 \end{array}$	קבוצת אמיד
אצטון	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \\ \text{או: } -\text{CO}- \end{array}$	קבוצה קרבונילית או: קבוצת קטון
אתאנאל	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \\ \text{או: } -\text{CHO} \end{array}$	קבוצת אלדהיד
אתן	>C=C<	קבוצת קשר כפול (בין אטומי פחמן)
חומצה מתאנואית	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \\ \text{או: } -\text{COOH} \end{array}$	קבוצה קרבוקסילית או: קרבוקסיל או: חומצה קרבוקסילית
מתאנול	$-\text{OH}$	קבוצה הידרוקסילית או: הידרוקסיל או: כוהל

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הכירו את הקבוצות הפונקציונליות, אך היו שהתקשו לציין נכון את שמות הקבוצות הפונקציונליות ואת נוסחאותיהן. הטעויות האופייניות:

- ♦ טעויות בשמות של קבוצות פונקציונליות:
- "אוריאה - קבוצת אמין" טעות נפוצה
- "אצטון - קבוצת אסטר"
- "אתאנאל - קבוצת אסטר" או "קבוצת קטון"
- "חומצה מתאנואית - קבוצת אסטר"
- "מתאנול - קבוצת אתר"

- "אתן - קבוצת אלקן"
- ◆ טעויות בנוסחאות של קבוצות פונקציונליות (למרות שחלק מהנוסחאות מופיע בדפי נוסחאות):
- "חומצה מתאנואית: $\text{H}-\text{C}\equiv\text{O}-\text{O}-\text{H}$ או $-\text{COH}$ "
- "אתאנאל: $\text{H}_3\text{C}\equiv\text{O}-\text{CH}_3$ "
- "אצטון: $-\text{CHO}$ "

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים רישום הנוסחאות של קבוצות פונקציונליות. אפשר לתת לתלמידים נוסחאות של תרכובות פחמן, שבמולקולות שלהן יש מספר נוסחאות פונקציונליות, ולבקש לסמן בעיגול את הנוסחאות של קבוצות פונקציונליות ולרשום את שמותיהן. אפשר להיעזר באתר ללימוד עצמי הנבנה על ידי טל קהת במסגרת הקורס "המורה בסביבה מתוקשבת" בהנחיית ד"ר ורדית פיק-מקלר במכללת אורנים, תשע"ב:

[קבוצות פונקציונליות לתרכובות פחמן.](#)

מומלץ לתת לתלמידים דף עבודה שפותח על ידי רותי שטנר, הנמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: [פעילות של כתיבה וזיהוי נוסחאות כימיות וקבוצות פונקציונליות.](#)

כמו כן מומלץ להיעזר בדפי תרגול שהכינה ד"ר מלכה יאיון, הנמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: [מולקולה וצבר.](#)

לפני הלימוד של נושא הוויטמינים, לאחר לימוד פרקי מבנה וקישור וחמצון-חיזור, מומלץ לתת לתלמידים משימות אוריינות עם טופסי גוגל, הנמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: [ויטמינים, תזונה ומה שביניהם.](#) הפעילות פותחה על ידי רבקה גולדיק, איילה פטלביץ ודוד אלטשולין בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ.

תת-סעיף ii (הציון 59)

בתרשים 1 מוצגות שלוש תרכובות שהן במצב נוזל בטמפרטורת החדר. אחת משלוש תרכובות אלה היא חומצה מתאנואית. טמפרטורת הרתיחה של חומצה מתאנואית גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של שתי התרכובות האחרות. **הסבר עובדה זו.** בתשובתך התייחס לכוחות הפועלים בין המולקולות בכל אחת משלוש התרכובות.

התשובה

- שלוש התרכובות במצב נוזל הרשומות בתרשים 1 הן: אצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(l)$, מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}(l)$, וחומצה מתאנואית, $\text{HCOOH}(l)$.
- בין המולקולות של אצטון יש אינטראקציות ון-דר-ולס.
- בין המולקולות של מתאנול ובין המולקולות של חומצה מתאנואית יש קשרי מימן (נוסף לאינטראקציות ון-דר-ולס).

- במולקולות של חומצה מתאנואית יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן מאשר במולקולות של מתאנול. נוסף על כך ענני האלקטרונים של מולקולות החומצה המתאנואית גדולים יותר מענני האלקטרונים של מתאנול.
- הכוחות שבין המולקולות של חומצה מתאנואית חזקים מהכוחות שבין המולקולות של מתאנול ובין המולקולות של אצטון.
- נדרשת אנרגייה רבה יותר כדי לנתק את הקשרים שבין המולקולות של חומצה מתאנואית. לפיכך, מבין שלוש התרכובות, לחומצה המתאנואית יש טמפרטורת רתיחה הגבוהה ביותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע את החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים הנתונים ולקשר בין חוזק הכוחות האלה לבין טמפרטורת הרתיחה של החומרים. הטעויות האופייניות:
- ♦ חוסר הבחנה בין קשרים תוך מולקולריים (קשרים קוולנטיים) לבין כוחות בין מולקולריים:
 - "טמפרטורת הרתיחה של חומצה מתאנואית גבוהה יותר משום שלחומצה מתאנואית יש קשר כפול שמשפיע על אורך הקשר ועל חוזק הקשר. קשרים קוולנטיים הם החזקים ביותר."
 - ♦ טעויות בקביעה אם בין המולקולות של החומר הנתון יש קשרי מימן:
 - "לכל התרכובות הנתונות יש קשרי מימן, ההבדל במספר המוקדים."
 - ♦ בלבול בין תהליך היתוך לתהליך המסה במים:
 - "בחומצה מתאנואית נוצרים קשרים חזקים בין מולקולות החומצה לבין מולקולות המים."
 - ♦ התייחסות לחומצה מתאנואית כאל חומצת שומן:
 - "השטח של מולקולות החומצה מושפע מקשר כפול הגורם לכיפוף מולקולות."

המלצות

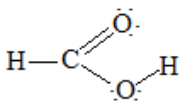
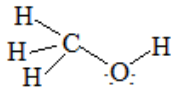
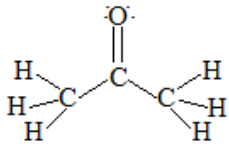
מומלץ בכל שאלה על קשרי מימן להדגיש את תנאי הקיום של קשרים אלה. מומלץ להראות לתלמידים סימולציות של מעברים בין מצבי צבירה עבור החומר המולקולרי, ולדון בקשרים המתפרקים בעת הרתיחה ובקשרים שלא מתפרקים - קשרים קוולנטיים שפירוקם מצריך השקעת אנרגיה רבה יותר. מומלץ להיעזר בכתבה מאת ד"ר ארז גרטי, הנמצאת באתר מכון 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 של מצבי צבירה עבור חומרים שונים בהיבט מאקרסקופי ובהיבט מיקרוסקופי. הלומדה נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: [לומדה מבנה וקישור.](#) כפי שכתבנו בהמלצות לשאלה 3, 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 ב' ii:

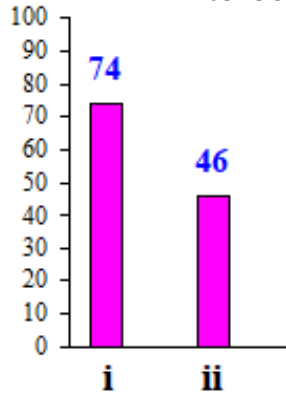
חומצה מתאנואית	מתאנול	אצטון	החומרים
CH_2O_2	CH_4O	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	נוסחאות מולקולריות
חומרים מולקולריים			סוג החומרים
HCOOH	CH_3OH	CH_3COCH_3	ייצוג מקוצר לנוסחאות מבנה
			נוסחאות ייצוג אלקטרוניים
24 אלקטרונים במולקולה	18 אלקטרונים במולקולה	32 אלקטרונים במולקולה	גודל ענני האלקטרונים במולקולות החומרים
מולקולות קוטביות			קוטביות המולקולות של החומרים
קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס	אינטראקציות ון-דר-ולס	סוגי הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
<p>הכוחות - קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס, בין המולקולות של $\text{HCOOH}_{(l)}$ ובין המולקולות של $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$ חזקים יותר מאינטראקציות ון-דר-ולס שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{COCH}_3_{(l)}$. קשרי המימן בין המולקולות של $\text{HCOOH}_{(l)}$ יותר מקשרי המימן שבין המולקולות של $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, מפני שבמולקולות של $\text{HCOOH}_{(l)}$ יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן מאשר במולקולות $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$. (במקרה הנתון, השפעת הגודל היחסי של ענני האלקטרונים של מולקולות החומרים הנתונים קטנה יותר.)</p>			ניתוח החוזק היחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל
<p>האנרגייה הנדרשת לפירוק הכוחות הבין מולקולריים בחומרים הנתונים:</p> $\text{HCOOH}_{(l)} > \text{CH}_3\text{OH}_{(l)} > \text{CH}_3\text{COCH}_3_{(l)}$ <p>לפיכך, מבין שלוש התרכובות, לחומצה המתאנואית יש טמפרטורת רתיחה הגבוהה ביותר</p>			טמפרטורות הרתיחה של החומרים

באותה חוברת אפשר למצוא שאלות מתאימות ממאגר שאלות מבחינות הבגרות עם תשובות.

סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 60)

(הציון בשאלון 037387 64)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 74)

כדי להפיק מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, מ- $\text{CO}_2_{(g)}$ יש צורך בחומר נוסף. קבע אם החומר הנוסף בתגובה זו מגיב כמחמצן או כמחזור. **נמק.**

התשובה

קביעה:

החומר הנוסף מגיב כמחזור.

נימוק:

בתגובה זו יש ירידה בדרגת החמצון של אטומי C (מ- $+4$ ל- -2). לכן חומר זה הוא מחמצן. לפיכך דרוש חומר מחזור לתגובה זו.

או: דרגת החמצון של אטומי C ב- $\text{CO}_2_{(g)}$ היא מרבית ולכן $\text{CO}_2_{(g)}$ יכול להגיב רק כמחמצן. החומר הנוסף חייב להגיב כמחזור.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שהחומר הנוסף הוא המחזור, אך חלק מהתלמידים הסתבכו ולא הצליחו לקבוע נכון. הטעויות האופייניות:

- ◆ טעויות בקביעת דרגת חמצון של אטומי פחמן בתרכובות.
- ◆ בלבול בין מחמצן למחזור:
- מחמצן מקבל אלקטרונים ולכן עולה בדרגת חמצון.
- ◆ קביעה נכונה של דרגות חמצון, אך המסקנה שגויה:
- "בתגובה זו יש ירידה בדרגת החמצון של אטומי פחמן, לכן החומר הנוסף הוא מחמצן."

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מסוג זה - להציג לתלמידים דוגמאות של תרכובות ושל יונים מורכבים שונים, המכילים אטומים של אותו יסוד בדרגות חמצון שונות. מומלץ לפתור שאלות מהחוברות הנמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: [שאלות בנושא "חמצון חיזור"](#) בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ט-תשע"ח. [שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו"](#) שפותחו בסדנת מורים, מכון ויצמן, תשס"ט. שאלות מהחוברת: [קשיים בנושא חמצון חיזור והצעות להתמודדות קהילות לומדות תשע"ה](#)

תת-סעיף ii (הציון 46)

תגובה זו מתרחשת על פני זרז מיוחד המורכב מן המתכות פלדיום, $\text{Pd}_{(s)}$, ונחושת, $\text{Cu}_{(s)}$, בטמפרטורה שבין 180°C ל- 250°C . קצב התגובה מהיר יותר בנוכחות הזרז. **הסבר עובדה זו** בעזרת תורת ההתנגשויות.

התשובה

- בנוכחות הזרז התגובה מתרחשת במסלול חלופי (או: במנגנון שונה) עם אנרגיית שפעול נמוכה יותר מאנרגיית השפעול של התגובה ללא זרז.
או: בנוכחות הזרז נוצר תצמיד משופעל שונה, שיש לו אנרגייה נמוכה יותר.
או: תרשים של התקדמות התגובה עם זרז ובלי זרז שבו סומנה אנרגיית השפעול.
- בנוכחות זרז גדל מספר המולקולות להן אנרגייה מספקת כדי ליצור תצמידים משופעלים. מספר ההתנגשויות הפוריות (ביחידת זמן) גדל, וקצב התגובה מהיר יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך מאוד. רוב תלמידים התקשו להסביר מהו תפקיד הזרז - לקשר בין אנרגיית השפעול של התגובה לבין נוכחות הזרז המתאים ובין מנגנון התגובה. הטעויות האופייניות:
- ♦ התייחסות שגויה להשפעת נוכחות זרז על טמפרטורה שבה מבצעים את התגובה הנתונה:
 - "הזרז מעלה את טמפרטורת התגובה ואז הקשרים מתנתקים מהר יותר."
 - "קצב תגובה עולה בנוכחות זרז כי הטמפרטורה גבוהה יותר."
 - ♦ הסברים שגויים או לא מתאימים:
 - "הזרז נותן אנרגיה לחלקיקים."
 - "הזרז גורם לחלקיקים לנוע מהר יותר."
 - "הזרז מזרז את התגובה."

המלצות

מומלץ להיעזר בפעילויות ובחומרים נוספים בנושא "קינטיקה", הנמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

קישורים לפעילויות מתוקשבות, אנימציות וסימולציות:

[תגובות וקצבים](#)

[השפעת ריכוז על קצב תגובה](#)

[התנגשות בין מולקולות](#)

מומלץ להראות לתלמידים [סרטון על אנרגיית שפעול](#) ולדון בו.

[דגם הוראה למורי כימיה חט"ע בנושא הקינטיקה](#)

פרק ג' בדגם - "אנרגיית שפעול וזרזים" מכיל רקע תיאורטי ושאלות להערכה.

[מצגת "קינטיקה"](#) הכוללת שאלות לתלמיד בנושא "קצב תגובה". המצגת הוכנה על ידי שרה אקונס על פי דגם הוראה בנושא "קינטיקה" שפותח בקורס לפיתוח דגמי הוראה לנושאי כימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

חוברת סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגייה" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70:

[חוברת בנושא אנרגייה](#)

שאלות נוספות בנושא ניתן למצוא בחוברות הניתוח של בחינות בגרות: בגרות השלמה ל-5 יח"ל, לדוגמה בגרות תשע"ב שאלה 1 ובגרות תשע"ד שאלה 2.

סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 86)

(הציון בשאלון 037387 -)

על פי הקטע, ציין שני יתרונות לניצול ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ הנפלט לאטמוספירה להפקת מגוון של תרכובות פחמן.

התשובה

שני יתרונות מבין:

- כמות ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלטת לאטמוספירה תקטן. כתוצאה מכך תקטן גם השפעת ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ על ההתחממות הגלובלית.
- ניצול ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ להפקת מגוון של תרכובות פחמן יביא להקטנת התלות במוצרי הנפט הגולמי ההולך ואוזל. תרכובות פחמן אלה מופקות כיום ממוצרים של הנפט הגולמי.
- תרכובות הפחמן המופקות מ- $\text{CO}_2(\text{g})$ משמשות חומר גלם בתעשייה הכימית לייצור מוצרי המשך. (השימוש ב- $\text{CO}_2(\text{g})$ להפקת תרכובות פחמן יביא לפיתוח התעשייה הכימית.)

– חלק מתרכובות הפחמן המופקות מ- $\text{CO}_2(\text{g})$ משמשות בין השאר גם חומרי דלק. עדיין יש צורך בשימוש של דלקים פחמימניים (למרות שהשימוש במקורות אנרגייה מתחדשים הולך ומתרחב).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. התלמידים הבינו את הטקסט, יישמו את הידע המדעי הנלמד והסיקו מסקנות נכונות. כמעט ולא אותרו טעויות.

המלצות

להרחבת הידע בנושא המתואר בקטע מומלץ לקרוא מאמר שפורסם ב-Chemistry World:

[Carbon dioxide: greenhouse gas or useful chemical feedstock?](#)

מומלץ לעבוד עם התלמידים על משימות להקניית אוריינות הנמצאות באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה: [אוריינות כימית](#), ובאתר המפמ"ר: [מאמרים מעובדים ומשימות אוריינות](#). משימות אלה עשויות לעזור לתלמידים בעבודה עם קטעים ממאמרים מדעיים. מומלץ לעבור על ההמלצות המופיעות בחוברת ניתוח [בגרות תשע"ח](#) שאלה 9. החוברת מופיעה באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

שאלה נוספת לתרגול הנושאים שבשאלה: ניתוח קטע ממאמר מדעי

שריפה היא תהליך חמצון-חיזור. תהליך זה מלווה בשחרור של אנרגייה רבה, לרוב תוך פליטת אש. שריפה נפוצה בהתמודדות עם אש היא המחשבה שמה שנשרף זה הדלק עצמו (עץ, סולר, שמן, חפצים וכו') אך מה שבפועל נשרף אלו האדים הנפלטים כתוצאה מהתחממות הדלק. זאת גם הסיבה שהלהבות לא נשארות על גבי הדלק אלא עולות למעלה ביחד עם האדים. הדלקת אש מותנית ב-4 גורמים: חמצן, חום, חומר דליק, והיווצרות תגובת שרשרת. ללא אחד מן הגורמים הללו האש תכבה. הנה מספר תרחישים:

מניעת חמצן - בשריפות בקנה מידה קטן, אם נמנע חמצן מהאש, היא תדעך במהירות, בין אם זה על ידי כיסוי עם כלי אטום או על ידי התזת תרסיס מיוחד.

קירור - התזת מים, חול או תרסיסים מקררים. הקירור מצנן את הדלק ומונע את פליטת האדים הדליקים אשר מלבים את האש.

החומר הטבעי ביותר לכיבוי שריפות הוא כמובן מים שמקררים את התגובה. אך במים לבדם אין די בהתמודדות עם שריפות גדולות מאוד: הם מתאדים במהירות. לדוגמה, דרושות כמויות אדירות של מים כדי לכבות שריפות יער. בבעירה של חומרים שונים, כמו למשל שריפות גדולות במפעלים כימיים, שימוש במים אף עלול להיות מסוכן, ולגרום לתגובות עם החומרים הבעורים שיגבירו את עוצמת ההתלקחות. בתנאים מסוימים גם תיתכן בעירה בתוך מים.

כיום נעשה כיבוי של שריפות גדולות באמצעות חומרים המוגדרים "מעכבי בעירה". שניים מן החומרים הנפוצים בעלי תכונות כאלה הם אלומיניום הידרוקסיד, $Al(OH)_3(s)$, ומגנזיום הידרוקסיד, $Mg(OH)_2(s)$. בטמפרטורות גבוהות ($Al(OH)_3(s)$ ב- $180^{\circ}C$, $Mg(OH)_2(s)$ ב- $332^{\circ}C$) הם מתפרקים בתגובה אנדותרמית הקולטת חום רב וגורמת לקירור ולהאטה של הבעירה. הם גם מצמצמים את פליטת העשן. בנוסף, נוצרת שכבת אפר, שיוצרת מעין בידוד של האזור הבוער, מצמצמת את אספקת החמצן לבעירה ותורמת לחנק האש. שני החומרים האלה, בצורת אבקה דחוסה, נמצאים במטפי כיבוי. כמו כן הם משולבים בתוך בדים ובתוך חומרים אחרים המשמשים לייצור של מוצרים חסיני אש כמו בגדים, מזרנים וחומרים פלסטיים שונים. חומרים נוספים, המשמשים לעיכוב בעירה, פולטים פחמן דו-חמצני, $CO_2(g)$. כשהם מתחממים, הגז הזה דוחק את החמצן מאזור הבעירה ומצמצם אותה. יש מטפים המכילים בעיקר $CO_2(g)$ מעובה, ומיועדים לשימוש בעיקר בחללים סגורים, שבהם זמינות החמצן לבעירה מוגבלת. כמו כן אלה המטפים המועדפים לטיפול בשריפות שמקורן בכימיקלים או בקצר חשמלי, משום שהם אינם יוצרים אדי מים, העלולים להשתתף בתגובה או לגרום קצרים חשמליים נוספים.

מקורות:

מאמרים שפורסמו באתר של מכון דוידסון: ["לא על המים לבדם - מה הם חומרים מעכבי בעירה?" מאת איתי נבו](#)
["האש והתפשטות השריפה" מאת ד"ר ארז גרטי](#)

סעיף א

תת-סעיף i

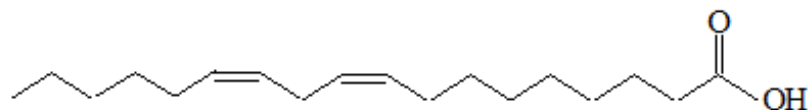
קבע על פי הקטע, אם תהליך השריפה הוא אנדותרמי או אקסותרמי. נמק.

תת-סעיף ii

קבע אם טמפרטורת הסביבה עולה במהלך השריפה, יורדת או לא משתנה. נמק.

סעיף ב

נתונים מספר חומרים דליקים: גז בישול - מתאן, $CH_4(g)$, מרכיב של סולר, $C_{12}H_{26}(l)$, בוטאנול, $C_4H_9OH(l)$, בוטאנון, $CH_3CH_2COCH_3(l)$, אתיל אצטט, $C_2H_5COOCH_3(l)$, וחומצת שומן לינולאית (אחד המרכיבים של שמן קוקוס, שמן קנולה ושמנים נוספים):



תת-סעיף i

בחלק מן החומרים הנתונים יש קבוצות פונקציונליות. עבור כל אחד מן החומרים האלה רשום את נוסחת הקבוצה הפונקציונלית וציין את שמה.

תת-סעיף ii

עבור כל אחד מן החומרים, שצינת בתת-סעיף ב i, ציין את דרגת החמצון של אטום הפחמן שהוא חלק מהקבוצה הפונקציונלית.

סעיף ג

בטבלה שלפניך מוצגות טמפרטורות הרתיחה של מספר חומרים :

מס'י	שם החומר	נוסחת החומר	טמפרטורת הרתיחה של החומר (°C)
(1)	אתיל אצטט	$C_2H_5COOCH_3$	77
(2)	בוטאנול	C_4H_9OH	118
(3)	דיאתיל אתר	$CH_3CH_2OCH_2CH_3$	X
(4)	חומצה בוטאנואית	$CH_3CH_2CH_2COOH$	Y

תת-סעיף i

הסבר את ההבדלים בטמפרטורת הרתיחה של אתיל אצטט ובוטאנול .

תת-סעיף ii

נתונים שלושה ערכי הטמפרטורה : $35^\circ C$, $85^\circ C$, $164^\circ C$. קבע איזה מן הערכים האלה עשוי להיות ערך טמפרטורת הרתיחה של דיאתיל אתר , ואיזה - של חומצה בוטאנואית. נמק.

תת-סעיף iii

כדי להפיק חומצה בוטאנואית מבוטאנול יש צורך בחומר נוסף . קבע אם החומר הנוסף עשוי להיות נחושת, $Cu_{(s)}$, או נחושת חמצנית, $CuO_{(s)}$. נמק.

תת-סעיף iv

נסח ואזן את תגובות השריפה של מרכיב הסולר, $C_{12}H_{26(l)}$, ובוטאנול.

סעיף ד

אפשר לזרז את תהליך השריפה בדרכים שונות. לפניך שלושה היגדים, III-I .

- I. תפקיד הזרז הוא להוריד את אנרגיית השפעול ולזרז את התגובה.
- II. עלייה בטמפרטורה מעלה את האנרגייה הקינטית של החלקיקים, ולכן קצב התגובה עולה.
- III. עליית הריכוז של המגיב התגובה מעלה את מספר ההתנגשויות הפוריות, ולכן מספר תצמידים משופעלים עולה וקצב התגובה עולה.

תת-סעיף i

קבע עבור כל אחד מן ההיגדים אם הוא נכון או לא נכון. נמק.

תת-סעיף ii

תקן כל היגד שאינו נכון.

סעיף ה

בקטע מתוארות מספר דרכים לכיבוי שריפות. ציין דרך אחת והסבר באיזה מבין 4 הגורמים המתוארים בקטע מטפלים בדרך שציינת.

התשובה

סעיף א

תת-סעיף i

תהליך השריפה הוא אקסותרמי. מניסיון חיים ניתן לחוש עליית טמפרטורה מסביב לשריפה, לכן התגובה היא אקסותרמית.

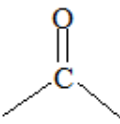
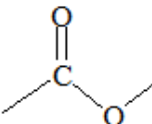
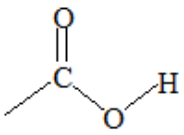
קירור על ידי מים שקולטים את האנרגייה הנפלטת בשריפה ובכך מעטים אותה. כתוב בקטע שבהוספת "מעכבי בעירה" כגון $Al(OH)_3(s)$ ו- $Mg(OH)_2(s)$ בטמפרטורות גבוהות מונעת את התפשטות השריפה. חומרים אלה מתפרקים, בתגובה אנדותרמית הקולטת חום רב ומשחררת אדי מים - שני התהליכים גורמים לקירור ומאטים את הבעירה. מכאן משתמע שתהליך השריפה הוא אקסותרמי - פולט אנרגייה.

