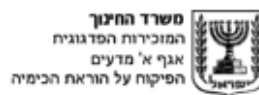




סינהלת מל"ם
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלון 37381 תשע"ז

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

בראשות: זיוה בר-דב

צוות הכתיבה: חני אלישע

אסתר ברקוביץ

מוחמד גרה

ריס סאבא

אלה פרוטקין-זילברמן

מיכאל קויפמן

רחל קלנר

עדינה שינפלד

נאוה תמם

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

ד"ר דבורה קצביץ

פרופ' ליאור קרוניק

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

מרץ 2018

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

תוכן עניינים

4	מבוא כללי
6	ניתוח התוצאות של שאלה 1
26	ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות
27	ניתוח התוצאות של שאלה 2
40	ניתוח התוצאות של שאלה 3
49	ניתוח התוצאות של שאלה 4
62	ניתוח התוצאות של שאלה 5
75	ניתוח התוצאות של שאלה 6
90	ניתוח התוצאות של שאלה 7

אנו מודים ל-60 מעריכי בחינות הבגרות בכימיה, אשר השתתפו ביום העיון

שהתקיים בתיכון חדרה, בתאריך 16.1.2018.

המפגש עסק בעקרונות חיבור הבחינה, בסיכום וניתוח של תוצאות בחינת הבגרות.

התקיימה סדנה בה עבדו המעריכים בקבוצות, בהנחיית המעריכים הבכירים, על

שיפור הערכת הבחינה לקראת בחינת הבגרות תשע"ח, על איתור הסיבות לפערים

בהערכת הסעיפים אחדים ועל ההצעות לדרכי הוראה מיוחדות של נושאים שונים.

סיכומי העבודה בסדנה עזרו לנו בכתיבת חוברת זו.

מבוא כללי

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.

[בדף בחינות הבגרות בכימיה](#)

[ובאתר המפמ"ר](#).

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

הפרק הראשון של הבחינה הוא פרק חובה המכיל:

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

- שאלה 2 - ניתוח קטע ממאמר מדעי.

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

ניתוח שאלה 1 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציון שאלה 1) ותוצאות המדגם של

300 דפי תשובות של תלמידים (ציוני סעיפים).

ניתוח השאלות מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים בשאלות

2-7), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני סעיפים בשאלה 1 וציוני תת-סעיפים בשאלות 2-7),

ועל טעויות אופייניות שאותרו על-ידי מעריכי בחינת הבגרות.

השנה ניגשו לבחינה **12,432** תלמידים, על-פי הממצאים של מכון סאלד.

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 אותן הנקודות הבאות:

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

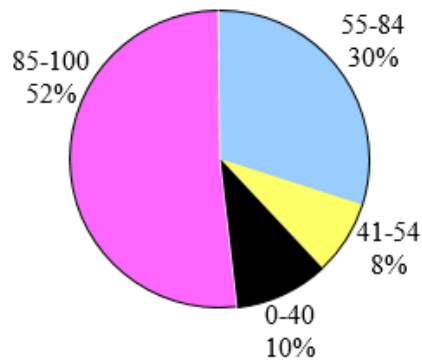
ניתוח התוצאות של שאלה 1

החלק הרב ברירתי בבחינת הבגרות תשע"ז

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

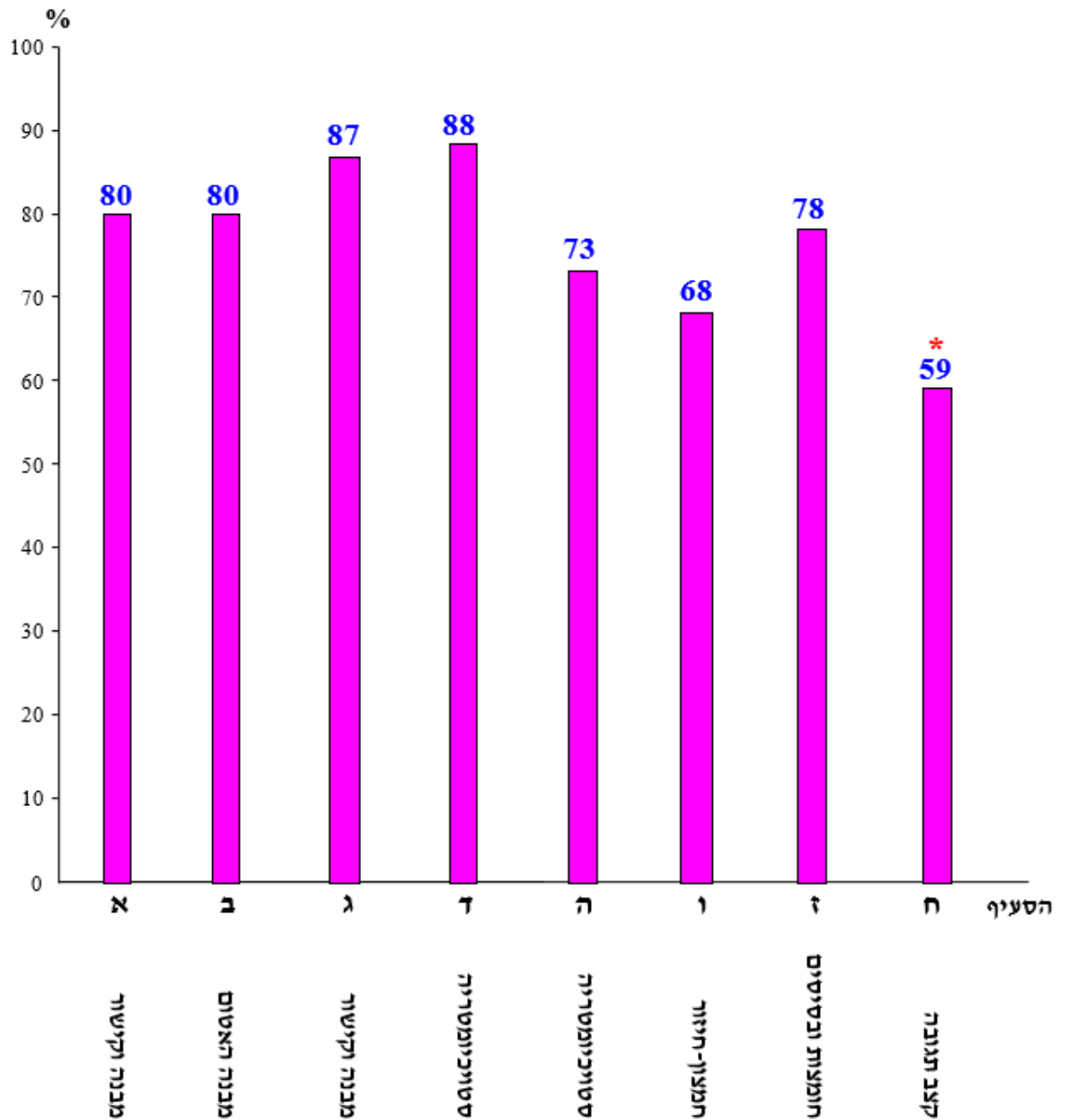
ציון ממוצע של שאלה 1 הוא 77

פיזור הציונים על-פי הממצאים של מכון סאלד



ציונים ממוצעים ורמות חשיבה לסעיפי שאלה 1:

נושא	מבנה וקישור	מבנה האטום	מבנה וקישור	סטויכימטריה	חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים	קצב תגובה
שאלה	א	ב	ג	ד	ה	ו	ח
ציון	80	80	87	88	73	78	59
רמת חשיבה	יישום	הבנה	הבנה	יישום	יישום	יישום	הבנה



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ← לרשום נוסחת ייצוג אלקטרוני של אטום על פי לואיס.
- ← לקשר בין מספר אלקטרוני ערכיות באטום היסוד לבין מספר הטור שבו נמצא היסוד במערכה המחזורית.
- ← לקבוע את מטען היון שנוצר מאטום היסוד בתרכובת יונית.
- ← לקבוע נוסחה של תרכובת יונית.

סיבות אפשריות לטעויות

20% מהתלמידים טעו. הסיבות העיקריות לכך:

- קושי לקשר בין מספר אלקטרוני ערכיות באטום היסוד לבין מספר הטור שבו נמצא היסוד במערכה המחזורית.
- קושי לקבוע את מטעני היונים שנוצרו מאטומי היסודות בתרכובת יונית, למרות זיהוי נכון של הטור שבו נמצא היסוד במערכה המחזורית.
- קושי בקביעת נוסחה אמפירית של תרכובת יונית.

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 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.

שאלות לדוגמה: שאלה 1א' מבגרות תשע"ד, שאלה 1א' מבגרות תשע"ג, שאלה 1א' מבגרות תשע"ב, שאלה 1א' מבגרות תשס"ט, שאלה 1ה' מבגרות תשס"ב.

ב' מבנה האטום

בעת האחרונה הצליחו מדענים ליצור באופן מלאכותי ארבעה יסודות חדשים שהמספרים האטומיים שלהם: 113, 115, 117 ו-118.

היסוד שמספרו האטומי 118 נמצא בטבלה המחזורית מתחת ליסוד ראדון, ${}_{86}\text{Rn}$.

לפניך ארבעה היגדים 1-4. מהו ההיגד הלא נכון?

80%	1.	ארבעת היסודות החדשים נמצאים באותו טור בטבלה המחזורית. (התשובה הנכונה)
7%	2.	לאטומים של ארבעת היסודות החדשים יש מספר שווה של רמות אנרגיה מאוכלסות.
5%	3.	לאטום של היסוד שמספרו האטומי 118, יש 8 אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר.
8%	4.	ארבעת היסודות החדשים נמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית.