תת-סעיף ii

במהלך תגובה אקסותרמית נפלטת אנרגייה ולכן הטמפרטורה של הסביבה עולה.

סעיף ב

תת-סעיף i + תת-סעיף ii

שם החומר	נוסחת הקבוצה הפונקציונלית	שם הקבוצה הפונקציונלית	דרגת חמצון של אטום פחמן שהוא חלק מהקבוצה הפונקציונלית
בוטאנול	$-OH$	קבוצה הידרוקסילית או: כוהל	(-1)
בוטאנון		קבוצה קרבונילית או: קטון	(+2)
אתיל אצטט		קבוצת אסטר	(+3)
חומצה לינולאית		קבוצה קרבוקסילית או: חומצה קרבוקסילית	(+3)

סעיף ג

תת-סעיף i

בין המולקולות של אתיל אצטט יש אינטראקציות ון-דר-ולס.
בין המולקולות של בוטאנול יש קשרי מימן, (בנוסף לאינטראקציות ון-דר-ולס).
הכוחות שבין המולקולות של בוטאנול חזקים מהכוחות שבין המולקולות של אתיל אצטט.

נדרשת אנרגייה רבה יותר כדי לנתק את הכוחות שבין המולקולות של בוטאנול, לפיכך יש לו טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר מזו של אתיל אצטט.

תת-סעיף ii

בין המולקולות של דיאתיל אתר יש אינטראקציות ון-דר-ולס. בין המולקולות של בוטאנול יש קשרי מימן (בנוסף לאינטראקציות ון-דר-ולס).

הכוחות שבין המולקולות של בוטאנול חזקים מהכוחות שבין המולקולות של דיאתיל אתר. נדרשת אנרגייה רבה יותר כדי לנתק את הכוחות שבין המולקולות של בוטאנול. לפיכך יש לבוטאנול טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר מזו של דיאתיל אתר.

גם בין מולקולות אתיל אצטט יש אינטראקציות ון-דר-ולס. אולם מכיוון שלמולקולות של אתיל אצטט יש ענני אלקטרונים גדולים יותר, אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות שלו חזקות יותר. נדרשת אנרגייה רבה יותר כדי לנתק את הכוחות שבין המולקולות של אתיל אצטט. לפיכך לאתיל אצטט יש טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר מזו של דיאתיל אתר.

מכאן משתמע שטמפרטורת הרתיחה של דיאתיל אתר היא 35°C .

בין המולקולות של בוטאנול ושל חומצה בוטאנואית יש קשרי מימן (בנוסף לאינטראקציות ון-דר-ולס). במולקולות של חומצה בוטאנואית יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן מאשר במולקולות של בוטאנול. לכן הכוחות שבין המולקולות של חומצה בוטאנואית חזקים מהכוחות שבין המולקולות של בוטאנול. נדרשת אנרגייה רבה יותר כדי לנתק את הכוחות שבין המולקולות של חומצה בוטאנואית. לפיכך, מבין ארבעת התרכובות, לחומצה הבוטאנואית יש טמפרטורת רתיחה הגבוהה ביותר 164°C .

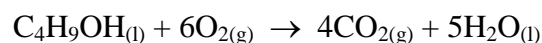
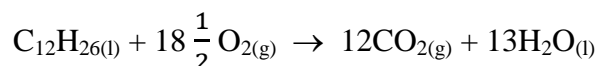
תת-סעיף iii

אטום הפחמן, הקשור לקבוצה ההידרוקסילית במולקולת בוטאנול, בעל דרגת חמצון (-1), ואילו אטום הפחמן, שהוא חלק מהקבוצה הקרבוקסילית במולקולה של חומצה בוטאנואית, הוא בעל דרגת חמצון (+3). לכן בתגובת הקבלה של חומצה בוטאנואית מבוטאנול, בוטאנול עובר חמצון, לכן יש צורך בחומר מחמצן.

לנחושת, $\text{Cu}_{(s)}$, דרגת חמצון (0) והיא יכולה רק לחזר.

ליוני נחושת בנחושת חמצנית, $\text{CuO}_{(s)}$, דרגת חמצון (+2) ויונים אלה יכולים רק לחמצן. לכן נחושת חמצנית היא מחמצן.

תת-סעיף iv



סעיף ד

תת-סעיף i

היגד I לא נכון.

בנוכחות הזרז התגובה מתרחשת במסלול חלופי עם אנרגיית שפעול נמוכה יותר מאנרגיית השפעול של התגובה ללא זרז. בנוכחות זרז גדל מספר המולקולות להן יש אנרגייה מספקת כדי ליצור תצמידים משופעלים. מספר התנגשויות פוריות ביחידת זמן גדל, וקצב התגובה מהיר יותר.

הזרז לא מוריד את אנרגיית השפעול .

היגד II נכון.

כתוצאה מעליית הטמפרטורה גדלה האנרגייה הקינטית של מולקולות המגיבים, גדל הסיכוי להתנגשויות בין המולקולות של המגיבים, גדל הסיכוי להיווצרות תצמידים משופעלים ביחידת זמן. לכן יש סיכוי גדול יותר להתנגשויות פוריות רבות יותר ביחידת זמן. ולכן קצב תגובה עולה .

היגד III נכון.

ככל שריכוז המגיבים גדול יותר יש יותר מולקולות של מגיבים ביחידת נפח, ולכן תהיינה יותר התנגשויות בין מולקולות המגיבים ביחידת זמן, ייווצרו יותר תצמידים משופעלים ביחידת זמן, ומכאן שיהיו יותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן. לכן קצב תגובה יעלה.

תת-סעיף ii

תיקון היגד I:

בנוכחות זרז התגובה מתרחשת במסלול חלופי עם אנרגיית השפעול נמוכה יותר מאנרגיית השפעול של התגובה ללא זרז.

סעיף ה

אחת מן הדרכים:

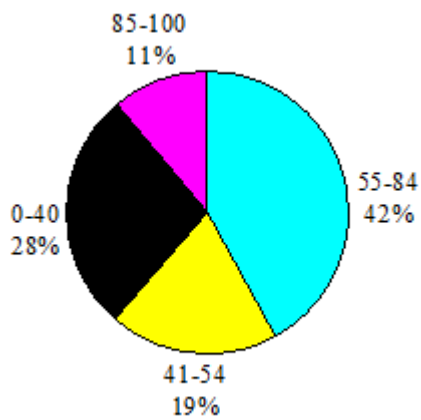
- שימוש במעכבי בעירה כגון אלומיניום הידרוקסיד ומגנזיום הידרוקסיד, שמתפרקים בטמפרטורה גבוהה תוך קליטת האנרגייה (תגובה אנדותרמית) הנפלטת בתהליך הבעירה. הדבר גורם לקירור המערכת.
- בידוד המערכת על ידי אפר גורם להקטנה של אספקת החמצן.
- שימוש בחומרים הפולטים פחמן דו-חמצני המונע אספקת חמצן למערכת.
- שימוש במים גורם לקירור המערכת, אך שימוש זה אינו מתאים בכל סוגי השריפות.

ניתוח שאלה 10

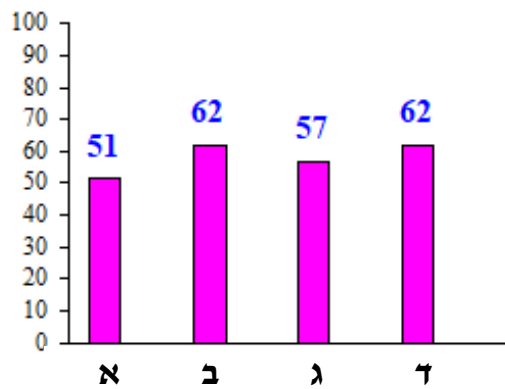
מבנה האטום, מחזוריות, מבנה וקישור

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 65% מהתלמידים

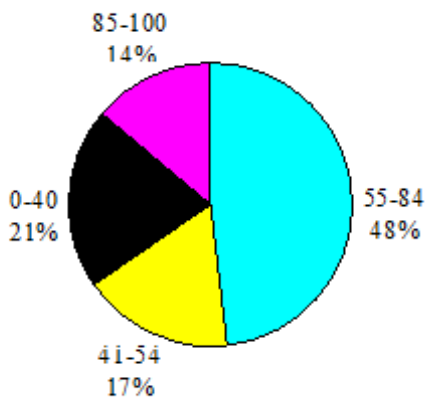


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 55
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

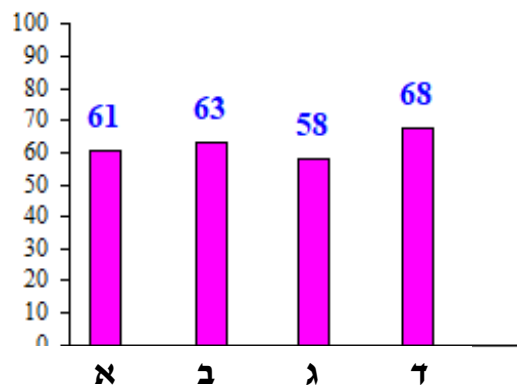


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 64% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לציין חלקיקים שמהם מורכבים חומרים מסוגים שונים.
- לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של היונים המרכיבים תרכובת יונית.
- להסביר את ההבדלים בגודל של יונים שונים.
- לקבוע מספר פרוטונים, מספר נויטרונים ומספר אלקטרונים ביונים שמהם מורכבת תרכובת יונית (על פי מספר אטומי ומספר מסה).
- להסביר את פעילות הגורמים המשפיעים על רדיוס אטומי של חלקיקים.
- להסביר את ההבדלים בערכים של אנרגיית יינון ראשונה של אטומי יסודות שונים על פי מיקומם במערכת המחזורית.
- להבחין בין סוגים שונים של חומרים, בין חלקיקים שמהם מורכבים חומרים, בין קשרים שיש בין חלקיקים בחומר.
- להבחין בין רמה מאקרוסקופית לרמה מיקרוסקופית.
- לציין מאפיינים של המבנה המיקרוסקופי של גרפיט.
- להסביר את המוליכות החשמלית של גרפיט.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

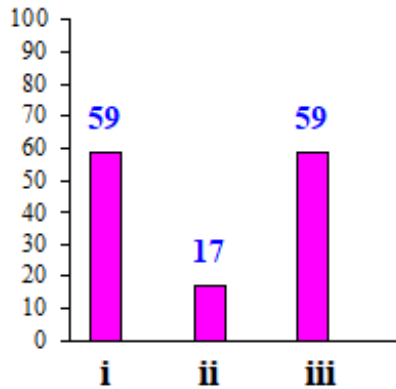
הטלפון החכם מכיל חומרים שיש בהם למעלה מ- 70 יסודות: מתכות ואל-מתכות, יסודות נפוצים ויסודות נדירים.

סעיף א' (הציון בשאלון 037381 51)

(הציון בשאלון 037387 61)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

המרכיבים העיקריים של זכוכית המסך בטלפון החכם הם: צורן דו-חמצני, $\text{SiO}_2(\text{s})$,
נתרן חמצני, $\text{Na}_2\text{O}(\text{s})$, ואלומיניום חמצני, $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$.



תת-סעיף i (הציון 59)

העתק את הטבלה שלפניך למחברת הבחינה, והשלם אותה.

$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$	$\text{SiO}_2(\text{s})$	
		סוג החלקיקים בחומר
		סוג הקשרים בין החלקיקים

התשובה

$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$	$\text{SiO}_2(\text{s})$	
יוני Al^{3+} ויוני O^{2-} (ביחס של 2:3) או: יונים חיוביים (של אלומיניום) ויונים שליליים (של חמצן). או: יונים	אטומי צורן ואטומי חמצן (ביחס של 1:2) או: אטומים	סוג החלקיקים בחומר
קשרים יוניים או: משיכה חשמלית בין היונים החיוביים והשליליים	קשרים קוולנטיים או: משיכה חשמלית בין אלקטרוני הקשר לבין גרעיני האטומים שמתתפים בקשר	סוג הקשרים בין החלקיקים

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. קביעת סוגי החלקיקים בחומרים וסוגי הקשרים בין חלקיקים אלה הייתה קשה לחלק ניכר מהתלמידים, שלא הצליחו לזהות את סוגי החומרים. הטעויות האופייניות:

- ♦ עבור החומר $\text{SiO}_2(\text{s})$: קביעה שגויה של סוג החלקיקים וסוג הקשרים, חוסר הבחנה בין מבנה החומר לבין הקשרים בין חלקיקי החומר:
 - " $\text{SiO}_2(\text{s})$ בנוי ממולקולות."
 - "הקשרים בין המולקולות של $\text{SiO}_2(\text{s})$ הם קשרי ון-דר-ולס."
 - "בין המולקולות של $\text{SiO}_2(\text{s})$ קיימים קשרים מולקולריים."
- ♦ עבור החומר $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$: קביעה שגויה של סוג החלקיקים וסוג הקשרים, בלבול בין יונים לאטומים ובין יונים לחומר:
 - " $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ בנוי ממתכת ומאל-מתכת."
 - " $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ בנוי מאטומי Al ומאטומי חמצן."
 - "בין האטומים ב- $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ יש אינטראקציות ון-דר-ולס."

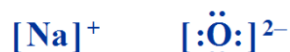
המלצות

מומלץ לשלב את נושא "מבנה וקשור" בכל נושאי הלימוד הנלמדים. לדוגמה: כאשר מבקשים מהתלמידים לרשום נוסחה של חומר, מומלץ לשאול גם מהו מבנה החומר, מאילו חלקיקים החומר מורכב. כך תלמידים יתרגלו את סוגי מבנה החומר והחלקיקים שמהם מורכב החומר. מומלץ להדגיש שיש להתייחס למבנה החומר ברמה מיקרוסקופית. מומלץ לשים לב למבנה של החומרים האטומריים וללמד את התלמידים לזהות את ארבעה החומרים האטומריים המופיעים בתוכנית הלימודים (יהלום, גרפיט, צורן, צורן חמצני).

תת-סעיף ii (הציון 17)

רשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של החלקיקים שהתרכובת $\text{Na}_2\text{O}(\text{s})$ מורכבת מהם.

התשובה

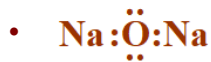


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים לא יודעים כיצד לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של יונים חד-אטומיים. הטעויות האופייניות:

♦ רישום של נוסחת ייצוג אלקטרונית למולקולה :



♦ רישום נוסחת ייצוג אלקטרונית לאטום נתרן ולאטום חמצן במקום ליונים :



♦ רישום שמונה אלקטרונים סביב הנתרן ללא סימון המטען :



המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את כללי הרישום של נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של חלקיקים שונים. מומלץ לתרגל כתיבת נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של יונים חד-אטומיים. מומלץ לחדד את ההבדל בין נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות לבין נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של יונים.

תת-סעיף iii (הציון 59)

כדי לחזק את זכוכית המסך מחליפים חלק מיוני הנתרן ביונים גדולים יותר. לשם כך טובלים את זכוכית המסך בתרכובת יונית מותכת מתאימה. קבע איזו תרכובת מתאימה לתהליך זה : ליתיום חנקתי, $\text{LiNO}_3(\text{l})$, או אשלגן חנקתי, $\text{KNO}_3(\text{l})$. נמק את קביעתך.

התשובה

קביעה :

התרכובת $\text{KNO}_3(\text{l})$.

נימוק :

(נתון כי חלק מיוני Na^+ מוחלפים ביונים גדולים יותר.)

בתרכובת $\text{KNO}_3(\text{l})$ יש יוני K^+ .

ביוני K^+ יש אלקטרונים בשלוש רמות אנרגייה, ואילו ביוני Na^+ יש אלקטרונים בשתי רמות

אנרגייה. (או : ביוני K^+ יש יותר רמות אנרגייה מאוכלסות מאשר ביוני Na^+ .)

לכן יוני K^+ גדולים מיוני Na^+ .

(או : הרדיוס של יוני K^+ גדול מהרדיוס של יוני Na^+ .)

לפיכך התרכובת $\text{KNO}_3(\text{l})$ מתאימה להחליף חלק מיוני Na^+ בזכוכית המסך.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע איזה יון גדול מיון Na^+ : יון Li^+ או יון K^+ . הטעויות האופייניות :

- ◆ קביעה שגויה וניסיון לנמקה, המשקף חוסר הבנה של כללים לקביעת גודל רדיוס אטומי וחוסר הבחנה בין סיבה לתוצאה :
- "המטען הגרעיני של Li קטן יותר, לכן הרדיוס גדול יותר."
- " LiNO_3 , כי ב- Li יש פחות אלקטרונים."
- " LiNO_3 , כי ל- Li יש אנרגיית יינון גבוהה יותר."
- ◆ קביעה נכונה המלווה באמירות כלליות במקום נימוק :
- "לאורך השורה הרדיוס קטן ולאורך הטור הרדיוס גדל."

המלצות

- מומלץ להבהיר לתלמידים מה הם הגורמים המשפיעים על גודל הרדיוס האטומי / הרדיוס היוני :
- מספר רמות אנרגייה מאוכלסות באטום
 - מספר פרוטונים בגרעין האטום.
- מומלץ להסביר כיצד כל אחד מהגורמים משפיע על גודל הרדיוס האטומי / הרדיוס היוני. מומלץ לתרגל נושא זה תוך בקשת הסבר בכל תרגיל.

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 62)

(הציון בשאלון 037387 63)

מסך המגע, שנמצא מתחת לזכוכית, בנוי משכבה שקופה של תחמוצת אינדיום, $\text{In}_2\text{O}_3(\text{s})$, וחומרים נוספים. האיזוטופ השכיח של אינדיום הוא $^{115}_{49}\text{In}$.

מהו מספר הפרוטונים, מספר הנויטרונים ומספר האלקטרונים בחלקיקי האינדיום בתרכובת $^{115}\text{In}_2\text{O}_3(\text{s})$?

התשובה

(התרכובת In_2O_3 מורכבת מיוני אינדיום, In^{3+} , ומיוני חמצן, O^{2-}).

מספר האלקטרונים	מספר הנויטרונים	מספר הפרוטונים	החלקיק
46	66	49	$^{115}_{49}\text{In}^{3+}$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לקבוע את מספר הפרוטונים, מספר הנויטרונים ומספר האלקטרונים ביון האינדיום.
הבעיה העיקרית היא חוסר הבחנה בין יוני אינדיום לבין אטומי אינדיום, וכתוצאה מכך רישום שביון אינדיום יש 49 אלקטרונים.
טעות אופיינית נוספת היא הכפלת מספר הפרוטונים, מספר הנויטרונים ומספר האלקטרונים, כי בנוסחת התרכובת רשומים שני יונים של אינדיום:

מספר האלקטרונים	מספר הנויטרונים	מספר הפרוטונים	החלקיק
92	132	98	${}_{49}^{115}\text{In}^{3+}$

המלצות

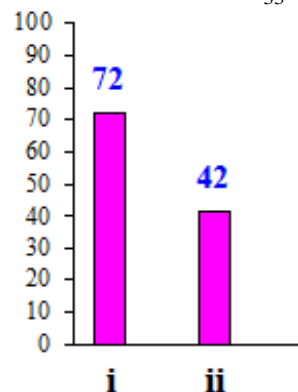
מומלץ להבהיר לתלמידים כיצד קובעים את מספר הפרוטונים, מספר הנויטרונים ומספר האלקטרונים ביון על פי מספר אטומי ומספר מסה של אטומי היסוד. מומלץ לבקש מהתלמידים להסביר את תשובתם לכל תרגיל.

סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 57)

(הציון בשאלון 037387 58)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

השבב האלקטרוני בנוי מצורן, $\text{Si}_{(s)}$, בתוספת אטומים של יסודות כמו: זרחן, ${}_{15}\text{P}$, גאליום, ${}_{31}\text{Ga}$, או ארסן, ${}_{33}\text{As}$.



תת-סעיף i (הציון 72)

אנרגיית היינון הראשונה של צורן, Si, היא $789 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

אנרגיית היינון הראשונה של זרחן, P, היא $1012 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

הסבר מדוע אנרגיית היינון הראשונה של זרחן, P, גבוהה מאנרגיית היינון הראשונה של צורן, Si.

התשובה

שני היסודות נמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית.

באטומי Si ובאטומי P יש אותו מספר של רמות אנרגייה מאוכלסות (או: המכילות אלקטרונים).

המטען הגרעיני של אטום P גדול מהמטען הגרעיני של אטומי Si.

(או: 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.

ולכן אנרגיית היינון הראשונה של זרחן גבוהה מאנרגיית היינון הראשונה של צורן.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הצליחו להסביר את ההבדלים בערכים של אנרגיית יינון ראשונה של אטומי יסודות שונים על פי מיקומם במערכת המחזורית. יחד עם זאת חלק מהתלמידים כתבו הסברים לא רלוונטיים, כלליים או חלקיים:

- "לזרחן יש יותר אלקטרוני ערכיות, ולכן המשיכה לגרעין גדולה יותר."
- "לזרחן יותר פרוטונים ונויטרונים, לכן צריך להשקיע יותר אנרגייה."
- "ככל שמתקדמים ימינה בטבלה המחזורית כך אנרגיית היינון גדלה."

תת-סעיף ii (הציון 42)

לפניך שני ערכים של אנרגיית יינון: $947 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ו- $1251 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

מהו הערך המתאים עבור אנרגיית היינון הראשונה של ארסן, As? נמק.

התשובה

קביעה:

הערך המתאים עבור אנרגיית היינון של As הוא $947 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

נימוק:

שני היסודות נמצאים באותו טור בטבלה המחזורית. היסוד P נמצא בשורה השלישית של הטבלה

המחזורית בעוד שהיסוד As נמצא בשורה הרביעית.

באטומי P האלקטרון יוצא מהרמה האנרגטית השלישית ואילו באטומי As האלקטרון יוצא מהרמה האנרגטית הרביעית, שהיא רחוקה יותר מהגרעין. כוחות המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין הגרעין חלשים יותר באטומי As מאשר באטומי P. נדרשת פחות אנרגייה כדי להוציא אלקטרון מאטומי As. לכן אנרגיית היינון הראשונה של ארסן נמוכה מאנרגיית היינון הראשונה של זרחן.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. יותר ממחצית התלמידים לא הצליחו לבחור בערך הנכון של אנרגיית היינון הראשונה של ארסן. תלמידים אלה לא הפנימו שקודם כל יש לבדוק את מספר רמות אנרגייה מאוכלסות באטום, כי גורם זה משפיע יותר על כוח המשיכה בין האלקטרון לגרעין מאשר מספר הפרוטונים בגרעין האטום. הטעויות האופייניות:

- ◆ קביעה שגויה בגלל בדיקת הגורם של מספר הפרוטונים בגרעין האטום בלבד:
- "1251 $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ כי לארסן מספר פרוטונים גדול יותר."
- ◆ קביעה שגויה עקב הסקת מסקנה שגויה מבדיקת מספר רמות אנרגיה מאוכלסות בשני האטומים:
- "ככל שמספר השורות עולה אנרגיית היינון עולה. ארסן בשורה רביעית וזרחן בשורה שלישית ולכן האנרגיה שתידרש היא $1251 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$."
- ◆ קביעה שגויה עקב בדיקת גורם לא מתאים:
- "ל-As יש יותר אלקטרוני ערכיות מ-Si, ולכן אנרגיית היינון של As גבוהה יותר."

המלצות לתת-סעיפים i ו-ii

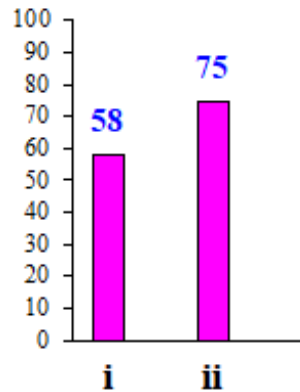
מומלץ להבהיר לתלמידים את משמעות ההגדרה של אנרגיית יינון ואת פעילות הגורמים המשפיעים על אנרגיית יינון. מומלץ לתרגל את סדר הפעולות בפתרון תרגילים: קודם כל בודקים את מספר רמות אנרגייה מאוכלסות באטומים, כי גורם זה משפיע יותר על כוח המשיכה בין האלקטרון לגרעין, ורק לאחר מכן בודקים את מספר הפרוטונים בגרעיני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

סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 62)

(הציון בשאלון 037387 68)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

הסוללה בטלפונים החכמים מכילה בין השאר גרפיט, $C_{(s)}$.



תת-סעיף i (הציון 58)

כתוב שלושה מאפיינים של המבנה המיקרוסקופי של גרפיט.

התשובה

שלושה מאפיינים מבין:

- הגרפיט בנוי מאטומים (או: מאטומי פחמן, C).
- לגרפיט מבנה של סריג אטומרי.
- לגרפיט מבנה ענק שבנוי משכבות (או: משטחים) של אטומי פחמן.
- בכל שכבה, כל אטום פחמן קשור בשלושה קשרים קוולנטיים יחידים לשלושה אטומי פחמן.
- (לאטומי C יש 4 אלקטרונים ערכיים).
- האלקטרון הרביעי של כל אחד מאטומי הפחמן בכל שכבה נותר בלתי מזווג.
- האלקטרונים האלה הם בלתי מאותרים ונעים בחופשיות בתוך השכבה.
- בין השכבות יש אינטראקציות ון-דר-ולס.
- האטומים מבצעים תנועה מסוג תנודה או: האטומים מסודרים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לכתוב מאפיינים של המבנה המיקרוסקופי של גרפיט.