הנימוק

התשובה הנכונה היא 1 - ההיגד לא נכון. ארבעת היסודות החדשים נמצאים באותה שורה ולא באותו טור. היות והאטום של היסוד שמספרו האטומי 118 נמצא בטור 8, היסודות האחרים נמצאים לפניו באותה שורה.

היגדים 2 ו-4 נכונים: היסודות נמצאים באותה שורה, ובאטומי היסודות האלה יש אותו מספר של רמות אנרגיה מאוכלסות.

היגד 3 נכון: אטום של היסוד שמספרו האטומי 118 נמצא בטור של ראדון, ${}_{86}\text{Rn}$, טור הגזים האצילים, באטום של היסוד 8 אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר, כי המשותף לכל אטומי היסודות בטור השמיני הוא שמונה אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר (פרט להליום).

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר את המבנה של הטבלה המחזורית - מחזורים וטורים.
- לקשר בין מיקום היסוד בטבלה המחזורית לבין מספר האלקטרונים ברמה הגבוהה ביותר באטום של יסוד זה.
- לקשר בין מיקום היסוד בטבלה המחזורית לבין מספר רמות אנרגיה מאוכלסות באטום שלו.

סיבות אפשריות לטעויות

8% מהתלמידים קבעו שהיגד 4 אינו נכון. הם לא הצליחו לקבוע את מיקום היסודות החדשים בטבלה המחזורית - על פי נתוני השאלה לגבי היסוד שמספרו האטומי 118.

7% מהתלמידים קבעו שהיגד 2 אינו נכון. הם לא הצליחו לקשר בין מיקום היסוד בטבלה המחזורית לבין מספר רמות אנרגיה מאוכלסות באטום שלו.

5% מהתלמידים קבעו שהיגד 3 אינו נכון. הם לא הצליחו לקשר בין מיקום היסוד בטבלה המחזורית לבין מספר האלקטרונים ברמה הגבוהה ביותר באטום של יסוד זה.

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים את המבנה של הטבלה המחזורית - מחזורים וטורים. אפשר להיעזר [בכתבה של איתן אוקסנברג: להבין את הטבלה המחזורית, אתר מכון דוידסון און ליין](#).

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מתאימות, כגון שאלה 1' מבחינת הבגרות תשע"א. מומלץ להיעזר בחוברות של ניתוח בגרות משנים קודמות, הכוללות נימוקים לתשובות לשאלות סגורות והמלצות.

ג' מבנה וקישור

בטבלה שלפניך מידע על המוליכות החשמלית של ארבעה חומרים מוצקים. רק חלק מן המידע הוא נכון.

מוליכות חשמלית במצב נוזל	מוליכות חשמלית במצב מוצק	החומר
+	+	Rb _(s) , רובידיום
-	+	RbBr _(s) , רובידיום ברומי
+	-	C _{גרפיט(s)} , גרפיט
-	-	SiO _{2(s)} , צורן דו-חמצני

מהם החומרים שעבורם המידע שבטבלה הוא נכון?

Rb _(s) ו- RbBr _(s)	.1	5%
RbBr _(s) ו- C _{גרפיט(s)}	.2	4%
Rb _(s) ו- C _{גרפיט(s)}	.3	4%
Rb _(s) ו- SiO _{2(s)} (התשובה הנכונה)	.4	87%

הנימוק

התשובה הנכונה היא 4.

המתכת רובידיום מוליכה חשמל גם במצב מוצק וגם במצב נוזל, הודות לאלקטרונים החופשיים לנוע - "ים אלקטרונים".

צורן דו-חמצני הוא חומר אטומרי שלא מוליך חשמל במצב מוצק ובמצב נוזל, כי אין בו חלקיקים טעונים בעלי כושר ניידות.

המסויחים 1, 2, 3 לא נכונים, הם מתייחסים למידע שאינו נכון:

רובידיום ברומי - חומר יוני שלא מוליך חשמל במצב מוצק, כי היונים המרכיבים אותו - המטענים אינם ניידים, ומוליך במצב נוזל, כי במצב זה היונים חופשיים לנוע.

גרפיט - חומר אטומרי שמוליך במצב מוצק, כי יש בו אלקטרונים חופשיים לנוע.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לזהות את סוג החומר והמבנה שלו על פי נוסחת החומר.
- לקבוע מוליכות חשמלית של חומרים מסוגים שונים: מתכתי, יוני, אטומרי, על פי תכונותיהם.
- לקבוע שגרפיט - חומר אטומרי מיוחד, מוליך חשמל.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון גבוה. רוב התלמידים הכירו תכונות המאפיינות סוגים שונים של חומרים.
13% מהתלמידים שטעו לא הכירו תכונות של רובידיום ברומי - חומר יוני ושל גרפיט - חומר אטומרי מיוחד.
יתכן שהיו תלמידים, אשר בחרו במסיחים 1 ו-3, ראו שמידע על רובידיום נכון, ולא המשיכו לבדוק אם המשך המשפט המתאיחס לרובידיום ברומי או לגרפיט אף הוא נכון.

המלצות

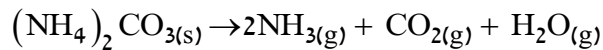
מומלץ לבנות עם התלמידים טבלה המסכמת את המוליכות החשמלית של חומרים מסוגים שונים:

מוליכות חשמלית במצב נוזל	מוליכות חשמלית במצב מוצק	סוג החומר
+	+	מתכתי
+	-	יוני
-	-	מולקולרי
-	-	אטומרי (לא כולל גרפיט)
+	+	גרפיט

מומלץ לתרגל כיצד מזהים את סוג החומר לפי המוליכות החשמלית שלו ולהפך.

ד' סטויכיומטריה

המוצק אמוניום פחמתי, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s})$, מתפרק בחימום על פי התגובה:



חימומו דגימה של $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s})$.

הנפחים של הגזים שהתקבלו נמדדו בתנאים שווים של טמפרטורה ולחץ. מהי הקביעה הנכונה בנוגע לתוצרים שהתקבלו בתגובה זו?

1.	מספר המולקולות של $\text{NH}_3(\text{g})$ שווה למספר המולקולות של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.	2%
2.	הנפח של $\text{NH}_3(\text{g})$ גדול פי 2 מהנפח של $\text{CO}_2(\text{g})$. (התשובה הנכונה)	88%
3.	הנפח של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ שווה לנפח של $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s})$.	5%
4.	המסה של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ שווה למסה של $\text{CO}_2(\text{g})$.	5%

הנימוק




התשובה הנכונה היא 2.

על פי השערת אבוגדרו, בתנאים שווים של טמפרטורה ולחץ, נפחים שווים של גזים שונים מכילים אותו מספר חלקיקי גז. יחס המולים בניסוח תגובה שווה ליחס הנפחים של הגזים. יחס המולים בניסוח התגובה הנתונה בין $\text{CO}_2(\text{g})$ ל- $\text{NH}_3(\text{g})$ הוא 1:2, לכן הנפח של $\text{NH}_3(\text{g})$ גדול פי 2 מהנפח של $\text{CO}_2(\text{g})$.

מסיח 1 אינו נכון. יחס המולים בניסוח התגובה הנתונה בין $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ל- $\text{NH}_3(\text{g})$ הוא 1:2, לכן מספר המולקולות של $\text{NH}_3(\text{g})$ גדול פי 2 ממספר המולקולות של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. מסיח 3 אינו נכון. הנפח של מול גז גדול בהרבה מהנפח של מול מוצק. מסיח 4 אינו נכון. המסה המולרית של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ו- $\text{CO}_2(\text{g})$ שונה.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ליישם את השערת אבוגדרו בקביעת היחס בין נפחי הגזים הנוצרים בתגובה הנתונה. 
- להציג את המקדמים בניסוח תגובה כמייצגים את יחס המולים של החומרים (ולא יחס המסות). 
- לקשר את יחס המולים בניסוח התגובה ליחס בין מספר מולקולות החומרים. 

סיבות אפשריות לטעויות:

הציון גבוה. רוב התלמידים יישמו נכון את השערת אבוגדרו.
5% מהתלמידים, שבחרו במסח 3, לא הבינו שהשערת אבוגדרו מתייחסת לגזים בלבד.
5% מהתלמידים, שבחרו במסח 4, לא הבינו שמקדמים בניסוח התגובה מייצגים את יחס המולים של החומרים ולא מייצגים את יחס המסות.
2% מהתלמידים, שבחרו במסח 1, לא הבינו שיחס המולים בניסוח התגובה הוא גם היחס בין מספר מולקולות החומרים.

המלצות

מומלץ לעבוד עם התלמידים על האנימציה המלווה [בדף עבודה מאת ד"ר מלכה יאנון](#), אתר המרכז הארצי למורי הכימיה.
כדי לתרגל את חוקי הגזים אפשר להיעזר במשימות הדיאגנוסטיות, שפותחה בקהילות תשע"ז: חוקי הגזים - מודל, חוקי הגזים - המודל החלקיקי, חוקי הגזים - בלונים, חוקי הגזים - הבקבוק בפרו.
[אתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

ה' סטויכיומטריה

ערבבו 400 מ"ל תמיסת $0.4M KCl_{(aq)}$ עם 400 מ"ל תמיסת $0.8M MgCl_{2(aq)}$.

מהי הקביעה הנכונה בנוגע לריכוז של יוני $Cl^-_{(aq)}$ בתמיסה שהתקבלה?

- | | | |
|-----|----|---|
| 12% | 1. | $0.6M$, כי נפח התמיסה גדל פי 2 ולכן ריכוז יוני $Cl^-_{(aq)}$ קטן פי 2. |
| 7% | 2. | $0.8M$, כי בתמיסה שהתקבלה יש 0.8 מול יוני $Cl^-_{(aq)}$. |
| 73% | 3. | $1.0M$, כי בתמיסה שהתקבלה יש 0.8 מול יוני $Cl^-_{(aq)}$. (התשובה הנכונה) |
| 8% | 4. | $1.0M$, כי נפח התמיסה גדל פי 2 ומספר המולים הכולל של יוני $Cl^-_{(aq)}$ הוא 2 מול. |

הנימוק

התשובה הנכונה היא 3.