הטעויות האופייניות:

- ♦ כתיבת מאפיינים לא נכונים בגלל חוסר ידע והבנה מהו המבנה של גרפיט:

- "בגרפיט בין מולקולות יש קשרי ון-דר-ולס."
- "לכל שכבה של גרפיט יש מבנה אטומרי."
- "בין אטומי הפחמן יש יונים חופשיים."
- "בין המולקולות של הגרפיט יש קשרים קוולנטיים."
- ◆ חוסר הבחנה בין מאפייני המבנה המיקרוסקופי לבין מאפייני המבנה המאקרוסקופי:
- "גרפיט מוליך חשמל."
- "טמפרטורת היתוך גבוהה."

המלצות

מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדלים בין רמה מאקרוסקופית לרמה מיקרוסקופית. מומלץ להקפיד על לימוד של כל המרכיבים של המבנה המיקרוסקופי של חומר: סוג החלקיקים, סוג הקשרים בין החלקיקים, סוג הסריג וסידור החלקיקים, אופני תנועה של החלקיקים. מומלץ לתרגל תיאור של חומרים שונים ברמה המאקרוסקופית ומיקרוסקופית. מומלץ להיעזר בנספח לסילבוס הנמצא באתר המפמ"ר: [דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות](#) (מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל). ובמסמך: [דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות](#), שהכינה גליה גויכברג. המסמך נמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

תת-סעיף ii (הציון 75)

גרפיט מוליך זרם חשמלי. הסבר מדוע.

התשובה

האלקטרונים הבלתי מאותרים חופשיים לנוע (או: ניידים). בהשפעת שדה חשמלי הם נעים בצורה מכוונת והם אחראים לכך שהגרפיט מוליך זרם חשמלי.

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

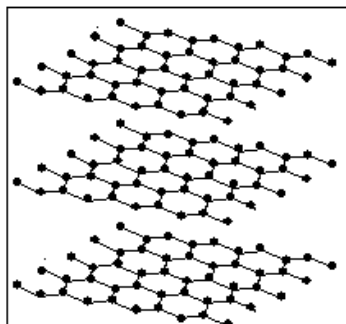
ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים הסבירו נכון מדוע גרפיט מוליך זרם חשמלי. יחד עם זאת אותרו טעויות אופייניות אחדות:

- ◆ חוסר ידע והבנה מה הם החלקיקים האחראים על מוליכות חשמלית בגרפיט:
- "גרפיט מוליך כי יש יונים ניידים."
- "גרפיט מוליך כי השכבות מאפשרות תנועה של חלקיקים."
- ◆ קביעה שגויה שלסוג הסריג של גרפיט:
- "גרפיט מתכת ולכן מוליכה חשמל."

המלצות

- מומלץ לסכם עם התלמידים את המידע על גרפיט:
- להציג לתלמידים אלקטרודות גרפיט ומוט גרפיט מעפרון, ולבקש לתאר את המבנה המאקרוסקופי של גרפיט.
 - לבקש מהתלמידים לתאר את המבנה המיקרוסקופי של גרפיט.
 - להציג מודלים שונים של מבנה הגרפיט תוך התייחסות לכך שבמודלים לא נראים אלקטרונים חופשיים. מודל לדוגמה:



- לבקש מהתלמידים להציע מודל גרפיט שבו נראים אלקטרונים חופשיים.
- לבקש לתאר ברמה מיקרוסקופית את השינויים המתרחשים בגרפיט בזמן שהוא מוליך חשמל ולהסביר כיצד אלקטרונים חופשיים גורמים להולכה חשמלית של גרפיט.

המלצות כלליות

- מומלץ להיעזר 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.
- מומלץ לקרוא את המאמר: [150 years since Mendeleev's discovery of the Periodic Law](#) מאת ד"ר אליק גרויסמן, The Israel Chemist and Chemical Engineer, נובמבר 2019.

שאלה נוספת לתרגול בנושאים: מבנה האטום, מחזוריות, מבנה וקישור

נתונים אטומיים של ארבעה יסודות עם מספרים אטומיים עוקבים בטבלה המחזורית, שסומנו באופן שרירותי באותיות: W, X, Y, Z (אות W מסמנת אטום היסוד עם המספר האטומי הקטן ביותר). יסוד Y נמצא במחזור השני (בשורה השנייה) של הטבלה המחזורית. לאטום של יסוד Y יש 8 אלקטרוני ערכיות.

סעיף א

נתונים ארבעה ערכים של אנרגיית יינון:

$$496 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \quad 2081 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \quad 1314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \quad 1681 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}.$$

תת-סעיף i

זהה את אטומי היסודות W, X, Y, Z .

תת-סעיף ii

התאם כל אחד מן הערכים הנתונים של אנרגיית יינון לאחד מן היסודות: W, X, Y, Z . נמק.

תת-סעיף iii

לאיזה מבין אטומי היסודות W, X, Y, Z יש רדיוס אטומי הגדול ביותר? נמק.

סעיף ב

נתונות נוסחאות התחמוצות של היסודות X ו- Z : X_2O ו- Z_2O .

תת-סעיף i

קבע את סוג החומר (מולקולרי, יוני, אטומרי) של כל אחת משתי התחמוצות הנתונות.

תת-סעיף ii

התיכו כל אחת מן התחמוצות הנתונות. כיצד ניתן להבחין בין שני הנוזלים שהתקבלו?

תת-סעיף iii

רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית עבור כל אחת משתי התחמוצות הנתונות.

סעיף ג

חנקן, $N_2(g)$, ונתרן, $Na(s)$, מגיבים ביניהם ליצירת תרכובת.

תת-סעיף i

נסח ואזן את התגובה לקבלת תרכובת זו.

תת-סעיף ii

ציין שני מאפיינים ברמה המאקרוסקופית של התרכובת שהתקבלה.

תת-סעיף iii

רשום שני מאפיינים ברמה המיקרוסקופית של התרכובת שהתקבלה.

תת-סעיף iv

התיכו את התרכובת שהתקבלה. תאר ברמה המיקרוסקופית את התרכובת במצב נוזל.

התשובה

סעיף א

תת-סעיף i

O - W

F - X

Ne - Y

Na - Z

תת-סעיף ii

$$1314 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \text{W (O)}$$

$$1681 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \text{X (F)}$$

$$2081 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \text{Y (Ne)}$$

$$496 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \text{Z (Na)}$$

סידור אטומי היסודות הנתונים לפי מיקומם במערכת המחזורית.

טור	טור	טור	טור	טור	טור	טור	טור	
1	2	3	4	5	6	7	8	
					W (O)	X (F)	Y (Ne)	מחזור 2
Z (Na)								מחזור 3

גורמים המשפיעים על אנרגיית יינון :

(1) המרחק בין גרעין האטום לבין האלקטרון שהאנרגייה שלו היא הגדולה ביותר - אלקטרון זה נמצא ברמת האנרגייה הגבוהה ביותר. ככל שמרחק זה גדול יותר, אנרגיית האלקטרון גדולה יותר, המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין גרעין האטום חלשה יותר, ואנרגיית היינון נמוכה יותר.

(2) מספר פרוטונים בגרעין האטום. ככל שמספר פרוטונים בגרעין גדול יותר, המשיכה בין האלקטרון היוצא לבין גרעין האטום חזקה יותר, ואנרגיית היינון גבוהה יותר.

השפעת הגורם הראשון על אנרגיית יינון גדולה מזו של הגורם השני, שאליו מומלץ להתייחס כשמשווים בין אנרגיות יינון של שני אטומים, שבהם המרחק בין גרעין לאלקטרון שיוצא מן האטום דומה.

מספר פרוטונים בגרעין של אטום Ne גדול ממספר פרוטונים בגרעין של אטום F. המשיכה בין האלקטרון היוצא מאטום Ne לבין גרעין האטום חזקה יותר, ואנרגיית היינון גבוהה יותר. (המרחק בין גרעין לאלקטרון שיוצא מן האטום דומה בשני האטומים).

מספר פרוטונים בגרעין של אטום F גדול ממספר פרוטונים בגרעין של אטום O. המשיכה בין האלקטרון היוצא מאטום F לבין גרעין האטום חזקה יותר, ואנרגיית היינון גבוהה יותר. (המרחק בין גרעין לאלקטרון שיוצא מן האטום דומה בשני האטומים).

אנרגיית היינון של אטום Na היא הנמוכה ביותר בין האטומים הנתונים, כי המרחק בין גרעין האטום לאלקטרון שעוזב את האטום כתוצאה מהשקעת אנרגיית יינון, הוא הקטן ביותר. אלקטרון זה נמצא ברמת האנרגייה השלישית (לעומת האלקטרונים היוצאים משאר האטומים הנתונים, הנמצאים ברמת האנרגייה השנייה). לכן כוחות המשיכה בין הגרעין לבין אלקטרון זה חלשים ביותר.

תת-סעיף iii

לאטום היסוד (Na) Z יש רדיוס אטומי הגדול ביותר, מפני שלאטום Na יש שלוש רמות אנרגייה מאוכלסות, בעוד שלשאר האטומים יש רק שתי רמות אנרגייה מאוכלסות.

סעיף ב

תת-סעיף i

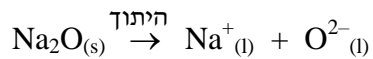
(F₂O) X₂O - חומר מולקולרי

(Na₂O) Z₂O - חומר יוני

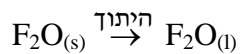
תת-סעיף ii

יש לבדוק מוליכות חשמלית בשני החומרים המותכים.

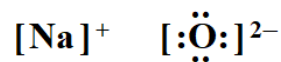
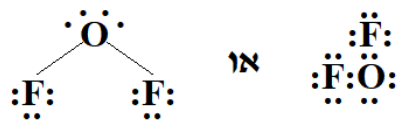
תחמוצת Na₂O_(l) מוליכה זרם חשמלי, כי במצב נוזל יש בה יונים ניידים:



תחמוצת F₂O_(l) אינה מוליכה זרם חשמלי, כי במצב נוזל אין בה יונים ניידים:

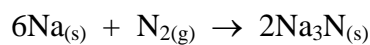


תת-סעיף iii



סעיף ג

תת-סעיף i



תת-סעיף ii

שניים מבין המאפיינים:

- התרכובת נמצאת במצב מוצק בתנאי החדר.

- התרכובת אינה מוליכה זרם חשמלי במצב מוצק.

- התרכובת מוליכה זרם חשמלי במצב נוזל.

תת-סעיף iii

שניים מבין המאפיינים:

- התרכובת מורכבת מיונים חיוביים Na⁺ ויונים שליליים N³⁻.

- בין יונים חיוביים Na^+ לבין יונים שליליים N^{3-} , שמקיפים אותו בשריג ולהפך, יש קשרים יוניים חזקים.
- היונים אינם ניידים.
- היונים נעים בתנודות בלבד.

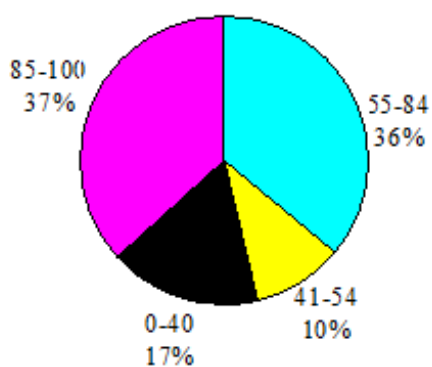
תת-סעיף iv

סוג החלקיקים: התרכובת מורכבת מיונים חיוביים Na^+ ויונים שליליים N^{3-} .
 סוג הקשרים בין החלקיקים וסידור החלקיקים: היונים החיוביים והשליליים קרובים זה לזה ולא מסודרים. יש כוחות משיכה חשמליים בין יונים חיוביים לבין יונים שליליים.
 אופני תנועה של החלקיקים: היונים נעים בתנודות וסיבוב בעיקר.

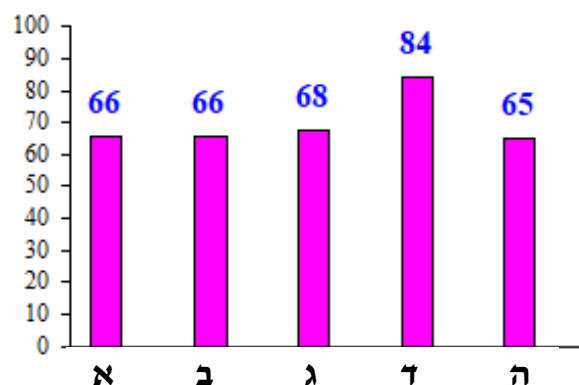
ניתוח שאלה 11 כימיה של מזון ואנרגייה

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 46% מהתלמידים

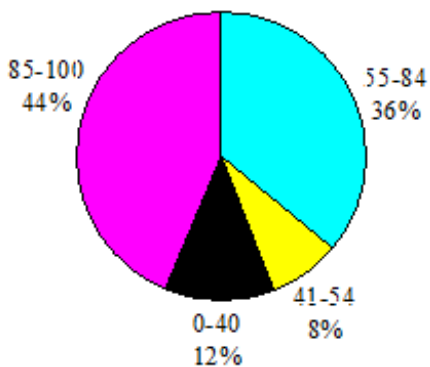


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: **69**
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

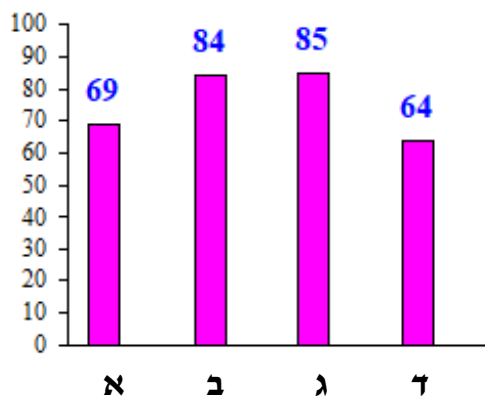


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 60% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לחשב את מסת השומן הנמצא ב- 100 גרם חמאה, על פי הנתונים.
- לרשום נוסחאות שונות של חומצות שומן: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה.
- לרשום ייצוג מקוצר לנוסחאות מבנה של טריגליצרידים, כולל קשרים אסטריים.
- להשוות בין טמפרטורות היתוך של חומצות שומן על פי הגורמים המשפיעים על טמפרטורה זו: גודל ענני אלקטרונים של מולקולות החומצה, סוג החומצה - רוויה או לא רוויה, מבנה של קשר כפול בחומצה לא רוויה - ציס או טרנס, חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס בין מולקולות החומצה.
- להשוות בין טמפרטורות ההיתוך של טריגליצרידים על פי חוזק הכוחות הבין מולקולריים התלוי בחומצות שומן המרכיבות טריגליצריד.
- לקשר בין גודל ענני אלקטרונים של טריגליצרידים מאותו סוג לבין החוזק של אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות שלהם.
- לחשב את שינוי האנתלפיה של התגובה על פי חוק הס.
- לחשב את שינוי האנתלפיה של התגובה לפי נתונים של אנתלפיות קשר.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

חמאה היא מוצר עתיר שומן המופק מחלב או משמנת בתהליך המכונה חיבוץ.

סעיף א' (הציון בשאלון 037381 66)

(הציון בשאלון 037387 69)

השומן מספק 99.4% מן הערך הקלורי של חמאה.
הערך הקלורי של 100 גרם חמאה הוא 733 קילו-קלוריות.
נתון: הערך הקלורי של 1 גרם שומן הוא 9 קילו-קלוריות.
חשב כמה גרם שומן יש ב- 100 גרם חמאה. **פרט את חישוביך.**

התשובה

$$733 \text{ kcal} \times \frac{99.4}{100} = 728.6 \text{ kcal} \quad \text{כמות האנרגיה שהשומן מספק:}$$

$$\frac{728.6 \text{ kcal}}{9 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}}} = 80.96 \text{ gr} \quad \text{מסת השומן ב- 100 גרם חמאה:}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים חישובו נכון את מסת השומן הנמצא ב- 100 גרם חמאה, על פי הנתונים, אך חלק מן התלמידים טעו. הטעות האופיינית היא התעלמות מן הנתון שהשומן מספק 99.4% מן הערך הקלורי של חמאה:

- $$\frac{733 \text{ kcal}}{9 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}}} = 81.4 \text{ gr}$$

המלצות

חלק מהתלמידים מתקשים בחישוב אחוזים. מומלץ לתרגל נושא זה.

שאלות לדוגמה:

שאלה 1

תזונאי הספארי הכין חטיף מיוחד לפיל יוסי. הערך הקלורי של החטיף הוא 18,000 קילו-קלוריות. השומנים תורמים 80% לערך הקלורי של החטיף, החלבונים - 16%, והפחמימות - 4%. נתון: הערך הקלורי של 1 גרם שומן הוא 9 קילו-קלוריות, של 1 גרם חלבון הוא 4 קילו-קלוריות ו- 1 גרם פחמימה הוא 4 קילו-קלוריות.

סעיף א'

חשב כמה גרם שומן יש בחטיף. פרט את חישוביך.

סעיף ב'

חשב את המסה של החטיף. פרט את חישוביך.

התשובה

סעיף א'

$$18,000 \text{ kcal} \times \frac{80}{100} = 14,400 \text{ kcal} \quad \text{כמות האנרגייה שמספק השומן שבחטיף:}$$

$$\frac{14,400 \text{ kcal}}{9 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}}} = 1,600 \text{ gr} \quad \text{המסה של השומנים בחטיף:}$$

סעיף ב'

כמות האנרגייה שמספקים החלבון והפחמימה שבחטיף:

$$18,000 \text{ kcal} - 14,400 \text{ kcal} = 3,600 \text{ kcal}$$

$$\frac{3,600 \text{ kcal}}{4 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}}} = 900 \text{ gr} \quad \text{המסה של החלבון בחטיף:}$$

$$1,600 \text{ gr} + 900 \text{ gr} = 2,500 \text{ gr} \quad \text{המסה של החטיף:}$$

שאלה 2

100 גרם במבה מכילים 17.5 גרם חלבון.

החלבון תורם 17.1% לערך הקלורי של במבה.

נתון: הערך הקלורי של 1 גרם חלבון הוא 4 קילו-קלוריות.

חשב את הערך הקלורי של 100 גרם במבה. פרט את חישוביך.

התשובה

$$4 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}} \times 17.5 \text{ gr} = 70 \text{ kcal} \quad \text{כמות האנרגייה שהחלבון מספק:}$$

$$\frac{70 \text{ kcal} \times 100\%}{13.1\%} = 534.4 \text{ kcal} \quad \text{הערך הקלורי של 100 גרם במבה:}$$

שאלה 3

חברת "חלב בריא" התחילה לשווק יוגורט חדש. היוגורט מגיע בגביעים של 200 גרם.

הערך הקלורי של גביע היוגורט הוא 116 קילו-קלוריות.

כל גביע מכיל 21 גרם חלבון.

נתון: הערך הקלורי של 1 גרם חלבון הוא 4 קילו-קלוריות.

מה הוא האחוז שתורם החלבון לערך הקלורי של גביע היוגורט? פרט את חישוביך.

התשובה

כמות האנרגייה שמספק החלבון הנמצא בגביע היוגורט : $4 \frac{\text{kcal}}{\text{gr}} \times 21 \text{ gr} = 84 \text{ kcal}$

האחוז שתורם החלבון לערך הקלורי של גביע היוגורט : $\frac{84 \text{ kcal} \times 100\%}{116\%} = 72.4\%$

פתיח לסעיפים ב'-ג'

מדענים מצאו שבחמאה יש למעלה מ- 200 סוגים של טריגליצרידים. לפניך טבלה המציגה את חומצות השומן העיקריות המרכיבות טריגליצרידים בחמאה.

אחוז	רישום מקוצר של חומצת השומן	סמל	חומצת השומן
12%	C14:0	M	חומצה מיריסטית
26%	C16:0	P	חומצה פלמיטית
11%	C18:0	S	חומצה סטארית
28%	C18:1 ω 9, cis	O	חומצה אולאית

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 66)

(הציון בשאלון 037387 84)

כאשר מוציאים חמאה מן המקרר, היא מתרככת בטמפרטורת החדר ואפשר למרוח אותה בקלות. לפניך רשימה של טריגליצרידים המצויים בחמאה :

MOO , SPS , SPM , MPO , SPP , POO

שלושה מן הטריגליצרידים שברשימה גורמים לחמאה להתרכך בטמפרטורת החדר. קבע מה הם שלושת הטריגליצרידים האלה. הסבר מדוע הם גורמים לריכוך החמאה.

התשובה

קביעה :

POO , MPO , MOO

הסבר :

- בטריגליצרידים אלה יש חומצה אולאית, שהיא חומצת שומן חד בלתי רוויה, שכל מולקולה שלה מכילה קשר כפול במבנה ציס.
- קשרים כפולים במבנה ציס יוצרים כיפוף במולקולות של הטריגליצרידים ומפריעים להתארגנות המולקולות באריזה צפופה.
- בין המולקולות נוצרות אינטראקציות ון-דר-ולס חלשות.
- כאשר מעבירים את החמאה לטמפרטורת החדר, אינטראקציות אלה נחלשות במידה רבה (או : האריזה נעשית פחות צפופה) ולכן החמאה מתרככת.

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

ניתוח טעויות אופייניות

בשאלון 037381 הציון בינוני, ובשאלון 037387 הציון גבוה.

רוב התלמידים קבעו נכון את שלושת הטריגליצרידים שגורמים לחמאה להתרכך בטמפרטורת החדר, אך חלק מהתלמידים טעו. הם לא התייחסו לנתוני השאלה ולא קישרו בין התרככות החמאה לנוכחות חומצות שומן לא רוויות בטריגליצרידים. אפשר למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "שלושת הטריגליצרידים הם SPP, SPS, SPM, כי הם מכילים חומצות שומן שענני אלקטרונים שלהן קטנים."
 - "הטריגליצרידים: SPP, SPM, SPS, כי יש בהם חומצות שומן רוויות, שטמפרטורת היתוך שלהן נמוכה יותר מחומצות שומן לא רוויות."
 - "הטריגליצרידים הם SPM, SPS, SPP. חומצות השומן שבגליצרידים אלה בעלות שטח מגע גדול יותר עם מולקולות הסביבה."
2. קביעה שגויה המלווה בנימוק חלקי שאינו כולל את כל המרכיבים הדרושים:
 - סוג הכוחות הבין מולקולריים.
 - השפעה של קשרים כפולים במבנה ציס במולקולות החומצה האוליאית על אריזת המולקולות במוצק.
 - הקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין טמפרטורת ההיתוך של טריגליצריד.

המלצות

מומלץ להרגיל את התלמידים להתייחס לנתוני השאלה, ולתרגל שאלות הדורשות אוריינות כימית. מומלץ להציג לתלמידים את הכתבה: [מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס?](#) הנמצאת באתר מכון דוידסון. בכתבה מוצגות דוגמאות לאריזת המולקולות של חומצות שומן שונות. לכתבה מצורף סרטון המתייחס להיבטים שונים של הנושא. מומלץ לתת לתלמידים לבצע [פעילויות מתוקשבות](#) בנושא "כימיה של מזון" הכוללות תרגול עם שימוש בטפסי גוגל. הפעילויות פותחו בטכניון על ידי מורים בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ, ונמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

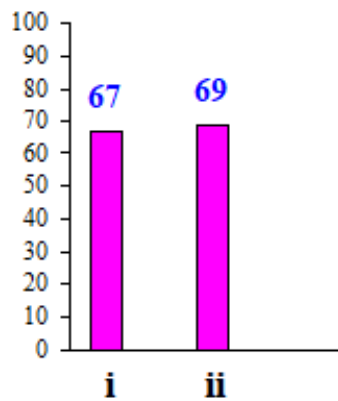
סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 68)

(הציון בשאלון 037387 85)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

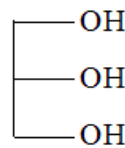
חומצה בוטירית, C4:0, היא מרכיב של אחוז קטן של טריגליצרידים בחמאה.

כאשר החמאה מתקלקלת, בגלל הידרוליזה של טריגליצרידים אלה, נוצרת חומצה בוטירית המפיצה ריח לא נעים.