מספר המולים של אשלגן כלורי ב- 400 מ"ל תמיסה: $0.4 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.4 \text{ liter} = 0.16 \text{ mol}$

אשלגן כלורי הוא חומר יוני.

בהמסה במים של 1 מול $KCl_{(s)}$ מתקבל 1 מול יוני $K^+_{(aq)}$ ו- 1 מול יוני $Cl^-_{(aq)}$.

בהמסה במים של 0.16 מול $KOH_{(s)}$ מתקבלים 0.16 מול יוני $Cl^-_{(aq)}$.

מספר המולים של מגנזיום כלוריד ב- 400 מ"ל תמיסה: $0.8 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.4 \text{ liter} = 0.32 \text{ mol}$

מגנזיום כלורי הוא חומר יוני.

בהמסה במים של 1 מול $MgCl_{2(s)}$ מתקבל 1 מול יוני $Mg^{2+}_{(aq)}$ ו- 2 מול יוני $Cl^-_{(aq)}$.

מספר המולים של יוני $Cl^-_{(aq)}$ המתקבלים בהמסה במים של 0.32 מול $MgCl_{2(s)}$:

$$0.32 \text{ mol} \times 2 = 0.64 \text{ mol}$$

נפח התמיסה שהתקבלה לאחר הערבוב: $0.4 \text{ liter} + 0.4 \text{ liter} = 0.8 \text{ liter}$

מספר המולים של יוני $Cl^-_{(aq)}$ בתמיסה שהתקבלה: $0.16 \text{ mol} + 0.64 \text{ mol} = 0.8 \text{ mol}$

הריכוז של יוני $Cl^-_{(aq)}$ בתמיסה שהתקבלה: $\frac{0.8 \text{ mol}}{0.8 \text{ liter}} = 1M$

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

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

סיבות אפשריות לטעויות

- הציון בינוני. 27% מהתלמידים שטעו התקשו לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור תמיסת מימיות של חומרים יוניים המכילות יונים מאותו סוג. הטעויות האופייניות העיקריות הן:
- חוסר הבחנה בין מספר המולים של יוני כלור בתמיסה לבין הריכוז של יונים אלה.
 - חישוב שגוי של מספר המולים של יוני כלור בתמיסת $MgCl_{2(aq)}$.

המלצות

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

ח' חמצון-חיזור

בתוך כלי העשוי מן המתכת כסף, $Ag(s)$, ערבבו שתי תמיסות:
תמיסת כסף חנקתי, $AgNO_3(aq)$, ותמיסת מגנזיום חנקתי, $Mg(NO_3)_2(aq)$.

נתון: יוני $Ag^+(aq)$ הם מחמצן יותר חזק מיוני $Mg^{2+}(aq)$.

מהי הקביעה הנכונה?

- | | | |
|----|---|------------|
| 1. | יוני $Ag^+(aq)$ מחמצנים את יוני $Mg^{2+}(aq)$. | 18% |
| 2. | יוני $Mg^{2+}(aq)$ מחמצנים את יוני $Ag^+(aq)$. | 5% |
| 3. | יוני $Mg^{2+}(aq)$ מחמצנים את המתכת $Ag(s)$. | 9% |
| 4. | אפשר לאחסן את שתי התמיסות בכלי העשוי מן המתכת כסף, $Ag(s)$. | 68% |

(התשובה הנכונה)

הנימוק

התשובה הנכונה היא 4. אפשר לאחסן את שתי התמיסות בכלי כסף, כי המתכת $Ag(s)$ לא מגיבה עם תמיסת יוני $Ag^+(aq)$ וגם לא מגיבה עם יוני $Mg^{2+}(aq)$. לא מתרחשת תגובה בין המתכת $Ag(s)$ ליוני $Mg^{2+}(aq)$, כי יוני $Mg^{2+}(aq)$ הם מחמצן חלש יותר מיוני $Ag^+(aq)$ ולא ימשכו אלקטרונים ממתכת הכסף.

על פי הסבר זה, מסיח 3 אינו נכון.

מסיחים 1 ו-2 אינם נכונים, כי לא מתרחשת תגובה בין יוני $Ag^+(aq)$ ויוני $Mg^{2+}(aq)$.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר מהן תגובות חמצון-חיזור, מהו המחמצן ומהו המחזור.
- להשתמש בשורה האלקטרוכימית לקביעת הכושר היחסי של יוני מתכות לחמצן.
- לקבוע אם מתרחשת תגובה בין מתכת ליוני מתכת אחרת - על פי הכושר היחסי של יוני מתכות לחמצן, בעזרת השורה האלקטרוכימית.
- לקשר בין התרחשות התגובה של מתכת עם יוני מתכת אחרת לבין אפשרות אחסון התמיסה בכלי.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון נמוך יחסית. 23% מהתלמידים בחרו במסיחים 1 ו-2. תלמידים אלה לא מבחינים בין מתכת ליוני מתכת ממוימים, אינם בקיאים בתגובות חמצון-חיזור - לא מבינים שבתגובה צריכים לפעול גם מחמצן וגם מחזור.