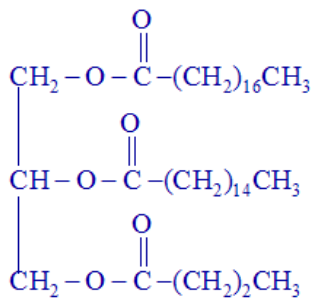


תת-סעיף i (הציון 67)

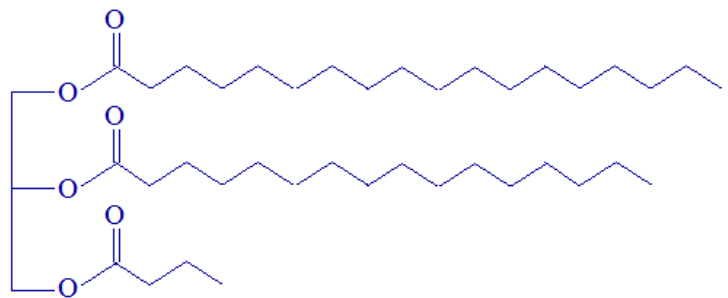
הטריגליצריד SPB הוא אחד מן הטריגליצרידים המורכב בין השאר מחומצה בוטירית. האות B היא הסמל של חומצה בוטירית. רשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של הטריגליצריד SPB. נתון הייצוג המקוצר לנוסחת המבנה של מולקולת גליצרול:



התשובה



או:

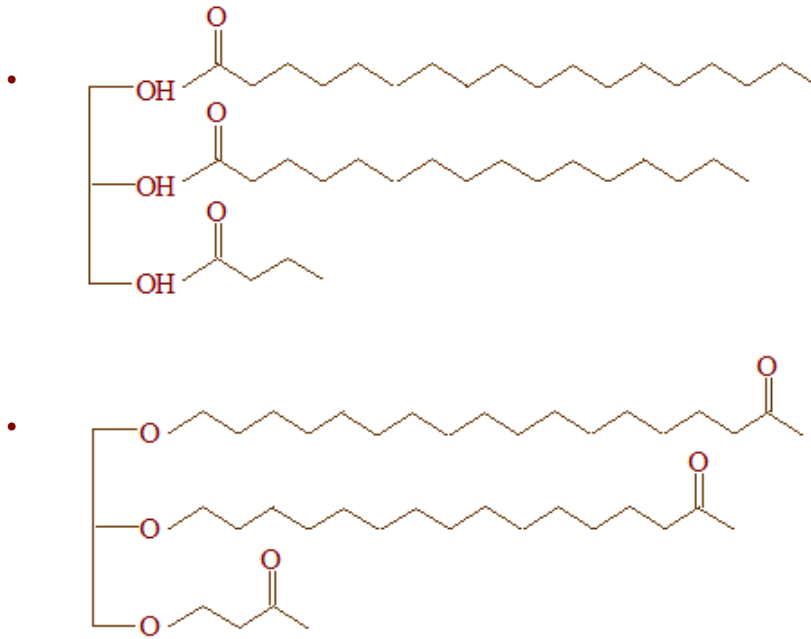


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני.

רוב התלמידים רשמו נוסחה נכונה, אך חלק מהתלמידים התקשו לחבר בין גליצרול לחומצות שומן ליצירת טריגליצריד. הבעיה העיקרית היא חוסר הבנה כיצד נוצר קשר אסטרי:



המלצות

מומלץ לבנות תרגול הדרגתי: תחילה לתרגל תגובות אסטור בין חומצות קרבוקסיליות לבין כוהלים, ורק לאחר מכן לעבור לתגובות היצירה של טריגליצרידים.

תת-סעיף ii (הציון 69)

האינטראקציות בין המולקולות של הטריגליצריד SPB חלשות מן האינטראקציות שבין המולקולות של הטריגליצריד SPP. ציין מהו הגורם לכך.

התשובה

(השוני בהרכב של שני הטריגליצרידים הוא בחומצת שומן אחת: חומצה בוטירית בטריגליצריד SPB לעומת חומצה פלמיטית בטריגליצריד SPP.)
 המספר הכולל של אלקטרונים (או: ענן האלקטרונים) במולקולות של הטריגליצריד SPB קטן מהמספר הכולל של אלקטרונים (או: ענן האלקטרונים) במולקולות של הטריגליצריד SPP.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין גודל ענני אלקטרונים של טריגליצרידים מאותו סוג לבין החוזק של אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות שלהם. הטעות האופיינית העיקרית היא חוסר התייחסות לאינטראקציות ון-דר-ולס תוך ציון גורמים שגויים או לא רלוונטיים:

- "ל-SPB אינטראקציות חלשות יותר כי חומצות שומן בטריגליצריד זה פחות רוויות."

- "שטח הפנים קטן יותר, ולכן הקשרים חלשים יותר."
- טעות אופיינית נוספת היא חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לקשרים תוך מולקולריים:
- "המולקולה SPP גדולה יותר ממולקולה SPB ובאינטראקציות במולקולות החזקות יותר."
- טעות נוספת במשפט זה היא שימוש במונח "מולקולה גדולה" במקום "ענן אלקטרוני גדול".

המלצות

מומלץ לבקש מהתלמידים להציע הרחבה לסעיף ג ii - לכלול בתרגיל חומצות שומן נוספות, כולל חומצות לא רוויות במבנה ציס ובמבנה טרנס, להשוות בין טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן שונות ועוד.

סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 84)

(הציון בשאלון 037387 64)

חומצות שומן, בצורה של טריגליצרידים, נאגרות בגוף בתאי שומן ומשמשות בין השאר מקור אנרגייה. חומצות השומן שבתאים עוברות שרשרת של תהליכים שבהם נוצרים פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$, ומים, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, בדומה לתגובת השרפה המלאה של תרכובות פחמן. תגובה (1) שלפניך היא תגובת השרפה המלאה של חומצה בוטירית.

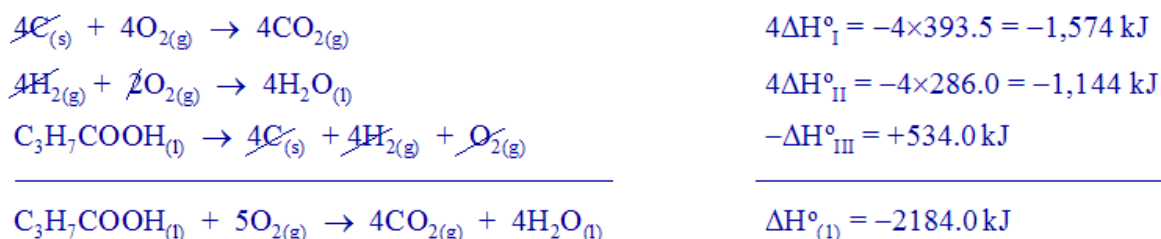


נתונות שלוש תגובות, III-I:



היעזר בנתונים אלה וחשב את הערך של $\Delta H^\circ_{(1)}$. פרט את חישוביך.

התשובה



או:

$$\Delta H^\circ_{(1)} = 4\Delta H^\circ_{\text{I}} + 4\Delta H^\circ_{\text{II}} - \Delta H^\circ_{\text{III}}$$

$$\Delta H^\circ_{(1)} = 4 \times (-393.5 \text{ kJ}) + 4 \times (-286.0 \text{ kJ}) - (-534.0 \text{ kJ}) = -2184.0 \text{ kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

בשאלון 037381 הציון גבוה, ובשאלון 037387 הציון בינוני.
רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים על פי חוק הס, אך חלק מהתלמידים טעו.
הטעויות האופייניות:

♦ התעלמות מהמקדמים בניסוח התגובה בביצוע החישוב:

$$\bullet \Delta H^\circ_{(1)} = (-393.5 \text{ kJ}) + (-286.0 \text{ kJ}) - (-534.0 \text{ kJ}) = -145.5 \text{ kJ}$$

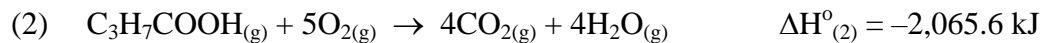
♦ טעויות בסימנים:

$$\bullet \Delta H^\circ_{(1)} = (-393.5 \text{ kJ}) + (-286.0 \text{ kJ}) - 534.0 \text{ kJ} = -1,213.5 \text{ kJ}$$

סעיף ה' (הציון בשאלון 037381 65)

(הציון בשאלון 037387 -)

במעבדה ביצעו את תגובה (2) שלפניך.



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיות קשר.

C=O (במולקולות CO ₂)	O-H (במולקולות H ₂ O)	הקשר
803	463	אנתלפיית הקשר ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$)

חשב את כמות האנרגייה שיש להשקיע כדי לפרק את כל הקשרים הקוולנטיים במגיבים,
בתגובה של 1 מול C₃H₇COOH_(g). פרט את חישוביך.

התשובה

X - כמות האנרגייה הדרושה לפירוק כל הקשרים הקוולנטיים במגיבים.

$$(\Delta H^\circ_{(2)} = X - (8\Delta H^\circ_{\text{C=O}} + 8\Delta H^\circ_{\text{O-H}}))$$

$$-2,065.6 = X - (8 \times 803 + 8 \times 463)$$

$$X = -2,065.6 + (8 \times 803 + 8 \times 463) = -2,065.6 + 6,424 + 3,704$$

$$X = +8,062.4 \text{ kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים חישבו נכון את כמות האנרגייה שיש להשקיע כדי לפרק את כל הקשרים הקוולנטיים במגיבים, אך חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות:

♦ חישוב שגוי עקב שימוש בנוסחה כללית לא נכונה:

- $$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_{\text{תוצרים}} - \Delta H^\circ_{\text{מגיבים}}$$

$$-2,065.6 = 8 \times 803 + 8 \times 463 - X$$

$$X = +12,193.6 \text{ kJ}$$

♦ טעויות בסימנים:

- $$2,065.6 = X - (8 \times 803 + 8 \times 463)$$

$$X = 4,785.6 \text{ kJ}$$

♦ אי הכפלת הערכים של אנתלפיות קשר במספר קשרים בכל מולקולה:

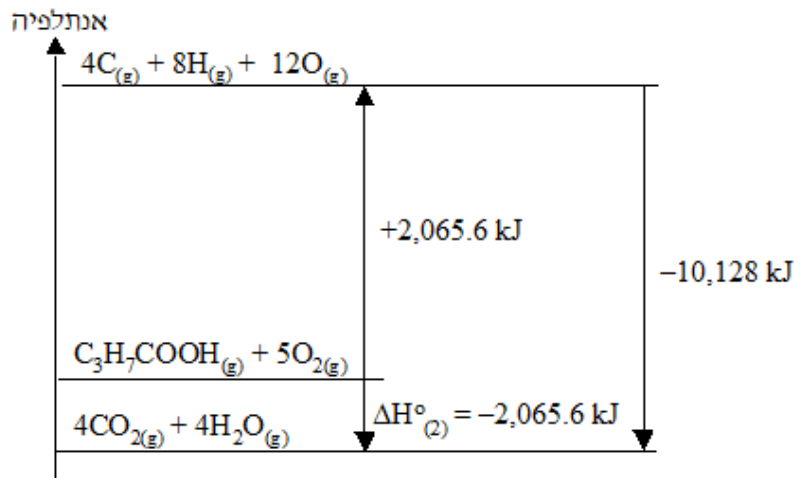
- $$-2,065.6 = X - 4 \times 803 + 4 \times 463$$

$$X = 7,129.6 \text{ kJ}$$

המלצות

מומלץ להיעזר בדיאגרמות אנרגייה בחישוב ΔH° בעזרת אנתלפיות קשר.

דיאגרמת אנרגייה לסעיף ה:



מומלץ להבהיר לתלמידים שיש לחשב את האנרגייה המושקעת בניתוק הקשרים שסימנה חיובי, ואת האנרגייה המשתחררת כאשר נוצרים קשרים שסימנה שלילי. לאחר מכן מחברים את האנרגייה המושקעת שסימנה חיובי עם האנרגייה השתחררת שסימנה שלילי.

שאלות נוספות לתרגול בנושאים: כימיה של מזון ואנרגיה

שאלה 1

נתון רישום מקוצר של שתי חומצות שומן: חומצה אולאית, C18:1 ω 9,cis וחומצה סטארית C18:0.

סעיף א

רשום נוסחה מולקולרית של כל אחת משתי חומצות השומן הנתונות.

סעיף ב

רשום ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של כל אחת משתי חומצות השומן הנתונות.

סעיף ג

קבע לאיזו משתי חומצות השומן הנתונות טמפרטורת ההיתוך גבוהה יותר. נמק.

התשובה

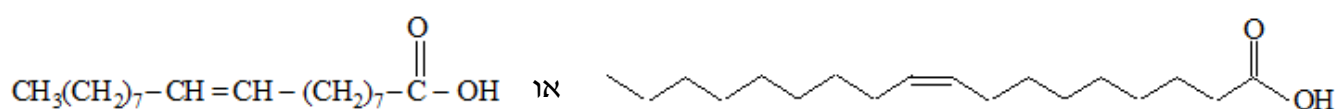
סעיף א

חומצה אולאית: C₁₈H₃₄O₂

חומצה סטארית: C₁₈H₃₆O₂

סעיף ב

חומצה אולאית:



חומצה סטארית:



סעיף ג

טמפרטורת ההיתוך של חומצה סטארית גבוהה יותר.

(הגודל של ענני האלקטרונים במולקולות של שתי החומצות דומה.)

בין המולקולות של שתי החומצות יש אינטראקציות ון-דר-ולס ומעט קשרי מימן.

חומצה סטארית היא חומצה רוויה - במולקולות שלה אין קשרים כפולים.

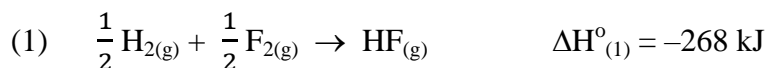
חומצה אולאית היא חומצה חד בלתי רוויה - בכל מולקולה שלה יש קשר כפול אחד במבנה ציס

אשר יוצר כיפוף במולקולה.

הכיפוף מפריע להתקרבות המולקולות שלא יכולות להסתדר באריזה צפופה, להבדיל ממולקולות של חומצה סטארית שהן ארוזות צפוף יותר. לכן בין המולקולות של חומצה סטארית יש אינטראקציות ון-דר-ולס חזקות יותר מאשר בין המולקולות של חומצה אולאית. נדרשת אנרגייה רבה יותר להחלשת הכוחות הבין מולקולריים בחומצה סטארית, ולכן טמפרטורת ההיתוך שלה גבוהה יותר.

שאלה 2

נתון ניסוח תגובה (1):



בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיות קשר.

הקשר	H-H	H-F
אנתלפיית הקשר ($\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$)	436	565

סעיף א

חשב את אנתלפיית קשר F-F. פרט את חישוביך.

סעיף ב

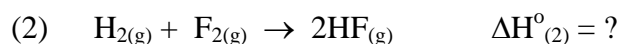
חשב את כמות האנרגייה שיש להשקיע כדי לפרק את כל הקשרים הקוולנטיים במגיבים. פרט את חישוביך.

סעיף ג

צייר את דיאגרמת האנרגייה עבור תגובה (1).

סעיף ד

נתון ניסוח תגובה (2):



קבע אם השינוי באנתלפיה התקנית, $\Delta H^\circ_{(2)}$, של תגובה (2) גדול מ- $\Delta H^\circ_{(1)}$, קטן ממנו או שווה לו. נמק ללא חישוב.

התשובה

סעיף א

$$\Delta H^\circ_{(1)} = \frac{1}{2} \Delta H^\circ_{\text{H-H}} + \frac{1}{2} \Delta H^\circ_{\text{F-F}} - \Delta H^\circ_{\text{H-F}}$$

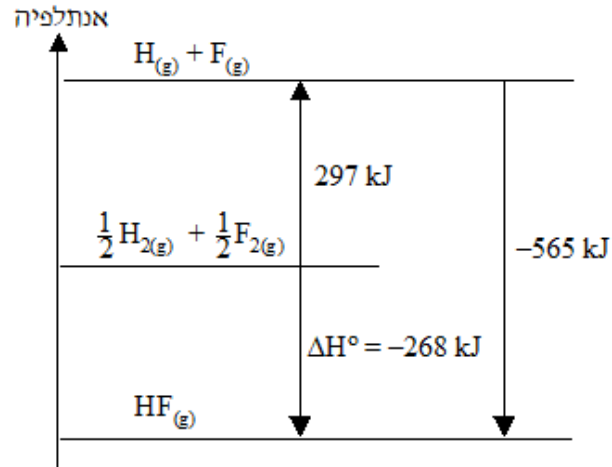
$$-268 = 0.5 \times 436 + 0.5 \times \Delta H^\circ_{\text{F-F}} - 565$$

$$\Delta H_{\text{F-F}}^{\circ} = 158 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

סעיף ב

$$\frac{1}{2} \Delta H_{\text{H-H}}^{\circ} + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{F-F}}^{\circ} = 0.5 \times 436 + 0.5 \times 158 = 297 \text{ kJ}$$

סעיף ג



סעיף ד

$\Delta H_{(2)}^{\circ}$ של תגובה (2) גדול מ- $\Delta H_{(1)}^{\circ}$.

ערכו של ΔH° קשור לניסוח תגובה מאוזן. בתגובה (2) המקדמים בניסוח התגובה כפולים מאלה

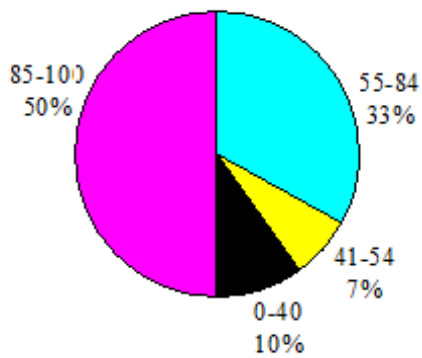
שבתגובה (1). לכן ערכו של $\Delta H_{(2)}^{\circ}$ כפול מערכו של $\Delta H_{(1)}^{\circ}$.

ניתוח שאלה 12

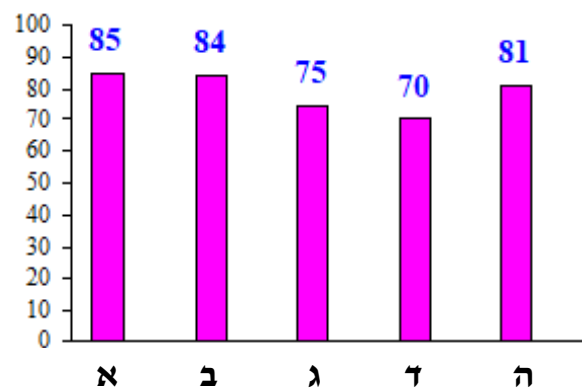
סטטיסטיקה

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 57% מהתלמידים

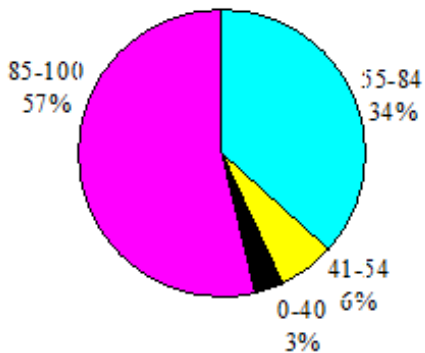


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 76
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

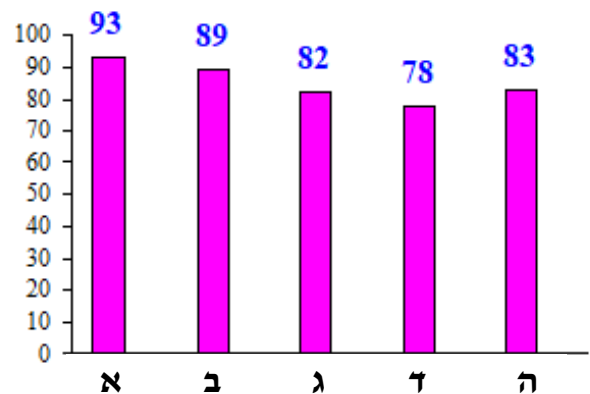


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 59% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 84
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

למצע חישובים סטויכיומטריים:

- לחשב מספר אטומי יסוד במדגם סגסוגת שמסתו נתונה.
- לעבור מריכוז החומר ביחידות גרם לליטר תמיסה לריכוז מולרי.
- לחשב על פי ניסוח התגובה את נפח הגז שנוצר בתגובה, כשנתונים נפח מולרי של גז בתנאי התגובה והמסה של התוצר הנוסף.
- לחשב על פי ניסוח התגובה את הנפח של תמיסת המגיב בריכוז נתון, הדרוש להפקת מספר מולים מסוים של התוצר.
- לחשב על פי ניסוח התגובה את מסת התוצר כשנתון נפח התמיסה של המגיב וריכוזה.
- לחשב על פי ניסוח התגובה את נפח הגז שהגיב בתגובה, כשנתונים נפח מולרי של גז בתנאי התגובה והריכוז המולרי של המגיב הנוסף.
- להסביר מדוע חומר יוני לא מוליך חשמל במצב מוצק ומוליך חשמל במצב נוזל.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

המתכת מגנזיום, $Mg_{(s)}$, משמשת בעיקר בתעשיית הרכב והתעופה. בדרך כלל משתמשים בסגסוגות של $Mg_{(s)}$ עם אלומיניום, $Al_{(s)}$, אך לפעמים מוסיפים לסגסוגת כמויות זעירות של מתכות אחרות, לדוגמה טיטניום, $Ti_{(s)}$ (המספר האטומי של טיטניום הוא 22).

סעיף א' (הציון בשאלון 037381 85)

(הציון בשאלון 037387 93)

ב- 1 ק"ג של אחת מן הסגסוגות של מגנזיום יש 0.1 גרם של $Ti_{(s)}$.
חשב כמה אטומי Ti יש ב- 1 ק"ג של סגסוגת זו. **פרט את חישוביך**.
נתון: במול אחד של חלקיקים יש $6.02 \cdot 10^{23}$ חלקיקים.

התשובה

$$\frac{0.1 \text{ gr}}{48 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.0021 \text{ mol}$$
 מספר המולים של $Ti_{(s)}$:

$$\frac{0.1 \text{ gr}}{47.9 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.0021 \text{ mol}$$
 או:

$$0.0021 \text{ mol} \times 6.02 \cdot 10^{23} \frac{\text{atoms}}{\text{mol}} = 1.2 \cdot 10^{21} \text{ atoms}$$
 מספר האטומים של $Ti_{(s)}$:
או: טבלה מסכמת לסעיף א'

גדלים	יחידות	$Ti_{(s)}$
מסה נתונה	gr	0.1
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	48
מספר מולים	mol	0.0021
מספר אבוגדרו	$\frac{\text{atoms}}{\text{mol}}$	6.02×10^{23}
מספר האטומים	atoms	1.2×10^{21}

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים הצליחו לחשב את מספר אטומי Ti ב- 1 ק"ג של סגסוגת. הופיעו טעויות מעטות, בעיקר טעויות חישוב וטעויות ביחידות, בלבול בין מספר אטומים למספר המולים של אטומים.

המלצות

מומלץ לתת לתלמידים תרגילים המכילים חישובים שונים: מספר חלקיקים שונים (מולקולות, אטומים, יונים), מספר מולים, מסה, נפח הגז ועוד. מומלץ לציין יחידות בתוך החישוב ולא רק בתוצאת החישוב.

פתיח לסעיפים ב'-ג'

בסוף המאה ה-20 הוקם בסדום מפעל להפקת המתכת $Mg_{(s)}$ כדי לנצל את הריכוז הגבוה של יוני מגנזיום, $Mg^{2+}_{(aq)}$, במי ים המלח.

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 84)

(הציון בשאלון 037387 89)

ריכוז יוני $Mg^{2+}_{(aq)}$ במי ים המלח הוא 39.2 גרם לליטר. חשב את הריכוז המולרי של יוני $Mg^{2+}_{(aq)}$ במי ים המלח. פרט את חישוביך.

התשובה

$$\frac{39.2 \text{ gr}}{24 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 1.63 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של יוני } Mg^{2+}_{(aq)} \text{ ב-1 ליטר מי ים המלח:}$$

$$\frac{39.2 \text{ gr}}{24.3 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 1.61 \text{ mol} \quad \text{או:}$$

$$1.61 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)} \quad \text{או:} \quad 1.63 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)} \quad \text{הריכוז המולרי של יוני } Mg^{2+}_{(aq)} \text{:}$$

או: טבלה מסכמת לסעיף ב'

גדלים	יחידות	יוני $Mg^{2+}_{(aq)}$
מסה נתונה	gr	39.2
מסה מולרית	$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	24
מספר מולים	mol	1.63
נפח התמיסה	liter	1
ריכוז מולרי	$\frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$	1.63

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים הצליחו לעבור מריכוז ביחידות גרם לליטר תמיסה לריכוז מולרי. אותרו טעויות מעטות:

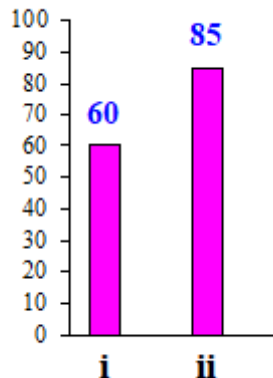
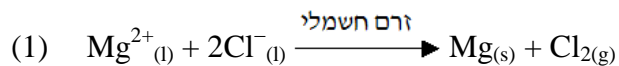
- ♦ טעות בחישוב המסה המולרית של יוני מגנזיום - התלמידים שטעו סבורים שלא לקטרוני יש מסה שווה לזו של פרוטון ורושמים "22 גרם למול".
- ♦ חוסר התייחסות לנפח התמיסה - מחשבים מספר המולים וכותבים שזהו ריכוז מולרי.

סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 75)

(הציון בשאלון 037387 82)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

ממי ים המלח מפיקים תערובת המכונה קרנליט, שאחד ממרכיביה הוא מגנזיום כלורי, $MgCl_{2(s)}$. באחד השלבים להפקת $Mg_{(s)}$ מתיכים את הקרנליט בטמפרטורה של $700^{\circ}C$ ומעבירים דרכו זרם חשמלי. בתנאים אלה מתרחשת תגובה (1).



תת-סעיף i (הציון 60)

הסבר מדוע צריך להתידך את הקרנליט לפני שמעבירים דרכו זרם חשמלי.

התשובה

כדי להפיק $Mg_{(s)}$ ממגנזיום כלורי יש להעביר דרכו זרם חשמלי. מגנזיום כלורי הוא חומר הבנוי מיונים (יוני Mg^{2+} ויוני Cl^{-}). מגנזיום כלורי הוא מוצק בטמפרטורת החדר.

במצב מוצק היונים אינם ניידים ולכן החומר אינו מוליך זרם חשמלי.
כאשר מתיכים את המגנזיום הכלורי היונים נעשים ניידים ולכן אפשר להעביר דרכו זרם חשמלי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הפנימו שחומר יוני לא מוליך חשמל במצב מוצק אלא רק במצב נוזל, כי במצב זה יש יונים ניידים. הטעויות האופייניות:

- ◆ חוסר הבנה מה קורה במהלך ההיתוך של חומר יוני:
- "היונים נוצרים בזמן ההיתוך."
- "במהלך ההיתוך נוצרים אלקטרונים חופשיים."
- "בזמן ההיתוך גדל מספר התנגשויות בין חלקיקי החומר."
- "בחומר יוני מותך יון חיובי נמשך ליון שלילי בתרכובת וכך מופק חשמל."
- ◆ חוסר הבחנה בין מצב נוזל של חומר לבין תמיסה מימית של אותו חומר:
- "בתהליך ההיתוך נוצרים יונים חופשיים המוקפים במולקולות המים."
- ◆ קביעה שגויה של סוג החומר וחוסר הבנה מהו ההיתוך:
- "הקרנליט הוא חומר מולקולרי במצב מוצק שמתפרק ליונים במצב נוזל."
- ◆ הסברים חלקיים:
- "חומר יוני מוליך בנוזל ולא במוצק."

המלצות

מומלץ לעבור על הסיכום בעמודים 20-21 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. מומלץ, בתור העשרה, להראות לתלמידים סרטון "[יסודות האלקטרוליזה](#)" המדגים, בין היתר, אלקטרוליזה של חומר יוני מותך, ולבצע עם התלמידים ניסויי אלקטרוליזה של תמיסות החומרים היוניים ולהסביר ברמה מיקרוסקופית כיצד מתרחש תהליך זה.

תת-סעיף ii (הציון 85)

חשב את הנפח של גז $\text{Cl}_2(\text{g})$ שמתקבל בעת הפקת 1 טון $\text{Mg}(\text{s})$. **פרט את חישוביך.**
נתון: ב- 1 טון יש 1,000,000 גרם (1×10^6 גרם).
בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 80 ליטר.

התשובה

$$\frac{1,000,000 \text{ gr}}{24 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 41,667 \text{ mol}$$

מספר המולים של $\text{Mg}(\text{s})$ ב- 1 טון:

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $Mg_{(s)}$ ל- $Cl_{2(g)}$ הוא 1:1

מספר המולים של $Cl_{2(g)}$ שנוצרו: 41,667 mol

הנפח של $Cl_{2(g)}$ בתנאי התגובה: $41,667 \text{ mol} \times 80 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 3,333,360 \text{ liter}$

או: טבלה מסכמת לתת-סעיף ג' ii:

$Mg^{2+}_{(l)} + 2Cl^{-}_{(l)} \rightarrow Mg_{(s)} + Cl_{2(g)}$				יחידות	גדלים
1	2	1	1		יחס המולים בניסוח התגובה
		1,000,000		gr	מסה נתונה
		24		$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
		41,667	41,667	mol	מספר מולים
			80	$\frac{\text{liter}}{\text{mol}}$	נפח מולרי של גז
			3,333,360	liter	נפח הגז

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים הצליחו לבצע נכון חישובים סטויכיומטריים על פי ניסוח התגובה - לחשב את נפח הגז שנוצר בתגובה כשנתונים נפח מולרי של גז בתנאי התגובה והמסה של התוצר הנוסף. אותרו טעויות מעטות. הטעות האופיינית העיקרית היא חישוב מספר המולים של כלור על פי המסה של מגנזיום:

- $\frac{1,000,000 \text{ gr}}{71 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 14,084 \text{ mol}$

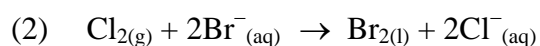
סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 70)

(הציון בשאלון 037387 78)

חלק מן ה- $Cl_{2(g)}$ המופק במפעל המגנזיום משמש להפקת ברום, $Br_{2(l)}$.

מזרימים גז $Cl_{2(g)}$ לתמיסה המכילה יוני ברום, $Br^{-}_{(aq)}$.

מתרחשת תגובה (2).



הריכוז של יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ בתמיסה המשמשת להפקת $\text{Br}_{2(\text{l})}$ הוא 0.125 M .
 חשב את נפח התמיסה הדרוש להפקת 1,000 מול $\text{Br}_{2(\text{l})}$. פרט את חישוביך .

התשובה

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $\text{Br}_{2(\text{l})}$ ליוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ הוא 2:1 .

מספר המולים של יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ הדרושים לקבלת 1000 מול $\text{Br}_{2(\text{l})}$:

$$2000 \text{ mol}$$

$$\frac{2000 \text{ mol}}{0.125 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = 16,000 \text{ liter}$$

נפח התמיסה הדרוש :

או : טבלה מסכמת לסעיף ד' :

$\text{Cl}_{2(\text{g})} + 2\text{Br}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Br}_{2(\text{l})} + 2\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$				יחידות	גדלים
1	2	1	2		יחס המולים בניסוח התגובה
	2000 ← 1000			mol	מספר מולים
	0.125			$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}(\text{M})$	ריכוז התמיסה
	16,000			liter	נפח התמיסה

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים חישבו נכון את נפח התמיסה הדרוש להפקת 1,000 מול $\text{Br}_{2(\text{l})}$, כשנתון

הריכוז של יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ בתמיסה ההתחלתית, אך חלק מהתלמידים טעו :

- ♦ דילוג על יחס המולים בניסוח התגובה וחישוב לפי היחס 1:1 .
- ♦ התייחסות ליחס המולים כאל יחס הריכוזים תוך התייחסות לברום כאל מומס במים :
- $\frac{0.125}{2} = 0.0625 \text{ M}$

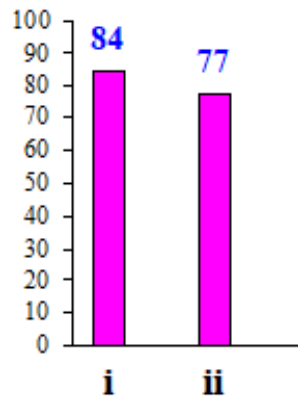
סעיף ה' (הציון בשאלון 037381 81)

(הציון בשאלון 037387 83)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

במעבדה ביצעו ניסוי להפקת ברום על פי תגובה (2).

הזרימו גז $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ ל- 100 מ"ל תמיסה המכילה יוני $\text{Br}^-_{(\text{aq})}$ בריכוז 0.5 M . החומרים הגיבו במלואם.



תת-סעיף i (הציון 84)

חשב את המסה של $\text{Br}_{2(l)}$ שהתקבל. פרט את חישוביך.

התשובה

מספר המולים של יוני $\text{Br}^-_{(aq)}$ שהגיבו: $0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.1 \text{ liter} = 0.05 \text{ mol}$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ-2 מול יוני $\text{Br}^-_{(aq)}$ נוצר 1 מול $\text{Br}_{2(l)}$.

מספר המולים של $\text{Br}_{2(l)}$ שנוצרו: $\frac{0.05 \text{ mol}}{2} = 0.025 \text{ mol}$

המסה המולרית של $\text{Br}_{2(l)}$: $160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

המסה של $\text{Br}_{2(l)}$ שהתקבלה: $0.025 \text{ mol} \times 160 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 4.0 \text{ gr}$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים חישבו נכון על פי ניסוח התגובה, את מסת התוצר, כשנתון נפח התמיסה של

המגיב וריכוזה. אותרו טעויות מעטות:

♦ חישוב שגוי של המסה המולרית של ברום:

- $M_{\text{Br}_{2(l)}} = 80 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

♦ יחס המולים שגוי:

• "יחס המולים בניסוח התגובה הוא 1:1."

תת-סעיף ii (הציון 77)

חשב את הנפח של גז $\text{Cl}_2(\text{g})$ שהגיב. פרט את חישוביך.
נתון: בתנאי הניסוי הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר.

התשובה

(מספר המולים של $\text{Br}_2(\text{l})$ שנוצרו הוא 0.025 מול.)

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $\text{Cl}_2(\text{g})$ ל- $\text{Br}_2(\text{l})$ הוא 1:1.

מספר המולים של $\text{Cl}_2(\text{g})$ שהגיבו: 0.025 mol
או:

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $\text{Cl}_2(\text{g})$ ליוני Br^- (aq) הוא 2:1.

מספר המולים של $\text{Cl}_2(\text{g})$ שהגיבו: $\frac{0.05 \text{ mol}}{2} = 0.025 \text{ mol}$

נפח ה- $\text{Cl}_2(\text{g})$ שהגיב: $0.025 \text{ mol} \times 25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 0.625 \text{ liter}$

או: טבלה מסכמת לסעיף ה' (i + ii):

$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{Br}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{Cl}^- (\text{aq})$				יחידות	גדלים
1	2	1	2		יחס המולים בניסוח התגובה
	0.5			$\frac{\text{mol}}{\text{liter}} (\text{M})$	ריכוז התמיסה
	0.1			liter	נפח התמיסה
0.025	← 0.05	→ 0.025		mol	מספר מולים
		160		$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
		4.0		gr	מסה נתונה/צדרשת
25				$\frac{\text{liter}}{\text{mol}}$	נפח מולרי של גז
0.625				liter	נפח הגז

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים חישבו נכון, על פי ניסוח התגובה, את נפח הגז שהגיב בתגובה, כשנתונים נפח מולרי של גז בתנאי התגובה וריכוז מולרי של המגיב הנוסף, אך חלק מן התלמידים טעו. הטעות האופיינית העיקרית היא יחס מולים שגוי:

- "יחס המולים בין $\text{Cl}_2(\text{g})$ ליוני Br^- (aq) הוא 1:1."

וכתוצאה מכך המשך החישוב שגוי :

• "נפח הכלור שהגיב : $0.05 \text{ mol} \times 25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 1.25 \text{ liter}$ "

טעות נוספת היא בלבול בין נפח התמיסה לנפח הגז.

המלצות לשאלה 12

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות המשלבות חישובים סטויכיומטריים מכל הסוגים : חישוב מספר מולים של חומרים, מסת חומרים, חישובים עבור תמיסות ועבור גזים. מומלץ בכל חישוב סטויכיומטרי להדגיש את עניין יחסי המולים. מומלץ לבקש מהתלמידים בכל חישוב לציין יחידות מתאימות. שאלות לדוגמה : שאלה 1 ד' בבגרות תשע"ד, שאלה 4 בבגרות תש"ע, שאלות לפרק 3 בספר לימוד "יחסים וקשרים בעולם החומרים", ד"ר תמי לוי נחום, ד"ר יעל שוורץ, זיוה בר-דב, מכון ויצמן למדע.

מומלץ להיעזר בלומדה "[היבטים כמותיים בכימיה](#)" שפיתחה ד"ר שלי לבנה. הלומדה מכילה מספר רב של תרגילי חישוב, בנושאי לימוד שונים, כאשר בכל נושא מוצגת דוגמה פתורה לביצוע התרגיל ותרגיל אחד או שניים עבור התלמידים.

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

כדי לתרגל חישובים סטויכיומטריים עבור תמיסות אפשר להיעזר ב"[שאלות דיאגנוסטיות](#)" (עם קובץ אפיון המשימות למורה) שחוברו בקהילות מורים, תשע"ז, אתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

מומלץ להיעזר בחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה :

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

הבעיה של חוסר הבחנה בין נפח הגז לנפח התמיסה חזרה על עצמה במספר שאלות וגם בשנים קודמות. לכן בסוף הניתוח של שאלה 14 מופיעות המלצות כיצד להתגבר על בעיה זו. ההמלצות כוללות גם תרגילים מתאימים.

שאלות נוספות לתרגול בנושא סטויכיומטריה

שאלה 1

חשב את מספר אטומי פחמן הנמצאים ב- 20 גרם אתאן, $C_2H_6(g)$. פרט את חישוביך.

התשובה

המסה המולרית של אתאן : $30 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של אתאן ב- 20 גרם אתאן : $\frac{20 \text{ gr}}{30 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.67 \text{ mol}$

מספר אטומי פחמן, C, ב- 0.67 מול אתאן : $0.67 \times 2 \times 6.02 \cdot 10^{23} = 8 \cdot 10^{23} \text{ atoms}$

שאלה 2

במדגם של 30 גרם פלדה מסוג מסוים נמצאים $3.01 \cdot 10^{21}$ אטומי פחמן, C. חשב את אחוז הפחמן בסוג זה של פלדה. פרט את חישוביך.

התשובה

מספר המולים של אטומי פחמן ב- 30 גרם פלדה : $\frac{3.01 \cdot 10^{21}}{6.02 \cdot 10^{23}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol atoms}$

מסת הפחמן ב- 30 גרם של פלדה : $5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 12 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ gr}$

אחוז הפחמן בפלדה : $\frac{6 \cdot 10^{-2} \text{ gr}}{30 \text{ gr}} \times 100\% = 0.2\%$

שאלה 3

הכינו מדגם של מגנזיום, $\text{Mg}_{(s)}$, שמסתו 4.131 גרם. המדגם מורכב מאטומים של שני איזוטופים : ^{24}Mg ו- ^{25}Mg . אחוז האיזוטופ ^{25}Mg במדגם הוא 29%. חשב את מספר האטומים של האיזוטופ ^{25}Mg במדגם. פרט את חישוביך.

התשובה

המסה של האיזוטופ ^{25}Mg במדגם : $4.131 \text{ gr} \times \frac{29}{100} = 1.198 \text{ gr}$

המסה המולרית של האיזוטופ ^{25}Mg : $25 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של אטומי האיזוטופ ^{25}Mg במדגם : $\frac{1.198 \text{ gr}}{25 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.048 \text{ mol}$

מספר האטומים של האיזוטופ ^{25}Mg במדגם : $0.048 \times 6.02 \cdot 10^{23} = 2.89 \cdot 10^{22} \text{ atoms}$

שאלה 4

סעיף א

לסידן הידרוקסידי, $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$, מסיסות נמוכה במים.
נסח את תהליך ההמסה של $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$ במים.

סעיף ב

הריכוז של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ בתמיסה הרוויה של סידן הידרוקסידי הוא $1.9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

תת-סעיף i

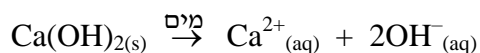
חשב את הריכוז של יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$ בתמיסה הרוויה של סידן הידרוקסידי. פרט את חישוביך.

תת-סעיף ii

קבע מהי המסה של $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$ שניתן להמיס במים כדי לקבל 1 ליטר של התמיסה הרוויה.
פרט את חישוביך.

התשובה

סעיף א



סעיף ב

הריכוז של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ בתמיסה הרוויה של סידן הידרוקסידי הוא $1.9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$,
ז.א. מספר המולים של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ בליטר תמיסה הוא $1.9 \cdot 10^{-3}$ מול.

יחס המולים של היוני $\text{OH}^{-}_{(aq)} : \text{Ca}^{2+}$ על פי ניסוח תהליך ההמסה הוא 1:2.

לכן מספר המולים של יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$ בליטר תמיסה הוא: $1.9 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 2 = 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

ז.א. הריכוז של יוני $\text{OH}^{-}_{(aq)}$ בתמיסה: $3.8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

סעיף ג

המסה המולרית של $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$: $74 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

הריכוז של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ בתמיסה הרוויה של סידן הידרוקסידי הוא $1.9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$,
ז.א. מספר המולים של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ בליטר תמיסה הוא $1.9 \cdot 10^{-3}$ מול.

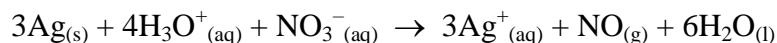
1 מול של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ מתקבל בהמסה של 1 מול $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$.

המסה של $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$ שניתן להמיס במים כדי לקבל 1 ליטר של התמיסה הרוויה:

$$74 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 1.9 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0.14 \text{ gr}$$

שאלה 5

מתכת כסף, $\text{Ag}_{(s)}$, מגיבה עם תמיסת חומצה חנקתית, $\text{HNO}_{3(aq)}$, על פי התגובה:



למיכל זכוכית הכניסו כלי הכסף שמסתו 10.8 גרם. לכלי כסף הוסיפו 80 מ"ל תמיסת $\text{HNO}_{3(aq)}$. התרחשה התגובה שבה הכסף הגיב במלואו.

סעיף א

חשב את מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ שהגיבו. פרט את חישוביך.

סעיף ב

התגובה התרחשה בתנאים שבהם נפח מולרי של גז הוא 33 ליטר. חשב את נפח הגז שנפלט בתגובה. פרט את חישוביך.

סעיף ג

מהי המסה של יוני $\text{Ag}^+_{(aq)}$ שנמצאו בתמיסה בתום התגובה. נמק.

התשובה

סעיף א

המסה המולרית של כסף: $108 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$

מספר המולים של כסף שהגיב: $\frac{10.8 \text{ gr}}{108 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.1 \text{ mol}$

יחס המולים $\text{Ag}_{(s)} : \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ על פי ניסוח התגובה הוא 3:4.

לכן מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ שהגיבו: $\frac{0.1 \times 4}{3} = 0.133 \text{ mol}$

סעיף ב

יחס המולים $\text{Ag}_{(s)} : \text{NO}_{(g)}$ על פי ניסוח התגובה הוא 3:1.

לכן מספר המולים של $\text{NO}_{(g)}$ שנפלט בתגובה: $\frac{0.1 \times 1}{3} = 0.033 \text{ mol}$

נפח $\text{NO}_{(g)}$ שנפלט בתגובה: $33 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} \times 0.033 \text{ mol} = 1.1 \text{ liter}$

סעיף ג

המסה המולרית של יוני כסף שווה לזו של מתכת כסף.

מספר המולים של יוני כסף שווה לזה של מתכת כסף.

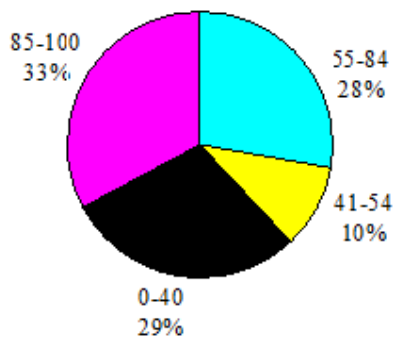
לכן המסה של יוני כסף בתמיסה שווה לזו של מתכת כסף שהיא 10.8 גרם.

ניתוח שאלה 13

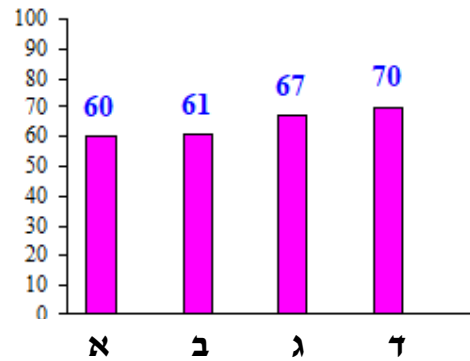
חמצון-חיזור

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 42% מהתלמידים

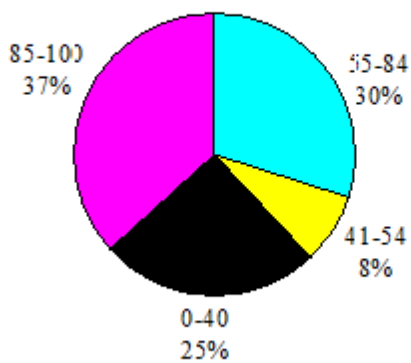


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 62
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

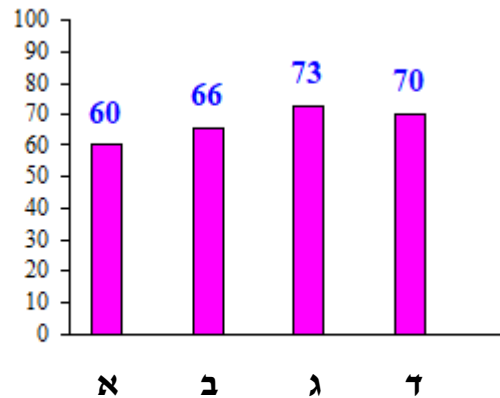


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 50% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

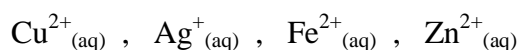
- להבחין בין המושגים: בין "חמצון" ל"חיזור", בין "כושר לחמצן" ל"כושר לחזור", בין "חומר מחמצן", ל"חומר מחזור", בין "תוצר חמצון" ל"תוצר חיזור".
- לפרש את תוצאות הניסויים על פי התיאור המילולי של הניסויים.
- לקבוע על פי תיאור השינויים הנצפים בניסוי אם תתרחש תגובה בין מתכת ליונים ממוימים של מתכת אחרת, ואם כן - באיזה כיוון היא תתרחש.
- לנסח תגובת חמצון-חיזור בין מתכת ליונים ממוימים של מתכת אחרת. לרשום ניסוח נטו של התגובה.
- לסדר את המתכות על פי הכושר היחסי שלהן לחזור, בהתבסס על תוצאות הניסויים.
- לתאר את היווצרות הקורוזיה של מתכות ולהסביר את מהות התהליך.
- לקבוע איזו מתכת היא מחזור טוב יותר מברזל על פי יכולת של מתכת למנוע קורוזיה של ברזל.
- לסדר את יוני מתכות ממוימים על פי הכושר היחסי שלהם לחמצן, כשנתונות תוצאות של ניסויים.
- לקבוע אם יוני $H_3O^+_{(aq)}$ הם מחמצן חזק יותר מיוני המתכת הנתונה או חלש מהם, כשנתונה תגובת חמצון-חיזור מתאימה.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בכושר היחסי של מתכות לחזור ובכושר היחסי של יונים ממוימים לחמצן. לפניך רשימה של יוני מתכת ממוימים:



סעיף א' (הציון בשאלון 037381 60)

(הציון בשאלון 037387 60)

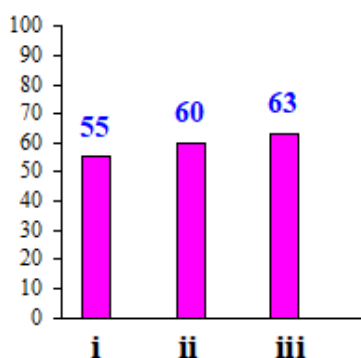
ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

במעבדה ביצעו ניסוי בשני שלבים.

בשלב הראשון טבלו פס נחושת, $\text{Cu}_{(s)}$, בכוס המכילה תמיסה חסרת צבע של כסף חנקתי, $\text{AgNO}_{3(aq)}$.

בתגובה שהתרחשה הגיבו כל יוני הכסף, $\text{Ag}^+_{(aq)}$.

צבע התמיסה השתנה לתכלת ובתחתית הכוס התקבל משקע אפור.



תת-סעיף i (הציון 55)

רשום ניסוח נטו מאוזן לתגובה שהתרחשה בשלב הראשון של הניסוי.

התשובה

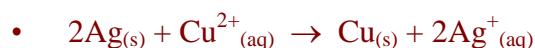


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא **יישום**.

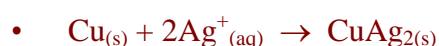
ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע, על פי תיאור השינויים הנצפים בניסוי, באיזה כיוון תתרחש תגובה בין מתכת ליונים ממוימים של מתכת אחרת, ולנסח נכון את התגובה. הטעויות האופייניות:

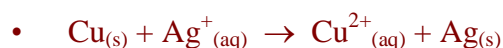
◆ ניסוח התגובה בכיוון הפוך:



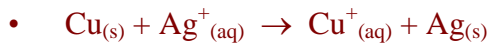
◆ ניסוח התגובה שגוי - יצירת סגסוגת:



◆ טעויות באיזון של ניסוח התגובה:



◆ רישום שגוי של מטעני יונים:



♦ רישום ניסוח "מולקולרי" במקום ניסוח נטו :



פתיח לתת-סעיפים ii ו-iii

בשלב השני, בתום התגובה שהתרחשה בשלב הראשון, הפרידו את המשקע האפור מן התמיסה. לאחר מכן טבלו פס אבץ, $\text{Zn}_{(s)}$, בתמיסה. התרחשה תגובה. התקבלו תמיסה חסרת צבע ומשקע בצבע חום-אדום.

תת-סעיף ii (הציון 60)

רשום ניסוח נטו מאוזן לתגובה שהתרחשה בשלב השני של הניסוי.

התשובה

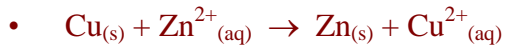


לדעתנו, רמת החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

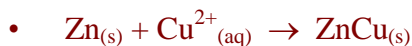
ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. בתת-סעיף i ובתת-סעיף זה הופיעו טעויות אופייניות דומות :

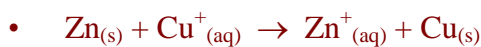
♦ ניסוח התגובה בכיוון הפוך :



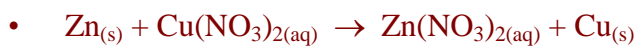
♦ ניסוח התגובה שגוי - יצירת סגסוגת :



♦ רישום שגוי של מטעני יונים :



♦ רישום ניסוח "מולקולרי" במקום ניסוח נטו :



תת-סעיף iii (הציון 63)

סדר את המתכות: נחושת, $\text{Cu}_{(s)}$, כסף, $\text{Ag}_{(s)}$, ואבץ, $\text{Zn}_{(s)}$, על פי הכושר היחסי שלהן לחזור, מן הגבוה לנמוך. נמק את תשובתך על פי התוצאות של שני שלבי הניסוי.

התשובה

קביעה:

דירוג המתכות על פי הכושר היחסי שלהן לחזור: $Zn_{(s)} > Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$
נימוק:

המתכת $Cu_{(s)}$ מחזרת את (או: מגיבה עם) יוני $Ag^+_{(aq)}$,
לכן $Cu_{(s)}$ הוא חומר מחזר טוב יותר מ- $Ag_{(s)}$.
המתכת $Zn_{(s)}$ מחזרת את (או: מגיבה עם) יוני $Cu^{2+}_{(aq)}$,
לכן $Zn_{(s)}$ הוא חומר מחזר טוב יותר מ- $Cu_{(s)}$ (וגם מ- $Ag_{(s)}$).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לסדר נכון את המתכות על פי הכושר היחסי שלהן לחזור, בהתבסס על תוצאות הניסויים. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. דירוג המתכות שגוי על פי הכושר היחסי שלהן לחזור ונימוק המתבסס על מסקנה שגויה מתוצאות הניסויים:

- "מתכת כסף היא מחזר חזק משום שיוני כסף הגיבו בשלמות עם נחושת."
- "נחושת היא מחזר חזק מאבץ, כי היונים שלה מגיבים עם אבץ."
- "דירוג המתכות: $Ag_{(s)} > Cu_{(s)} > Zn_{(s)}$, כי יוני נחושת מגיבים עם אבץ ויוני כסף מגיבים עם נחושת."
- "אבץ מחזר את נחושת, לכן היא חזקה ממנו כמחזר." - חוסר הבחנה בין מתכת ליוני מתכת.

2. דירוג המתכות נכון על פי הכושר היחסי שלהן לחזור, אך הנימוק שגוי:

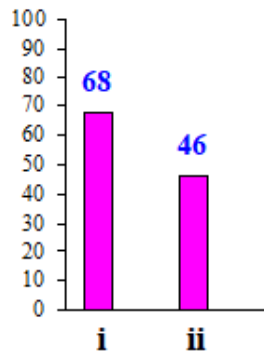
- "דירוג המתכות: $Zn_{(s)} > Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$. יוני כסף מסרו את האלקטרונים החופשיים שלהם לנחושת, ויוני נחושת מסרו את האלקטרונים החופשיים שלהן לאבץ."
- "דירוג המתכות: $Zn_{(s)} > Cu_{(s)} > Ag_{(s)}$. בשלב הראשון יוני נחושת הגיבו עם כסף, ובשלב השני יוני נחושת הגיבו עם אבץ."

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 61)

(הציון בשאלון 037387 66)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

מתכות החשופות לסביבה עוברות לעיתים קורוזיה. כדי למנוע את הקורוזיה נוקטים באמצעי הגנה שונים.



תת-סעיף i (הציון 68)

כדי למנוע קורוזיה, מצפים צינורות ברזל, $Fe_{(s)}$, הטמונים באדמה באבץ, $Zn_{(s)}$.
 ציפוי צינורות ברזל בנחושת, $Cu_{(s)}$, אינו מונע קורוזיה של הברזל.
 קבע איזו מתכת, $Cu_{(s)}$ או $Zn_{(s)}$, היא חומר מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$. **נמק את קביעתך.**

התשובה

קביעה:

המתכת $Zn_{(s)}$ היא חומר מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$.

נימוק:

ציפוי האבץ, $Zn_{(s)}$, מגן על צינורות הברזל, $Fe_{(s)}$, מפני קורוזיה (על ידי הגנה קתודית).
 כלומר, האבץ, $Zn_{(s)}$, החשוף לתנאי הסביבה (אוויר, מים) עובר חמצון (או: מוותר על אלקטרונים)
 במקום הברזל, $Fe_{(s)}$. (נוסף על כך נוצרת שכבת הגנה של אבץ פחמתי).
 לפיכך $Zn_{(s)}$ הוא חומר מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שהמתכת אבץ, $Zn_{(s)}$, היא חומר מחזר טוב יותר מברזל, $Fe_{(s)}$, והסבירו נכון את קביעתם. יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לארבעה סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה. הנימוקים השגויים שאותרו נובעים מחוסר הבנה מהי הגנה קתודית:

- " $Cu_{(s)}$ היא חומר מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$, כי נתון שהיא מגיבה עם חמצן, ז.א. היא פעילה יותר."
- "המתכת $Cu_{(s)}$ היא חומר מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$, כי נחושת עוברת קורוזיה יחד עם ברזל."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי. גם הנימוקים האלה נובעים מחוסר הבנה מהי הגנה קתודית:
- " $Zn_{(s)}$ הוא חומר מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$, כי אבץ לא מגיב עם חמצן ולא הופך ליונים."
 - " $Zn_{(s)}$ הוא מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$, כי אבץ מגן לא מפני שעובר קורוזיה אלא מפני שנשאר על הברזל ומגן עליו."
3. קביעה נכונה המלווה בנימוק כללי או חלקי:
- " $Zn_{(s)}$ הוא חומר מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$, כי אבץ מונע קורוזיה של ברזל."
 - " $Zn_{(s)}$ הוא מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$, כי אבץ מגן על ברזל."
4. קביעה נכונה המלווה בחזרה על נתוני השאלה במקום נימוק:
- " $Zn_{(s)}$ הוא מחזר טוב יותר מ- $Fe_{(s)}$, כי משתמשים באבץ לציפוי ברזל כדי למנוע קורוזיה, ואילו נחושת אינה מתאימה למטרה זו."

המלצות

מומלץ להביא לכיתה דוגמאות של מתכות שעברו קורוזיה ולהסביר לתלמידים מהו תהליך הקורוזיה.

מומלץ להראות לתלמידים סרטונים על קורוזיה ועל הגנה קתודית:

[Corrosion of Metals | The Chemistry Journey | The Fuse School](#)

[Cathodic Protection - The impact of corrosion on pipelines](#)

תת-סעיף ii (הציון 46)

פסל החירות בנוי יורק בנוי מעמודי ברזל שאליהם מחברים לוחות נחושת. בנקודות המגע שבין עמודי הברזל ובין לוחות הנחושת נוצרה קורוזיה. הסבר מדוע נוצרה קורוזיה בנקודות המגע האלה.

התשובה

- על פי המידע שבתת-סעיף ב' i, הנחושת, $Cu_{(s)}$, אינה מגינה על צינורות הברזל, $Fe_{(s)}$, מפני קורוזיה. לפיכך אפשר לקבוע ש- $Cu_{(s)}$ הוא חומר מחזר פחות טוב (או: חלש יותר) מ- $Fe_{(s)}$ (או: $Fe_{(s)}$ הוא מחזר טוב יותר מ- $Cu_{(s)}$).
- הנטייה של $Fe_{(s)}$ לוותר על אלקטרונים גדולה מזו של $Cu_{(s)}$. לכן בפסל החירות, בנקודות המגע של עמודי הברזל עם לוחות הנחושת, הברזל עבר חמצון ולא הנחושת. האלקטרונים של הברזל, $Fe_{(s)}$, נמסרים בקלות דרך הנחושת, $Cu_{(s)}$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. יותר ממחצית התלמידים לא הצליחו ליישם את עקרונות הקורוזיה ולהסביר מדוע נוצרת קורוזיה בנקודות המגע בין ברזל לנחושת ואיזו מן המתכות עוברת קורוזיה. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר הבנה של תהליכי חמצון-חיזור, ומחוסר הבחנה בין המושגים: בין "חמצון" ל"חיזור", בין "כושר לחמצן" ל"כושר לחזר", בין "חומר מחמצן", ל"חומר מחזר", בין "תוצר חמצון" ל"תוצר חיזור":

- "מתרחשת תגובה בין ברזל לנחושת שבה נחושת מגיבה כמחמצן וברזל כמחזר."
- "נחושת היא מחזרת טובה יותר מברזל ולכן מתחיל תהליך הקורוזיה."
- "נחושת מחמצנת טובה יותר מברזל ולכן מושכת אליה אלקטרונים."
- "אלקטרונים עוברים מנחושת לברזל."

המלצות

מומלץ לחזור ולהבהיר לתלמידים את המושגים הקשורים לתהליכי חמצון-חיזור ולקשור מושגים אלה לתהליך הקורוזיה.

מומלץ להראות לתלמידים תמונות מתאימות כגון פסל החירות, מגדל אייפל ועוד.

מומלץ להראות לתלמידים [סרטונים על פסל החירות](#):

– מתי פסל החירות הפך לירוק?

– שינוי כימי ופסל החירות.

קישורים לסרטונים על פסל החירות נמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.

מומלץ לעבוד עם התלמידים על המאמר ["עמוד הברזל בדלהי, הודו"](#) מאת ד"ר דבורה קצביץ,

על-כימיה, גיליון 17, 2010.

מומלץ להיעזר באיור של ד"ר יהושע סיון באתר שלו, בדף: [תהליכי שיתוך ברזל](#).

האיור מציג את תהליכי חמצון-חיזור המתרחשים בשיתוך ברזל:

– בשיתוך ברזל פשוט

– בשיתוך ברזל המוגן על ידי אבץ (הגנה קתודית)

– בשיתוך ברזל המחובר לנחושת (הגברת השיתוך).

סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 67)

(הציון בשאלון 037387 73)

סדר את היונים $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$, $\text{Ag}^{+}_{(aq)}$, $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ ו- $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ על פי הכושר היחסי שלהם לחמצן, מן הגבוה לנמוך. התבסס על המידע שבסעיפים א' ו- ב'.

התשובה

דירוג היונים הממוימים של המתכות על פי הכושר היחסי שלהם לחמצן:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים הצליחו לסדר נכון את יוני המתכות הנתונים בהתבסס על המידע שבסעיפים הקודמים. יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו. הטעויות האופייניות:

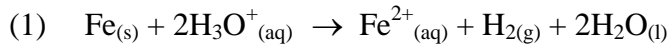
- ♦ סדר הפוך של יוני המתכות:
- $Zn^{2+}_{(aq)} > Fe^{2+}_{(aq)} > Cu^{2+}_{(aq)} > Ag^{+}_{(aq)}$
- ♦ רישום של יוני המתכות ללא סדר:
- $Fe^{2+}_{(aq)} > Zn^{2+}_{(aq)} > Ag^{+}_{(aq)} > Cu^{2+}_{(aq)}$
- ♦ רישום מתכות במקום יוני מתכות:
- $Ag_{(s)} > Cu_{(s)} > Fe_{(s)} > Zn_{(s)}$
- ♦ סדר נכון של יוני המתכות, אך רישום מצב צבירה מוצק:
- $Ag^{+}_{(s)} > Cu^{2+}_{(s)} > Fe^{2+}_{(s)} > Zn^{2+}_{(s)}$

סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 70)

(הציון בשאלון 037387 70)

יוני הידרוניום, $H_3O^{+}_{(aq)}$, יכולים להגיב כמחמצן.

כאשר טובלים פס $Fe_{(s)}$ בתמיסה של חומצת מימן כלורי, $HCl_{(aq)}$, מתרחשת תגובה (1):



קבע איזה מן היונים, $H_3O^{+}_{(aq)}$ או $Fe^{2+}_{(aq)}$, הוא מחמצן טוב יותר. נמק.

התשובה

קביעה:

יוני $H_3O^{+}_{(aq)}$ הם מחמצן טוב יותר (או: חזק יותר) מיוני $Fe^{2+}_{(aq)}$.

נימוק:

בתגובה (1) יוני $H_3O^{+}_{(aq)}$ מושכים אלקטרונים מאטומי $Fe_{(s)}$.

או: פועלים כמחמצן או: מגיבים עם $Fe_{(s)}$.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שיוני $H_3O^{+}_{(aq)}$ הם מחמצן טוב יותר מיוני $Fe^{2+}_{(aq)}$, על פי תוצאות הניסוי המתואר, אך חלק מהתלמידים טעו עקב חוסר הבנה של נושא חמצון-חיזור. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה :
- " $Fe^{2+}_{(aq)}$ הוא מחמצן טוב יותר מיוני $H_3O^+_{(aq)}$, כי הוא מקבל אלקטרונים."
 - " $Fe^{2+}_{(aq)}$ הוא מחמצן חזק, כי הוא יון של מתכת."
 - "יוני $Fe^{2+}_{(aq)}$ הם מחמצן טוב יותר, כי יונים אלה פועלים כמחמצן בתגובה הנתונה (ישנה עלייה בדרגת חמצון), ואילו יוני $H_3O^+_{(aq)}$ פעלו כמחזור, כיוון שיש ירידה בדרגת חמצון."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי :
- "יוני $H_3O^+_{(aq)}$ הם מחמצן טוב יותר מיוני $Fe^{2+}_{(aq)}$, בגלל שהם יוני חומצה."
 - "יוני $H_3O^+_{(aq)}$ הם מחמצן חזק יותר, כי יונים אלה מגיבים עם מתכות."

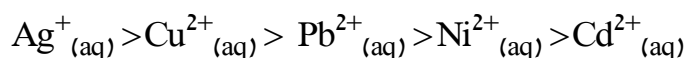
המלצות לשאלה 13 (סעיפים א, ג, ד)

מומלץ לתת לתלמידים לבצע ניסויים הדומים לניסויים, המתוארים בשאלה זו, ולבקש מהתלמידים לערוך טבלה לאיסוף התצפיות, לנסח את התגובות המתרחשות, להסביר מדוע מתרחשת או לא מתרחשת תגובה בכל אחד מן הניסויים. מומלץ לבקש מהתלמידים לכתוב הסבר גם בהתייחס לכושר היחסי של המתכות לחזור וגם בהתייחס לכושר היחסי של יוני המתכות לחמצן. 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 עם התלמידים [סימולציה של ניסוי שבו מתכות שונות טובלות בתמיסות המכילות יונים של מתכות אחרות](#), אשר פותחה במסגרת התוכנית "כימיה... זה בתוכנו" בהנחיית ד"ר דבורה קצביץ. הפעילות מלווה בדפי העבודה שפותחו על ידי ד"ר שלי ליבנה וד"ר מלכה יאיון.

שאלות נוספות לתרגול בנושא חמצון-חיזור

שאלה 1

נתונים יונים ממוימים של חמש מתכות, המדורגים על פי הכושר היחסי שלהם לחמצן :



א. דרג את המתכות על פי הכושר היחסי שלהן לחזור : $Pb_{(s)}$, $Cd_{(s)}$, $Cu_{(s)}$, $Ni_{(s)}$, $Ag_{(s)}$.

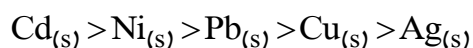
ב. ביצעו ניסוי : טבלו פס מתכת בתמיסת יונים ממוימים של מתכת אחרת :

					מתכת / יוני מתכת
$Cd_{(s)}$	$Ni_{(s)}$	$Pb_{(s)}$	$Cu_{(s)}$	$Ag_{(s)}$	$Ag^+_{(aq)}$
					$Cu^{2+}_{(aq)}$
					$Pb^{2+}_{(aq)}$
					$Ni^{2+}_{(aq)}$
					$Cd^{2+}_{(aq)}$

- ג. בכל מקרה שבו מתרחשת תגובה, סמן זאת בטבלה על ידי סימן + ונסח את התגובה.
 ד. קבע אם אפשר לשמור תמיסת יוני $Ni^{2+}_{(aq)}$ בכלי עשוי $Cu_{(s)}$. נמק.
 ה. קבע אם אפשר לשמור תמיסת יוני $Ag^+_{(aq)}$ בכלי עשוי $Cu_{(s)}$. נמק.

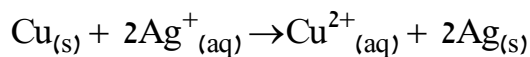
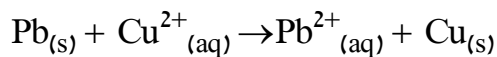
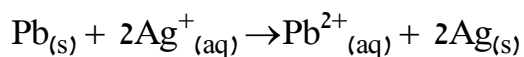
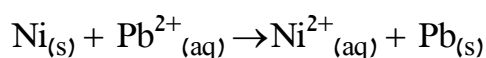
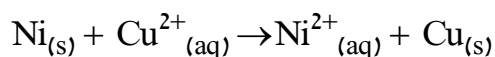
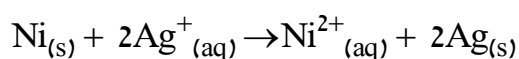
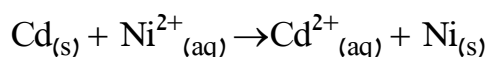
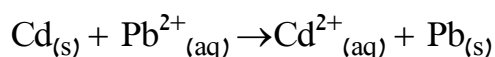
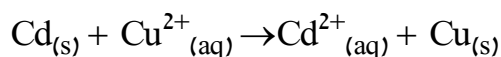
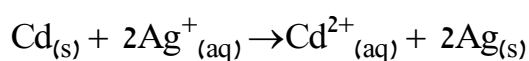
התשובה:

סעיף א



סעיף ב

$Cd_{(s)}$	$Ni_{(s)}$	$Pb_{(s)}$	$Cu_{(s)}$	$Ag_{(s)}$	מתכת יוני מתכת
+	+	+	+		$Ag^+_{(aq)}$
+	+	+		-	$Cu^{2+}_{(aq)}$
+	+		-	-	$Pb^{2+}_{(aq)}$
+		-	-	-	$Ni^{2+}_{(aq)}$
	-	-	-	-	$Cd^{2+}_{(aq)}$



סעיף ג

אפשר לשמור תמיסת יוני $Ni^{2+}_{(aq)}$ בכלי עשוי $Cu_{(s)}$, כי יוני $Ni^{2+}_{(aq)}$ הם מחמצן חלש יותר מיוני $Cu^{2+}_{(aq)}$ (או: כי $Ni_{(s)}$ הוא מחזור חזק יותר מ- $Cu_{(s)}$). לכן לא תתרחש תגובה בין יוני $Ni^{2+}_{(aq)}$ לכלי עשוי $Cu_{(s)}$.

סעיף ד

אי-אפשר לשמור תמיסת יוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$ בכלי עשוי $\text{Cu}(\text{s})$, כי יוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$ הם מחמצן חזק יותר מיוני $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ (או: כי $\text{Ag}(\text{s})$ הוא מחזור חלש יותר מ- $\text{Cu}(\text{s})$). לכן תתרחש תגובה בין יוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$ לכלי עשוי $\text{Cu}(\text{s})$.

שאלה 2

במעבדה ביצעו ארבעה ניסויים:

- I. הכניסו פיסת מתכת כרום, $\text{Cr}(\text{s})$, לתמיסת כסף חנקתי, $\text{AgNO}_3(\text{aq})$. התקבל משקע אפור.
- II. הכניסו פיסת מתכת כסף, $\text{Ag}(\text{s})$, לתמיסת זהב חנקתי, $\text{Au}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$. התקבל משקע צהוב.
- III. הכניסו פיסת מתכת כסף, $\text{Ag}(\text{s})$, לתמיסת נחושת כלורית, $\text{CuCl}_2(\text{aq})$. לא נצפו שינויים.
- IV. הכניסו פיסת מתכת כרום, $\text{Cr}(\text{s})$, לתמיסת נחושת כלורית, $\text{CuCl}_2(\text{aq})$. התקבל משקע חום-אדום.

סעיף א

תת-סעיף i

נסח ואזן את התגובות שהתרחשו בניסויים I, II ו-IV.

תת-סעיף ii

הסבר מדוע לא נצפו שינויים בניסוי III.

סעיף ב

תת-סעיף i

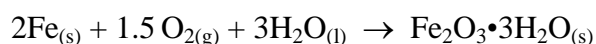
סדר את המתכות: כרום, $\text{Cr}(\text{s})$, כסף, $\text{Ag}(\text{s})$, זהב, $\text{Au}(\text{s})$, ונחושת, $\text{Cu}(\text{s})$, על פי הכושר שלהן לחזור. נמק.

תת-סעיף ii

סדר את יוני המתכות: יוני כרום, $\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$, יוני זהב, $\text{Au}^{3+}(\text{aq})$, יוני נחושת, $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, ויוני כסף, $\text{Ag}^+(\text{aq})$, על פי הכושר שלהם למחמצן.

סעיף ג

מתכות וסגסוגות רבות עלולות לעבור קורוזיה. קורוזיה היא תגובה בין מתכת והחומרים בסביבה. במהלך הקורוזיה תכונות המתכות משתנות. במהלך הקורוזיה של ברזל, $\text{Fe}(\text{s})$, מתרחשת התגובה:

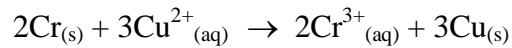
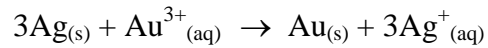
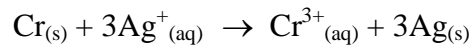


בתקופה קדומה יצרו מטבעות מסגסוגת זהב, $\text{Au}(\text{s})$, וכסף, $\text{Ag}(\text{s})$, שלא עברו קורוזיה ונשמרו עד היום. לעומת זאת מטבעות העשויות מברזל, $\text{Fe}(\text{s})$, נפגעו מאוד מקורוזיה. הסבר עובדה זו.

התשובה

סעיף א

תת-סעיף i



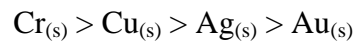
תת-סעיף ii

כסף, $\text{Ag}_{(s)}$, הוא מחזור חלש מנחושת, $\text{Cu}_{(s)}$, לכן לא התרחשה תגובה בין כסף, $\text{Ag}_{(s)}$, לתמיסת נחושת

כלורית, $\text{CuCl}_{2(aq)}$

סעיף ב

תת-סעיף i



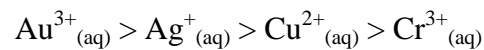
בניסוי I התרחשה התגובה. המסקנה: כרום, $\text{Cr}_{(s)}$, הוא מחזור חזק מכסף, $\text{Ag}_{(s)}$.

בניסוי II התרחשה התגובה. המסקנה: כסף, $\text{Ag}_{(s)}$, הוא מחזור חזק מזהב, $\text{Au}_{(s)}$.

בניסוי III לא התרחשה התגובה. המסקנה: נחושת, $\text{Cu}_{(s)}$, היא מחזור חזק מכסף, $\text{Ag}_{(s)}$.

בניסוי IV התרחשה התגובה. המסקנה: כרום, $\text{Cr}_{(s)}$, הוא מחזור חזק מנחושת, $\text{Cu}_{(s)}$.

תת-סעיף ii



סעיף ג

הכושר לחזור של כסף, $\text{Ag}_{(s)}$, וזהב, $\text{Au}_{(s)}$, נמוך באופן משמעותי מהכושר לחזור של ברזל, $\text{Fe}_{(s)}$. לכן

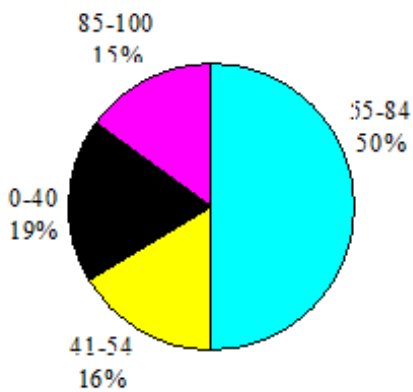
כסף, $\text{Ag}_{(s)}$, וזהב, $\text{Au}_{(s)}$, לא מגיבים עם חמצן בסביבה מימית, ז.א. לא עוברים קורוזיה.