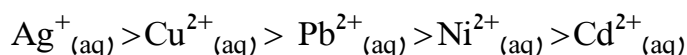
9% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3, מתקשים לקבוע אם מתרחשת תגובה בין מתכת ליוני מתכת אחרת - על פי הכושר היחסי של יוני מתכות לחמצן, בעזרת השורה האלקטרוכימית.

המלצות

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 טובלים מתכות שונות בתמיסות המכילות יונים של מתכות אחרות. הסימולציה פותחה על ידי פרופ' Tom Greenbowe במסגרת התוכנית "כימיה... זה בתוכנו" ומלווה בדפי העבודה שפותחו על ידי ד"ר שלי ליבנה וד"ר מלכה יאיון. [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

דוגמה לשאלה המתאימה לתרגול:

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



א. רשום קטע משורה אלקטרוכימית של מתכות: $Ag_{(s)}$, $Ni_{(s)}$, $Cu_{(s)}$, $Pb_{(s)}$, המדורגות על פי הכושר היחסי של מתכת לחזור.

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

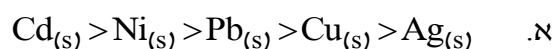
Cd _(s)	Ni _(s)	Pb _(s)	Cu _(s)	Ag _(s)	מתכת
					יוני מתכת
					Ag ⁺ _(aq)
					Cu ²⁺ _(aq)
					Pb ²⁺ _(aq)
					Ni ²⁺ _(aq)
					Cd ²⁺ _(aq)

ג. בכל מקרה שבו מתרחשת תגובה, נסח אותה.

ד. קבע אם אפשר לשמור תמיסת יוני Ni²⁺_(aq) בכלי עשוי Cu_(s). **נמק.**

ה. קבע אם אפשר לשמור תמיסת יוני Ag⁺_(aq) בכלי עשוי Cu_(s). **נמק.**

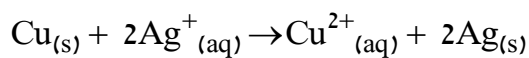
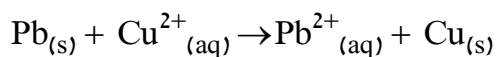
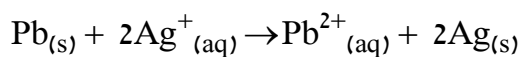
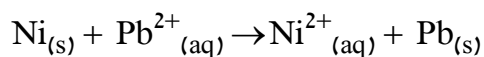
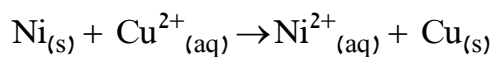
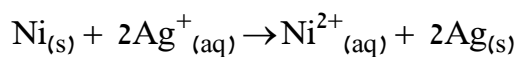
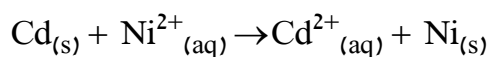
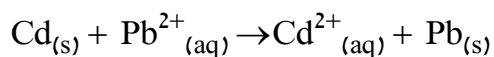
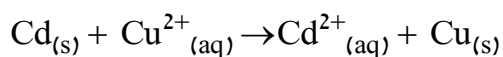
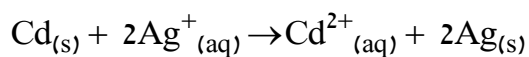
התשובה:



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)

ג.



ד. אפשר לשמור תמיסת יוני Ni²⁺_(aq) בכלי עשוי Cu_(s), כי יוני Ni²⁺_(aq) הם מחמצן חלש יותר מיוני Cu²⁺_(aq) (או: כי Ni_(s) הוא מחזור חזק יותר מ-Cu_(s)). לכן לא תתרחש תגובה בין יוני Ni²⁺_(aq) לכלי עשוי Cu_(s).

ה. אי-אפשר לשמור תמיסת יוני Ag⁺_(aq) בכלי עשוי Cu_(s), כי יוני Ag⁺_(aq) הם מחמצן חזק יותר מיוני Cu²⁺_(aq) (או: כי Ag_(s) הוא מחזור חלש יותר מ-Cu_(s)). לכן תתרחש תגובה בין יוני Ag⁺_(aq) לכלי עשוי Cu_(s).

חומצות ובסיסים

הכינו 50 מ"ל של כל אחת מן התמיסות: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$, $\text{HNO}_3(\text{aq})$, $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ ומדדו את ה-pH שלהן. לכל אחת מן התמיסות הוסיפו 50 מ"ל של מים. איזו מן השורות 1-4 בטבלה שלפניך מציגה נכון את השינוי שחל ב-pH של כל אחת מן התמיסות?