ניתוח שאלה 14

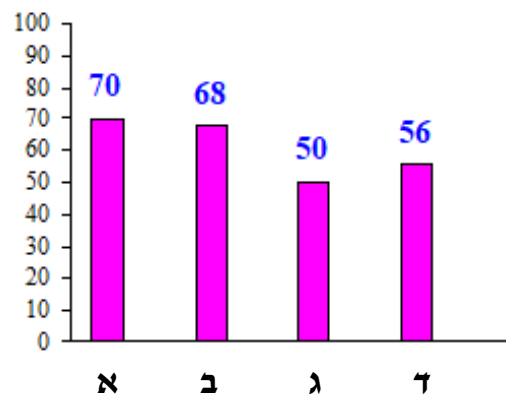
חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

שאלון 037381

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 83% מהתלמידים

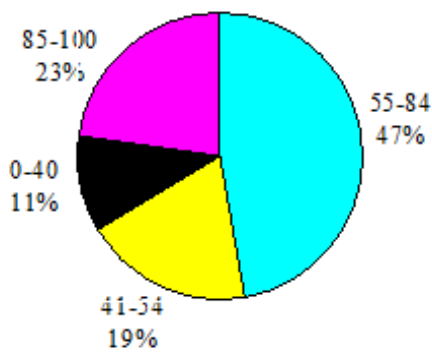


ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 61
ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

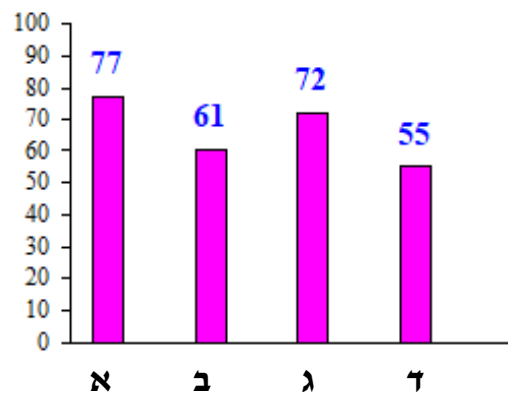


שאלון 037387

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 66% מהתלמידים



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



כדי לענות לשאלה זו על התלמיד:

- לזהות את הגז מימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$ כחומר המגיב עם מים ויוצר יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$.
- לנסח תגובה בין חומצה למים לקבלת תמיסה חומצית המכילה יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$.
- לזהות את הגז אמוניה, $\text{NH}_3_{(g)}$ כחומר המגיב עם מים ויוצר יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(aq)}$.
- לנסח תגובה בין בסיס מולקולרי - אמוניה, $\text{NH}_3_{(g)}$ - למים לקבלת תמיסה בסיסית המכילה יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(aq)}$.
- להסביר מהו pH של התמיסה, מהי סקלת pH וכיצד נקבע pH של תמיסה.
- לקבוע את תחום ה-pH בתמיסה חומצית - על פי נוכחות יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$,
- בתמיסה, ולקשר בין ריכוז יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ בתמיסה לבין ה-pH של התמיסה.
- לקבוע את תחום ה-pH של התמיסה הבסיסית - על פי נוכחות יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(aq)}$,
- בתמיסה, ולקשר בין ריכוז יוני הידרוקסיד, $\text{OH}^-_{(aq)}$, בתמיסה לבין ה-pH של התמיסה.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים:
- לחשב את הריכוז המולרי של תמיסת $\text{HBr}_{(aq)}$ כאשר נתונים: נפח הגז $\text{HBr}_{(g)}$ שהגיב עם המים, נפח מולרי של גז בתנאי התגובה ונפח המים.
- לחשב את הריכוז המולרי של תמיסת $\text{KOH}_{(aq)}$ כאשר נתונים: הנפחים של שתי התמיסות המגיבות - $\text{HBr}_{(aq)}$ ו- $\text{KOH}_{(aq)}$, והריכוז המולרי של תמיסת $\text{HBr}_{(aq)}$. כמו כן נתון שהתגובה מתרחשת עד תום.
- ליישם את הידע בנושא מיהול של תמיסה מימית בעבודה עם גרפים המתארים השתנות ה-pH של התמיסה במהלך מיהול התמיסה. להסיק מסקנות על פי המידע המוצג בגרף. להבחין בין הצגה גרפית של מהלך מיהול התמיסה החומצית לבין הצגה גרפית של מהלך מיהול התמיסה הבסיסית.
- לרשום ניסוח נטו של תגובת סתירה.
- ליישם את ההגדרות של תגובות חומצה-בסיס.
- להסביר מדוע חומר יוני מוליך חשמל במצב צבירה נוזל.

רמות החשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

בכל אחד משני כלים A ו-B יש 500 מ"ל מים, $H_2O(l)$.

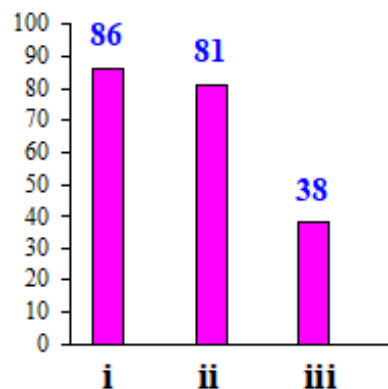
לכלי A הזרימו 100 מ"ל גז מימן ברומי, $HBr(g)$.

לכלי B הזרימו 100 מ"ל גז אמוניה, $NH_3(g)$.

סעיף א' (הציון בשאלון 037381 70)

(הציון בשאלון 037387 77)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381



תת-סעיף i (הציון 86)

נסח את התגובה שהתרחשה בכלי A ואת התגובה שהתרחשה בכלי B.

התשובה



בכלי A:

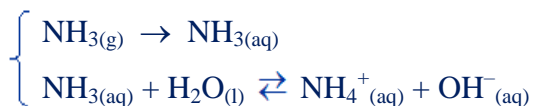


בכלי B:



או:

לקבל גם:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים ניסחו נכון את התגובות. יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו למרות שתגובות אלה כלולות בנספח לסילבוס מספר 4, בחלק הראשון - תגובות שהתלמיד צריך להכיר ולנסח. הטעות האופיינית העיקרית היא אי-רישום מים במגיבים למרות הרישום הנכון של התוצרים:

- $\text{HBr}_{(g)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Br}^-_{(aq)}$
- $\text{HBr}_{(g)} \xrightarrow{\text{מים}} \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Br}^-_{(aq)}$
- $\text{NH}_3_{(g)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$

טעות אופיינית נוספת היא זיהוי שגוי של $\text{NH}_3_{(g)}$ כחומצה:

- $\text{NH}_3_{(g)} \rightarrow \text{NH}_3_{(aq)}$
 $\text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{NH}_2^-_{(aq)}$

בנוסף, כל הניסוחים השגויים האלה אינם מאוזנים.

המלצות:

מומלץ לתרגל עם התלמידים את רישום ניסוחי התגובות של חומצה עם מים ושל בסיס מולקולרי עם מים, להדגיש את ההבדל בין המסה במים של בסיס שהוא חומר יוני לבין תגובה עם מים של בסיס מולקולרי. מומלץ להרגיל את התלמידים להקפיד על איזון תגובות.

שאלה לתרגול:

לפניך ארבעה ניסוחים (1)-(4):

- (1) $\text{NH}_3_{(g)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- (2) $\text{NH}_3_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_2^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$
- (3) $\text{NH}_3_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_4_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- (4) $\text{NH}_3_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$

סעיף א

קבע איזה מן הניסוחים (1)-(4) הוא הניסוח הנכון של התגובה המתרחשת כשמזרימים גז אמוניה למים.

סעיף ב

הסבר מדוע פסלת כל אחד משלושת הניסוחים האחרים.

התשובה

סעיף א

ניסוח (4) הוא הניסוח הנכון.

סעיף ב

- ניסוח (1) אינו נכון, מכיוון שחסרים בו מים במגיבים. כמו כן מופיעים יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ בתוצרים כשאינן אטומי חמצן במגיבים. הניסוח גם אינו מאוזן.
- ניסוח (2) אינו נכון, מכיוון שהוא מבוסס על זיהוי שגוי של אמוניה כחומצה.
- ניסוח (3) אינו נכון, מכיוון שחסר מטען ביוני $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}$.

תת-סעיף ii (הציון 81)

קבע אם ה-pH של התמיסה בכל אחד מן הכלים A ו-B בתום התגובה היה גדול מ-7, קטן מ-7 או שווה ל-7. נמק.

התשובה

קביעה:

ה-pH של התמיסה בכלי A קטן מ-7.

ה-pH של התמיסה בכלי B גדול מ-7.

נימוק:

התמיסה שבכלי A היא חומצית, כיוון שבתגובה שהתרחשה בכלי נוצרו יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$

(או: כי בתום התגובה יש בתמיסה יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$).

התמיסה שבכלי B היא בסיסית, כיוון שבתגובה שהתרחשה בכלי נוצרו יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$

(או: כי בתום התגובה התמיסה מכילה יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון די גבוה. רוב התלמידים ידעו כיצד לקבוע את תחום ה-pH בתמיסה חומצית ובתמיסה בסיסית.

יחד עם זאת היו תלמידים שטעו. הופיעו נימוקים כלליים ללא התייחסות ליוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ וליוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$:

• ה-pH של התמיסה בכלי A קטן מ-7, כי HBr הוא חומצי.

• ה-pH בכלי A קטן מ-7, כי נוצרת תמיסה חומצית.

- ה- pH של התמיסה בכלי B גדול מ- 7, כי NH_3 הוא בסיסי.
- ה- pH בכלי B גדול מ- 7, כי נוצרת תמיסה בסיסית.

המלצות:

מומלץ להרגיל את התלמידים למיין תמיסות מימיות על פי ה- pH שלהן - לתמיסות חומציות ותמיסות בסיסיות תוך התייחסות ליונים הקובעים את תחום ה- pH.

שאלה לתרגול

השלם את הטבלה שלפניך:

תמיסה חומצית או בסיסית	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] < [\text{OH}^-(\text{aq})]$ או $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] > [\text{OH}^-(\text{aq})]$	pH > 7 או pH < 7	התמיסה המימית
			$\text{HCl}(\text{aq})$
			$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$
			$\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq})$
			$\text{NaHSO}_4(\text{aq})$
			$\text{NaOH}(\text{aq})$
			$\text{NaHCO}_3(\text{aq})$

התשובה

תמיסה חומצית או בסיסית	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] < [\text{OH}^-(\text{aq})]$ או $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] > [\text{OH}^-(\text{aq})]$	pH > 7 או pH < 7	התמיסה המימית
חומצית	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] > [\text{OH}^-(\text{aq})]$	pH < 7	$\text{HCl}(\text{aq})$
חומצית	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] > [\text{OH}^-(\text{aq})]$	pH < 7	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$
בסיסית	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] < [\text{OH}^-(\text{aq})]$	pH > 7	$\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq})$
חומצית	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] > [\text{OH}^-(\text{aq})]$	pH < 7	$\text{NaHSO}_4(\text{aq})$
בסיסית	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] < [\text{OH}^-(\text{aq})]$	pH > 7	$\text{NaOH}(\text{aq})$
בסיסית	$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] < [\text{OH}^-(\text{aq})]$	pH > 7	$\text{NaHCO}_3(\text{aq})$

תת-סעיף iii (הציון 38)

חשב את הריכוז המולרי של התמיסה שהתקבלה בכלי A. פרט את חישוביך. נתון: בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר.

התשובה

$$\frac{0.1 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.004 \text{ mol}$$

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

$$\frac{0.004 \text{ mol}}{0.5 \text{ liter}} = 0.008 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$$

ריכוז התמיסה בכלי A :

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים לא הצליחו לחשב את הריכוז המולרי של תמיסת $\text{HBr}_{(aq)}$ כאשר נתונים : נפח הגז $\text{HBr}_{(g)}$ שהגיב עם המים, נפח מולרי של גז בתנאי התגובה ונפח המים. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבחנה בין נפח הגז לבין נפח התמיסה :

♦ חישוב של נפח התמיסה על ידי חיבור נפח הגז עם נפח המים :

- $0.1 \text{ liter} + 0.5 \text{ liter} = 0.6 \text{ liter}$: נפח התמיסה :

טעות אופיינית נוספת :

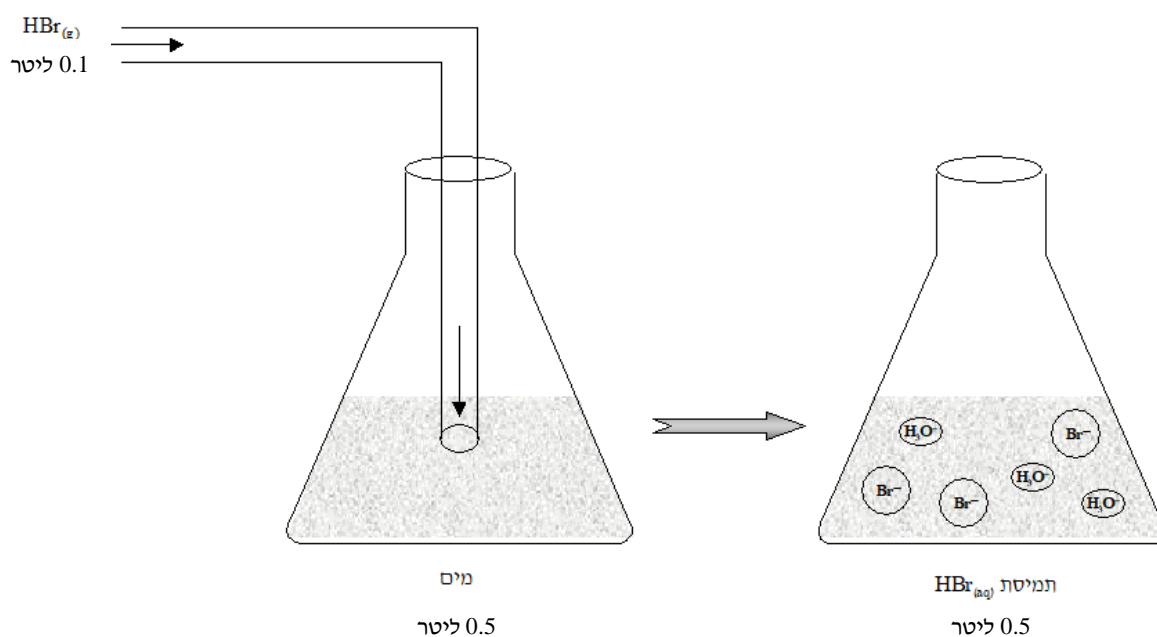
♦ חישוב של מספר המולים של החומר המומס על ידי חיבור של מספר המולים של יוני

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

- $0.004 \text{ mol H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 0.004 \text{ mol Br}^-_{(aq)} = 0.008 \text{ mol HBr}_{(aq)}$

המלצות

בפתרון של תת-סעיף א iii אפשר להראות לתלמידים את האיור הבא כדי להמחיש את הניסוי המתואר בשאלה :

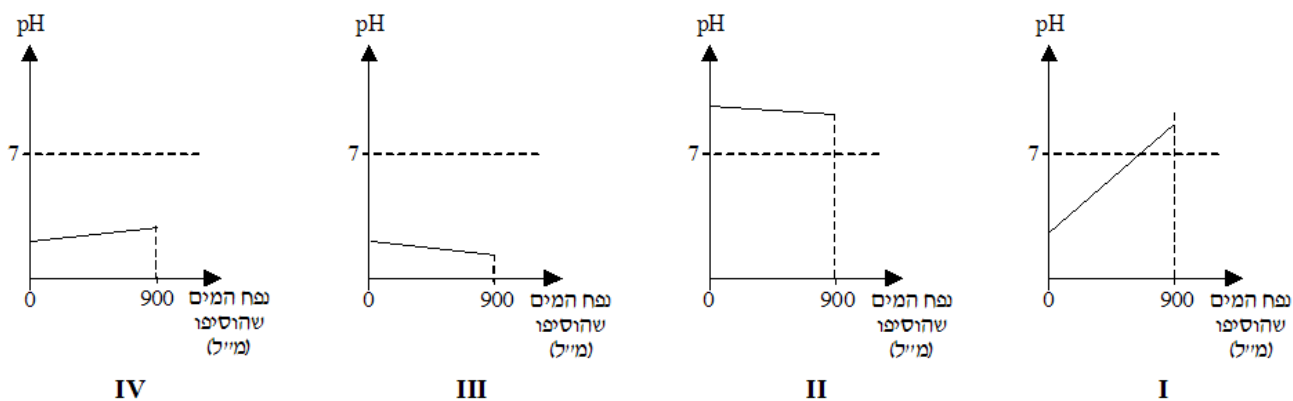


אפשר לתת דוגמה של הכנת מי סודה : ממיסים פחמן דו-חמצני במים ונפח המים לא גדל. הבעיה של חוסר הבחנה בין נפח הגז לנפח התמיסה, וכתוצאה מכך חישוב של נפח התמיסה על ידי חיבור נפח הגז עם נפח המים, חזרה על עצמה במספר שאלות וגם בשנים קודמות. לכן בסוף הניתוח של שאלה 14 מופיעות המלצות כיצד להתמודד עם בעיה זו. ההמלצות כוללות גם תרגילים מתאימים.

סעיף ב' (הציון בשאלון 037381 68)

(הציון בשאלון 037387 61)

ל- 100 מ"ל מן התמיסה שבכלי A הוסיפו בהדרגה 900 מ"ל מים ומדדו את ה-pH של התמיסה. קבע איזה מן הגרפים I-IV שלפניך מתאר נכון את השינוי ב-pH של התמיסה במהלך הוספת מים. **נמק.**



התשובה

קביעה :

גרף IV

נימוק :

- ה-pH בכלי A קטן מ-7 (ולכן גרף II אינו מתאים).
- הוספת המים גורמת לירידה בריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$ (או: למיהול התמיסה).
- ככל שריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$ נמוך יותר, ה-pH של התמיסה גבוה יותר (ולכן גרף III אינו מתאים).
- אחרי הוספת המים התמיסה עדיין חומצית (ולכן גרף I אינו מתאים).
- (לכן גרף IV מתאר נכון את השתנות ה-pH של התמיסה במהלך הוספת המים).

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. רוב התלמידים בחרו בגרף הנכון ונמקו את בחירתם, אך חלק מהתלמידים טעו עקב חוסר הבנה מהו מיהול של תמיסה. הטעויות האופייניות:
- ♦ התלמידים שבחרו בגרף I סבורים שבמהלך המיהול תמיסה חומצית הופכת לתמיסה בסיסית, כי מיהול הוא תגובה שבה חל שינוי בתחום ה-pH של התמיסה:
 - "גרף I הוא הגרף הנכון. מתרחשת תגובת סתירה שבה המים הם הבסיס, לכן pH התמיסה עולה."
 - "גרף I נכון - מוסיפים הרבה מים, אז ה-pH יהיה שווה ל-7 או גדול מ-7."
 - ♦ התלמידים שבחרו בגרף II סבורים שה-pH של התמיסה החומצית גדול מ-7, ובמהלך המיהול ה-pH של התמיסה יורד:
 - "גרף II נכון. מוסיפים מים, אז ה-pH יורד."
 - ♦ התלמידים שבחרו בגרף III סבורים שבמהלך מיהול התמיסה היא נעשית יותר חומצית:
 - "גרף III נכון. כאשר מוסיפים לתמיסה עוד מים, יותר מים יגיבו עם מימן ברומי. לכן הריכוז של יוני H_3O^+ יעלה ו-pH התמיסה ירד."

המלצות

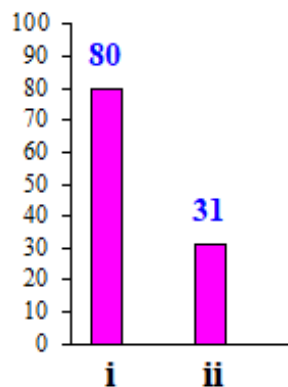
- מומלץ לתרגל שאלות בנושא "חומצות ובסיסים" המשלבות גרפים, כגון שאלות הנמצאות בחוברת:
- [סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים" בבחינות הבגרות בכימיה](#) תשנ"ט-תשע"ז:
- קשיי למידה, דרכי הוראה המותאמות לתוכנית הלימודים 70-30:
- שאלה 15 מפרק: תרגול בנושא: "שילוב הנושאים "חומצות ובסיסים" ו"סטויכיומטריה".
- שאלה 13, בגרות תשע"ו 2016 ממאגר שאלות מבחינות הבגרות בנושא "חומצות ובסיסים", שעברו עיבוד והתאמה לתוכנית הלימודים 70-30, ותשובות לשאלות אלה.

סעיף ג' (הציון בשאלון 037381 50)

(הציון בשאלון 037387 72)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

- ערבבו 100 מ"ל תמיסה שבכלי A עם 20 מ"ל תמיסת אשלגן הידרוקסידי, $KOH_{(aq)}$.
- התרחשה תגובה. ה-pH של התמיסה בתום התגובה היה שווה ל-7.



תת-סעיף i (הציון 80)

רשום ניסוח נטו לתגובה שהתרחשה.

התשובה



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. התלמידים רשמו נכון ניסוח נטו של תגובת סתירה. היו תלמידים שרשמו ניסוח יוני כולל במקום ניסוח נטו, היו תלמידים שרשמו ניסוח לא מאוזן.

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים רישום של שני סוגים של ניסוחי תגובות: ניסוח יוני כולל וניסוח נטו, ולבקש להסביר את ההבדלים בין הניסוחים האלה.

תת-סעיף ii (הציון 31)

חשב את הריכוז המולרי של תמיסת $\text{KOH}(\text{aq})$. פרט את חישוביך ונמק.

התשובה

חישוב:

$$0.008 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.1 \text{ liter} = 0.0008 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של יוני } \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \text{ שהגיבו:}$$

$$0.0008 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של יוני } \text{OH}^-(\text{aq}) \text{ שהגיבו:}$$

נימוק:

התרחשה סתירה מלאה, כי נתון שבתום התגובה ה- pH של התמיסה היה $\text{pH} = 7$.

על פי ניסוח התגובה יחס המולים בין יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ליוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ הוא 1:1.

ולכן מספר המולים של יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתמיסת $\text{KOH}(\text{aq})$ שהגיבה שווה למספר המולים

של יוני H_3O^+ (aq) שהגיבו.

$$\frac{0.0008 \text{ mol}}{0.02 \text{ liter}} = 0.04 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)} \quad \text{הריכוז המולרי של התמיסה המקורית של } \text{KOH}_{(aq)} \text{ הוא:}$$

או:

$\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$			יחידות	גדלים
1	1	2	-	יחס המולים בניסוח התגובה
0.0008	0.0008		mol	מספר המולים
0.008	0.04		$\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$	ריכוז היונים בתמיסה
0.1	0.02		liter	נפח התמיסה

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים לא הצליחו לחשב נכון את הריכוז המולרי של תמיסת $\text{KOH}_{(aq)}$. הטעויות האופייניות:

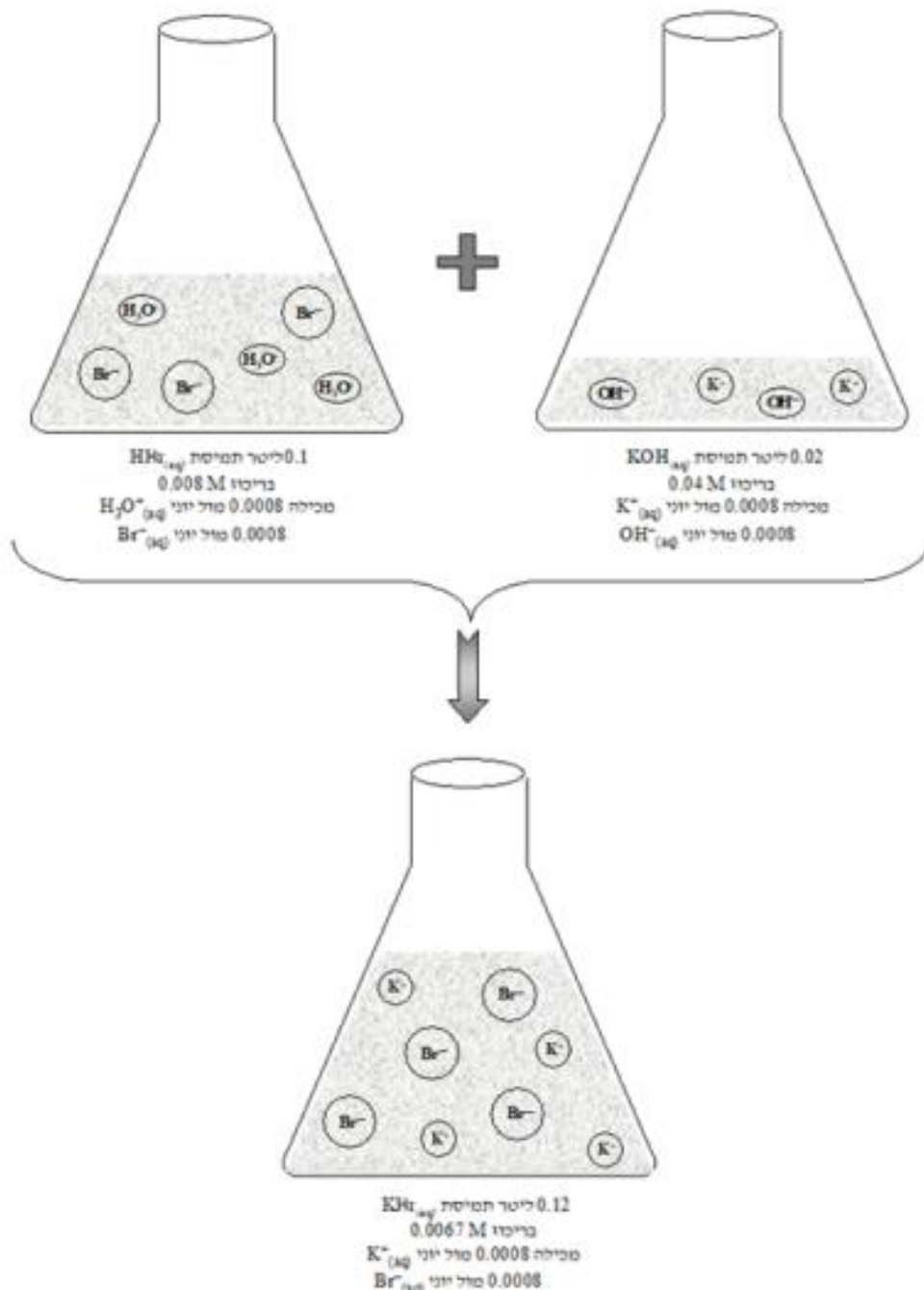
- ♦ חוסר הבחנה בין ריכוז התמיסה למספר המולים של המומס בתמיסה:
- "התרחשה תגובת סתירה מלאה, לכן הריכוז של תמיסת $\text{KOH}_{(aq)}$ שווה לריכוז תמיסת $\text{HBr}_{(aq)}$."
- "הסתירה מלאה, לכן הריכוז של יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ שווה לריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$."
- ♦ התייחסות לנפח של התמיסה בתום התגובה במקום נפח התמיסה של $\text{KOH}_{(aq)}$ בתחילת התגובה:
- "נפח התמיסה בתום התגובה 0.12 ליטר, לכן הריכוז של תמיסת $\text{KOH}_{(aq)}$:"

$$" \frac{0.0008 \text{ mol}}{0.12 \text{ liter}} = 0.067 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$$

המלצות:

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי מספר 12 "קביעת ריכוז החומצה בחומץ", עמוד 103 בספר לימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת ד"ר דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע.

בפתרון של תת-סעיף ג ii אפשר להראות לתלמידים את האיור הממחיש את הניסוי המתואר בשאלה:



מומלץ להרגיל את התלמידים, בין היתר, לשאלות כגון "מהו ההיגד הנכון?"
שאלות לדוגמה:

שאלה 1

נתון היגד: הריכוז המולרי של החומר המומס בתמיסה מימית שווה לריכוז המולרי של כל אחד מסוגי היונים של המומס באותה תמיסה.

תן שתי דוגמאות לחומרים שעבורם ההיגד הנתון הוא נכון ושתי דוגמאות לחומרים שעבורם ההיגד הנתון אינו נכון.

התשובה

דוגמאות לחומרים שעבורם ההיגד הנתון הוא נכון :

- הריכוז המולרי של תמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ שווה לריכוזים המולריים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ויוני $\text{NO}_3^-(\text{aq})$.
- הריכוז המולרי של תמיסת $\text{NaBr}(\text{aq})$ שווה לריכוזים המולריים של יוני $\text{Na}^+(\text{aq})$ ויוני $\text{Br}^-(\text{aq})$.
- הריכוז המולרי של תמיסת $\text{KOH}(\text{aq})$ שווה לריכוזים המולריים של יוני $\text{K}^+(\text{aq})$ ויוני $\text{OH}^-(\text{aq})$.

דוגמאות לחומרים שעבורם ההיגד הנתון אינו נכון :

- הריכוז המולרי של תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ שונה מהריכוז המולרי של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ושווה לזה של יוני $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$.
- הריכוז המולרי של תמיסת $\text{CaCl}_2(\text{aq})$ שווה לריכוז המולרי של יוני $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ ושונה מזה של יוני $\text{Cl}^-(\text{aq})$.
- הריכוז המולרי של תמיסת $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$ שווה לריכוז המולרי של יוני $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ ושונה מזה של יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$.

שאלה 2

נתון היגד : אם הריכוז המולרי של החומר המומס שווה בשתי התמיסות, אז גם מספר המולים של החומר המומס שווה בשתי התמיסות.
תן דוגמה אחת שעבורה ההיגד הנתון הוא נכון ודוגמה אחת שעבורה ההיגד הנתון אינו נכון.

התשובה

דוגמה שעבורה ההיגד הנתון הוא נכון :

אם כל אחד משני הכלים A ו-B מכיל 100 מ"ל תמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ בריכוז 0.2 M, אז גם מספר המולים של $\text{HNO}_3(\text{aq})$ בשני הכלים שווה (0.02 mol).

דוגמה אחת שעבורה ההיגד הנתון אינו נכון :

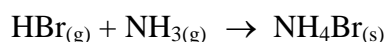
אם כלי A מכיל 100 מ"ל תמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ בריכוז 0.2 M וכלי B מכיל 200 מ"ל תמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ בריכוז 0.2 M, אז מספר המולים של $\text{HNO}_3(\text{aq})$ בשני הכלים שונה : מספר המולים של $\text{HNO}_3(\text{aq})$ בכלי B (0.04 mol) גדול ממספר המולים של $\text{HNO}_3(\text{aq})$ בכלי A (0.02 mol).

סעיף ד' (הציון בשאלון 037381 56)

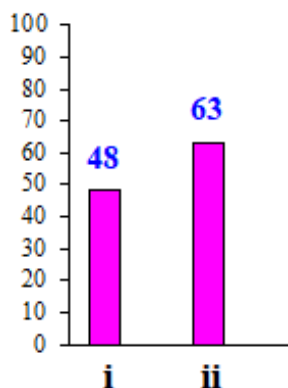
(הציון בשאלון 037387 55)

ציוני תת-סעיפים נתונים על פי שאלון 037381

כאשר הגז $\text{HBr}(\text{g})$ בא במגע עם הגז $\text{NH}_3(\text{g})$, מתרחשת התגובה :



המוצק אמוניום ברומי, $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$, שנוצר בתגובה זו מתמוסס היטב במים. קבע עבור כל אחד מן ההיגדים i ו-ii שלפניך, אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 48)

התגובה בין $\text{HBr}_{(g)}$ ובין $\text{NH}_3_{(g)}$ היא תגובת חומצה-בסיס.

התשובה

קביעה:

ההיגד נכון.

נימוק:

בתגובה הנתונה יש מעבר פרוטונים (או: יוני H^+) ממולקולות $\text{HBr}_{(g)}$ למולקולות $\text{NH}_3_{(g)}$.
 או: מולקולות $\text{NH}_3_{(g)}$ מגיבות כבסיס וקושרות פרוטונים (או: יוני H^+) (שמקורם במולקולות $\text{HBr}_{(g)}$).

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

ניתוח טעויות אופייניות

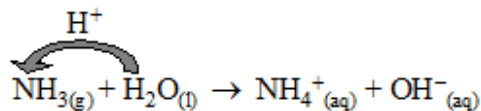
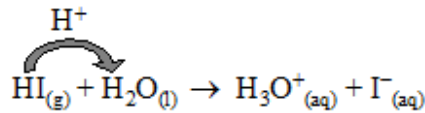
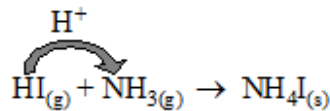
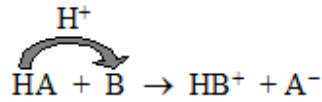
הציון נמוך. יותר ממחצית התלמידים לא הפנימו את ההגדרה של ברונסטד-לאורי לתגובת חומצה-בסיס. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשלושה סוגים עיקריים:

- קביעה שגויה ונימוק שבו התלמידים טוענים שתגובת חומצה-בסיס מתרחשת בתמיסה בלבד:
 - "ההיגד לא נכון, כי תגובות חומצה-בסיס יכולות להתרחש רק בתמיסה מימית."
 - "ההיגד לא נכון. התגובה אינה תגובת חומצה-בסיס, כי אין בה יוני הידרוניום ויוני הידרוקסיד."
- קביעה שגויה ונימוק המתייחס אמנם למעבר פרוטון, אך באופן שגוי:
 - "ההיגד לא נכון, כי שני החומרים שהגיבו מתנהגים כחומצה ואין מעבר פרוטון."
 - "ההיגד לא נכון, כי במהלך התגובה אין מעבר פרוטון."
- קביעה נכונה המלווה בנימוק המתייחס למעבר פרוטון באופן שגוי:
 - "ההיגד נכון. בתגובה נמסר אטום אחד של מימן."

- "ההיגד נכון, כי בתגובה נמסר פרוטון מ- $\text{NH}_3(\text{g})$ ל- $\text{HBr}(\text{g})$ ".

המלצות

מומלץ להדגיש לתלמידים שבתגובות חומצה-בסיס יש מעבר פרוטון - יון מימן ולא אטום מימן, ולהציג את הכיוון של מעבר פרוטון - מחומצה לבסיס באופן כללי ובדוגמאות:



תת-סעיף ii (הציון 63)

התמיסה המימית של $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s})$ מוליכה זרם חשמלי.

התשובה

קביעה:

ההיגד נכון.

נימוק:

המוצק שנוצר בתגובה זו הוא מוצק יוני שמורכב מיוני $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ ומיוני $\text{Br}^-(\text{aq})$. כאשר המוצק מתמוסס במים מתקבלים יונים ממוימים שהם ניידים.

או:



היונים הממוימים הם יונים ניידים.

לכן התמיסה המימית של $\text{NH}_4\text{Br}(\text{aq})$ מוליכה זרם חשמלי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים לא הפנימו שקיימים חומרים יוניים שהיונים החיוביים שלהם אינם יוני מתכת. היו תלמידים שזיהו חומר יוני, אך טעו בנימוקים. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לארבעה סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה עקב זיהוי שגוי של סוג החומר $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$:
 - "ההיגד לא נכון. $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ הוא חומר מולקולרי שתמיסתו לא מוליכה חשמל."
 - "ההיגד לא נכון. $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ הוא חומר קוולנטי שלא מוליך גם בתמיסה מימית."
2. קביעה שגויה הנובעת מחוסר הבנה כי בתמיסה של חומר יוני קיימת הולכה חשמלית:
 - "ההיגד לא נכון. $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ הוא חומר יוני שלא מוליך חשמל בתמיסה מימית."
3. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי הנובע מחוסר הבנה כיצד מתרחשת הולכה חשמלית בתמיסה של חומר יוני:
 - "ההיגד נכון. $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ הוא חומר יוני שמוליך חשמל בתמיסה מימית, כי יש בה אלקטרונים חופשיים"
4. קביעה נכונה המלווה בחזרה על ההיגד במקום נימוק:
 - "ההיגד נכון. $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ הוא חומר יוני שמוליך חשמל בתמיסה מימית."

המלצות

מומלץ בהוראה של נושא מוליכות חשמלית להיעזר בהמלצות, הכוללות טבלה מסכמת, המופיעות בעמוד 21, בחוברת הנמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:
[סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הברגרות בכימיה](#) תשנ"ח-תשע"ו:
קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה.

המלצות לשאלה 14

בהוראת הנושא חומצות ובסיסים מומלץ להיעזר בחוברת:
[סיכום ניתוח השאלות בנושא "חומצות ובסיסים" בבחינות הברגרות בכימיה](#) תשנ"ט-תשע"ז:
קשיי למידה, דרכי הוראה המותאמות לתוכנית הלימודים 30-70.

המלצות להתמודדות עם קושי של חוסר הבחנה בין נפח הגז לנפח התמיסה

כתוצאה מחוסר הבחנה זה מופיע חישוב של נפח התמיסה בתום התגובה על ידי חיבור נפח הגז עם נפח התמיסה ההתחלתית. בעיה זו אותרה במספר שאלות וגם בשנים קודמות. בזמן ביצוע הניסויים של המסת גזים במים מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין נפח הגז ונפח התמיסה. חשוב מאוד להדגיש לתלמידים שנפח הגז ונפח התמיסה הם דברים שונים לגמרי. מומלץ בפתרון שאלה, המשלבת נפח הגז ונפח התמיסה המימית, לציין אם מדובר בחישוב הנוגע לגז או בחישוב הנוגע לתמיסה, כפי שנעשה במחוונים לשאלוני בגרות ובחברות של ניתוח בגרות. מומלץ

לכתוב לפני החישוב עצמו למה בדיוק הוא מתייחס (ראו למשל את התשובה לתת-סעיף א iii בשאלה 14):

- מספר המולים של הגז שהגיבו: (חישוב)
 - הנפח של הגז שנוצר: (חישוב)
 - מספר המולים של המומס בתמיסה: (חישוב)
 - הריכוז המולרי של התמיסה (חישוב)
- אפשר כמובן להשתמש בנוסחאות מתאימות הנמצאות בנספח לבחינת בגרות "נוסחאות ונתונים בכימיה", אך לפני השימוש בנוסחה מומלץ לציין אם מדובר בגז או בתמיסה. אם משתמשים בטבלאות, מומלץ לציין גם בטבלה אם מדובר בגז או בתמיסה.
- אנו מביאים מספר שאלות לתרגול. דרך הפתרון של שתי השאלות הראשונות עשויה לעזור לתלמידים להתגבר על הבעיה של חוסר הבחנה בין נפח הגז לבין נפח התמיסה.

שאלות לתרגול בנושאים: חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

שאלה 1

ל-100 מ"ל תמיסת סידן הידרוקסידי, $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$, הזרימו 2.5 ליטר גז פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_{2(\text{g})}$. בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר.

התרחשה התגובה:
$$\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})} + \text{CO}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CaCO}_{3(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$$
 המגיבים הגיבו בשלמות.

סעיף א

חשב את מספר המולים של כל אחד מן היונים בתמיסת $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$ לפני התגובה. פרט את חישוביך.

סעיף ב

חשב את הריכוז של כל אחד מן היונים בתמיסת $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$ לפני התגובה. פרט את חישוביך.

סעיף ג

חשב את המסה של סידן פחמתי, $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$, שהתקבל בתגובה. פרט את חישוביך.

התשובה

לפני ביצוע החישובים נרכז בנפרד את הנתונים על כל אחד מן המגיבים - תמיסה וגז.

תמיסת $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$:

היונים בתמיסה: $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ ו- $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$

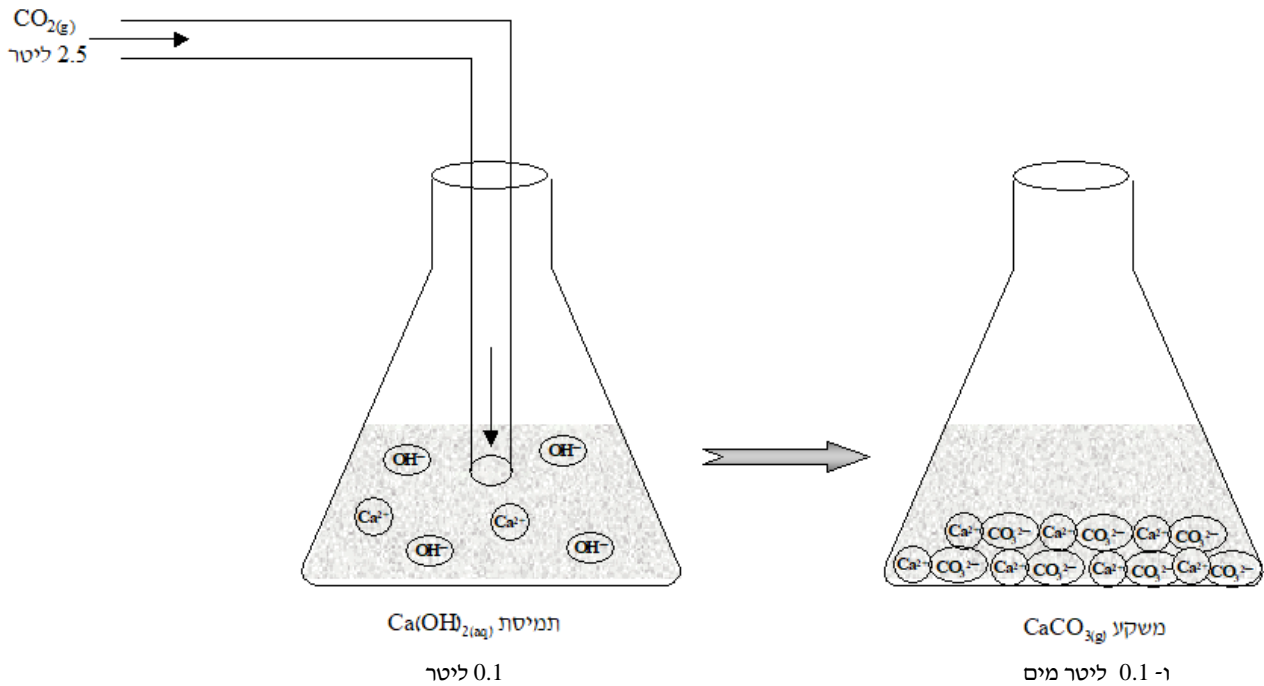
נפח התמיסה: 0.1 liter

הגז $\text{CO}_2(\text{g})$:

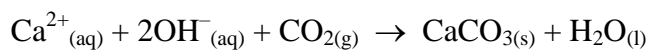
נפח הגז : 2.5 liter

הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר

איור הניסוי :



לאחר הזרמת הגז $\text{CO}_2(\text{g})$ לתמיסת $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$ נפח התמיסה לא השתנה, כי מולקולות $\text{CO}_2(\text{g})$ השתלבו בתמיסה הנתונה - כל החלקיקים נמצאים באותו נפח.

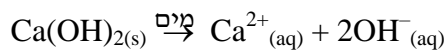


סעיף א

$$\frac{2.5 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.1 \text{ mol}$$

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

הכנה של תמיסת $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$:



יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$, יוני $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ וגז $\text{CO}_2(\text{g})$ הוא 1:1:2.

לכן מספר המולים של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ בתמיסה 0.01 מול ושל יוני $\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$ הוא 0.02 מול.

סעיף ב

הריכוז של כל אחד מן היונים בתמיסת $\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})}$ לפני התגובה :

$$\frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ liter}} = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$$

הריכוז של יוני $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ בתמיסה:

$$\frac{0.02 \text{ mol}}{0.1 \text{ liter}} = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$$

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

סעיף ג

0.1 mol

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

יחס המולים בניסוח התגובה בין $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$ ל- $\text{CO}_{2(\text{g})}$ הוא 1:1 .

0.1 mol

לכן מספר המולים של $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$ שהתקבל :

$$100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

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

$$100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.1 \text{ mol} = 10 \text{ gr}$$

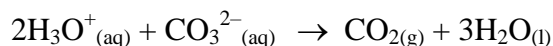
המסה של $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$:

או:

$\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})} + \text{CO}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CaCO}_{3(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$					יחידות	גדלים
1	2	1	1	1		יחסי המולים בניסוח התגובה
0.1					M	ריכוז התמיסה
0.1					liter	נפח התמיסה
0.01	0.02	0.1	0.1		mol	מספר מולים
			100		$\frac{\text{gr}}{\text{mol}}$	מסה מולרית
			10		gr	מסה נתונה/עדרשת
		25			$\frac{\text{liter}}{\text{mol}}$	נפח מולרי של גז
		2.5			liter	נפח הגז

שאלה 2

לכלי המכיל 100 מ"ל תמיסת $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ בריכוז 0.2 M הוסיפו 50 מ"ל תמיסת $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$.
התרחשה התגובה:



בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 30 ליטר.

סעיף א

חשב את הריכוז המולרי של תמיסת $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ שהוכנסה לכלי. פרט את חישוביך.

סעיף ב

חשב את הנפח של הגז $\text{CO}_{2(\text{g})}$ שהתקבל בתגובה. פרט את חישוביך.

התשובה

לפני ביצוע החישובים נרכז בנפרד את הנתונים על כל אחד מן המגיבים ועל הגז בתוצרים - תמיסות וגז.
תמיסת $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ (במגיבים):

היונים בתמיסה: $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ ו- $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$

נפח התמיסה: 0.1 liter

ריכוז התמיסה: 0.2 M

תמיסת $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ (במגיבים):

היונים בתמיסה: $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ ו- $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$

נפח התמיסה: 0.05 liter

הגז $\text{CO}_{2(\text{g})}$ (בתוצרים):

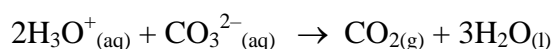
הנפח של 1 מול גז הוא 30 ליטר

סעיף א

$$0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.1 \text{ liter} = 0.02 \text{ mol}$$

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

התגובה שהתרחשה בכלי:



יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ לבין יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ הוא 2:1.

$$\frac{0.02 \text{ mol} \times 1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 0.01 \text{ mol}$$

מספר המולים של יוני $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ שהגיבו:

0.01 מול יוני $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ נמצאים ב- 0.05 ליטר תמיסת $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$.

הריכוז המולרי של יוני $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ בתמיסת $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ שהוכנסה לכלי:

$$\frac{0.01 \text{ mol}}{0.05 \text{ liter}} = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)}$$

הכנה של תמיסת $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$:



יחס המולים בין $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$, יוני $\text{Na}^+(\text{aq})$ ו- $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$ בניסוח התגובה הוא 1:2:1.

לכן הריכוז המולרי של תמיסת $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ שהוכנה לכלי: 0.2 M

סעיף ב

יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ לבין הגז $\text{CO}_2(\text{g})$ הוא 1:1.

לכן מספר המולים של הגז $\text{CO}_2(\text{g})$ שהתקבל: 0.01 מול

$$30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} \times 0.01 \text{ mol} = 0.3 \text{ liter} \quad \text{הנפח של הגז } \text{CO}_2(\text{g}) \text{ שהתקבל:}$$

שאלה 3

לכלי המכיל 200 מ"ל מים הזרימו תערובת של שני גזים, שמכילה 0.5 ליטר מימן כלורי, $\text{HCl}(\text{g})$

ו- 0.5 ליטר מימן ברומי, $\text{HBr}(\text{g})$. התקבלה תמיסה מימית.

בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר.

סעיף א

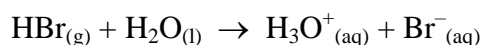
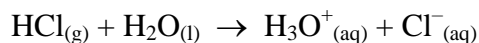
נסח את שתי התגובות שהתרחשו בניסוי.

סעיף ב

חשב את הריכוז המולרי של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסה שהתקבלה. פרט את חישוביך.

התשובה

סעיף א



סעיף ב

$$\frac{0.5 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.02 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } \text{HCl}(\text{g}) \text{ שהגיב:}$$

$$\frac{0.5 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.02 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } \text{HBr}(\text{g}) \text{ שהגיב:}$$

יחס המולים בכל אחת מהתגובות בין גז ליוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ הוא 1:1,

לכן בכל אחת מהתגובות נוצרים 0.2 מול יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$.

המספר הכולל של המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ שנוצרו בשתי התגובות:

$$0.02 \text{ mol} + 0.02 \text{ mol} = 0.04 \text{ mol}$$

$$\frac{0.04 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)} \quad \text{הריכוז המולרי של יוני } \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \text{ בתמיסה שהתקבלה:}$$

שאלה 4

כללי המכיל 600 מ"ל מים הזרימו 1.2 ליטר גז מימן יודי, $\text{HI}_{(g)}$.
בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 40 ליטר.

סעיף א

חשב את הריכוז המולרי של התמיסה שהתקבלה. פרט את חישוביך.

סעיף ב

קבע אם תחום ה-pH של התמיסה שהתקבלה הוא חומצי, בסיסי או ניטרלי. נמק.

סעיף ג

חשב את הריכוז המולרי הכולל של היונים שהתקבלו בתמיסה. פרט את חישוביך.

התשובה

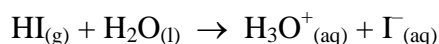
סעיף א

$$\frac{1.2 \text{ liter}}{40 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 0.03 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של הגז HI}_{(g)} \text{ שהוזרם למים:}$$

$$\frac{0.03 \text{ mol}}{0.6 \text{ liter}} = 0.05 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)} \quad \text{הריכוז המולרי של התמיסה שהתקבלה:}$$

סעיף ב

לאחר הזרמת הגז $\text{HI}_{(g)}$ למים התרחשה התגובה שבה נוצרים יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$.



לכן תחום ה-pH של התמיסה שהתקבלה הוא חומצי.

סעיף ג

על פי יחס ניסוח התגובה יחס המולים בין $\text{HI}_{(g)}$ ליוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ וליוני $\text{I}^-_{(aq)}$ הוא 1:1:1.

לכן אם הגיבו 0.03 מול $\text{HI}_{(g)}$, התקבלו 0.03 מול יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ ו-0.03 מול יוני $\text{I}^-_{(aq)}$.

$$0.03 \text{ mol} + 0.03 \text{ mol} = 0.06 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים הכולל של היונים שהתקבלו בתמיסה:}$$

$$\frac{0.06 \text{ mol}}{0.6 \text{ liter}} = 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \text{ (M)} \quad \text{הריכוז המולרי הכולל של היונים שהתקבלו בתמיסה:}$$