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$	$\text{HNO}_3(\text{aq})$	$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$		
לא השתנה	ירד	עלה	1.	16%
לא השתנה	עלה	ירד	2.	78%
ירד	ירד	עלה	3.	2%
עלה	עלה	ירד	4.	4%

שורה 2 – תשובה נכונה

הנימוק:

התשובה הנכונה היא 2.

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	HNO_3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	החומר המומס
מלח	חומצה	בסיס	סוג החומר המומס
שווה ל-7	קטן מ-7	גדול מ-7	pH התמיסה המקורית

ההבדל בין שלושת התמיסות הוא בריכוז של יוני הידרוניום. ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסת $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ קטן מאוד ושווה לריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ (כמו במים), לכן מיהול התמיסה לא ישפיע על ה-pH שלה והוא יישאר שווה ל-7. ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסת $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ קטן מריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$. לכן לאחר מיהול התמיסה ריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ יקטן ו-pH התמיסה ירד, אך יישאר בתחום הבסיסי (יהיה פחות בסיסי), ז.א. יהיה גדול מ-7. הוספת מים לבסיס מוהלת אותו, ולכן רמת הבסיסיות יורדת. ריכוז יוני הידרוניום בתמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ גדול מריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$. לכן לאחר מיהול התמיסה ריכוז יוני הידרוניום יקטן, ו-pH התמיסה יעלה, אך יישאר בתחום החומצי (יהיה פחות חומצי), ז.א. יהיה קטן מ-7. מיהול החומצה על ידי מים גורם לירידה ברמת החומציות, המתבטאת ב-pH התמיסה גבוה יותר.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ◀ למיין את התרכובות הנתונות לחומצות, בסיסים וחומרים יוניים ניטרליים.
- ◀ להציג את ההתנהגות והתגובות של חומצות ובסיסים במים.
- ◀ לקשר בין ריכוז יוניי הידרוניום וריכוז יוניי הידרוקסיד בתמיסה מימית לתכונות התמיסה.
- ◀ להסביר את משמעות ה-pH של תמיסה.
- ◀ לקשר בין שינוי הריכוז של יוניי $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ושל יוניי $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתמיסה מימית לבין שינוי ה-pH של התמיסה.
- ◀ להסביר את משמעות המיחול של תמיסה מימית.
- ◀ לקשר בין מיחול התמיסה לבין שינוי הריכוז של יוניי $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ושל יוניי $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתמיסה.

סיבות אפשריות לטעויות:

- הציון בינוני פלוס. 18% מהתלמידים בחרו במסיחים 1 ו-3. סיבות אפשריות לטעות זו:
- חוסר הבחנה בין תמיסה חומצית לבין תמיסה בסיסית.
- חוסר יכולת לקשר בין שינוי הריכוז של יוניי $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ושל יוניי $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתמיסה מימית לבין שינוי ה-pH של התמיסה.
- חוסר הבנה של משמעות המיחול של תמיסה מימית.
- תלמידים, שבחרו במסיחים 3 ו-4 (6%), לא הצליחו לזהות תמיסה ניטרלית של חומר יוניי ניטרלי.

המלצות:

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה דומה, שכוללת גם את קביעת הריכוזים של יוניי $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ושל יוניי $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתמיסות המתאימות, לפני ואחרי המיחול, ולקשר בין שינוי הריכוזים של יונים אלה לבין שינוי ה-pH של התמיסות. שאלה לדוגמה:

הכינו 100 מ"ל של כל אחת מן התמיסות: $\text{LiNO}_3(\text{aq})$, $\text{HNO}_3(\text{aq})$, $\text{LiOH}(\text{aq})$. הריכוז של כל אחת מהתמיסות היה 1 M.

- א. נסח את התהליכים המתרחשים בעת הכנת התמיסות.
 - ב. ציין את סוגי היונים בכל אחת מהתמיסות.
 - ג. ציין עבור כל אחת מהתמיסות אם היא חומצית, בסיסית או ניטרלית.
 - ד. קבע את תחום ה-pH של כל אחת מהתמיסות: גדול מ-7, קטן מ-7, שווה ל-7.
- לכל אחת מן התמיסות הוסיפו 100 מ"ל מים.
- ה. קבע את הריכוז של יוניי $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$: לפני המיחול ואחרי המיחול.
 - ו. ציין את השינוי בריכוז יוניי $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ אחרי המיחול: עלה, ירד, לא השתנה.
 - ז. קבע את הריכוז של יוניי $\text{OH}^-(\text{aq})$ בתמיסת $\text{LiOH}(\text{aq})$: לפני המיחול ואחרי המיחול.

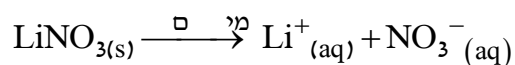
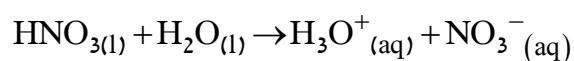
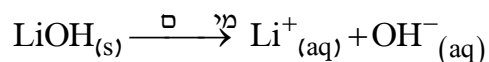
ח. ציין את השינוי בריכוז יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ בתמיסת $\text{LiOH}_{(\text{aq})}$ אחרי המיחול: עלה, ירד, לא השתנה.

ט. ציין את השינוי ב-pH של כל אחת מהתמיסות אחרי המיחול: עלה, ירד, לא השתנה.

י. קבע את תחום ה-pH של כל אחת מהתמיסות אחרי המיחול: גדול מ-7, קטן מ-7, שווה ל-7.

התשובה:

א.

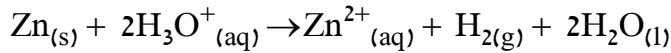


ב' - י'

LiNO_3	HNO_3	LiOH		החומר המומס
$\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ $\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ $\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$	$\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$		סוגי היונים בתמיסה
ניטרלית	חומצית	בסיסית		סוג התמיסה
שווה ל-7	קטן מ-7	גדול מ-7		pH התמיסה המקורית
	1 M		לפני המיחול	ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ בתמיסה (M)
	0.5 M		אחרי המיחול	
	ירד		שינוי בריכוז	
		1 M	לפני המיחול	ריכוז יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ בתמיסה (M)
		0.5 M	אחרי המיחול	
		ירד	שינוי בריכוז	
לא השתנה	עלה	ירד	אחרי המיחול	שינוי ב-pH התמיסה
שווה ל-7	קטן מ-7	גדול מ-7	אחרי המיחול	תחום pH התמיסה

ח' קצב תגובה

מתכת אבץ, $Zn_{(s)}$, מגיבה עם תמיסה חומצית על פי התגובה:



לתוך כלי זכוכית המכיל 50 מ"ל תמיסה של חומצת מימן כלורי, $HCl_{(aq)}$, בריכוז 1.0M, הכניסו פס אבץ שמסתו 3 גרם. בעקבות זאת התרחשה תגובה שבמהלכה נפלט גז, והמסה של פס אבץ ירדה.

מהי הדרך המתאימה ביותר כדי להגדיל את קצב התגובה?

- | | | |
|----|---|-----|
| 1. | לבצע את התגובה בכלי שנפחו גדול יותר. | 1% |
| 2. | לבצע את התגובה בכלי סגור המחובר למזרק. | 11% |
| 3. | להגדיל ל-100 מ"ל את הנפח של תמיסת $HCl_{(aq)}$. | 29% |
| 4. | להכניס לתוך הכלי 3 גרם אבקת אבץ במקום פס אבץ. (התשובה הנכונה) | 59% |

הנימוק

התשובה הנכונה היא 4.

שטח פנים של אבקת אבץ גדול מזה של פס אבץ (באותה מסת אבץ). לכן שטח המגע בין המגיבים - אבץ ויוני הידרוניום, גדול יותר.

בתגובה בין מגיב מוצק למגיב במצב צבירה נוזל או גז, ככל שגודל חלקיקי המגיב המוצק קטן יותר שטח המגע בינו למגיב השני גדול יותר והסיכוי להתנגשויות בכלל ולהתנגשויות פוריות בפרט (ביחידת זמן) גדל, ועל כן קצב התגובה גדל.

גורמים המגדילים את קצב התגובה הם העלאת הטמפרטורה, הגדלת ריכוז המגיבים, הגדלת שטח מגע של המגיבים, הוספת זרז מתאים.

מסיחים 1 ו-2 אינם נכונים, כי שינוי נפח הכלי ואיסוף תוצר במצב גז במזרק לא משפיעים על קצב תגובה.

מסיח 3 לא נכון, כי הגדלת נפח התמיסה בריכוז מסוים לא משפיעה על קצב התגובה.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר מהו קצב תגובה.
- למנות את הגורמים המשפיעים על קצב תגובה: טמפרטורה, ריכוז המגיבים ושטח מגע בין המגיבים.
- להבחין בכך ששטח הפנים של אבקת מתכת גדול מזה של פס מתכת.

סיבות אפשריות לטעויות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו בקביעת גורם המגביר את קצב התגובה.

29% מהתלמידים בחרו במסלול 3. תלמידים אלה אינם מבחינים בין ריכוז יוני הידרוניום בתמיסה לבין מספר המולים של יונים אלה בנפח גדול יותר של תמיסה. הגורם המשפיע על קצב התגובה הוא ריכוז המגיבים.

12% מהתלמידים, שבחרו במסלולים 1 ו-2, לא הבינו שקצב התגובה לא תלוי בשינוי נפח הכלי ובאיסוף תוצר במצב גז במזרק

המלצות

מומלץ לעבוד עם התלמידים על מצגת "קינטיקה" הכוללת שאלות לתלמיד בנושא "קצב תגובה" והצעות לפתרון. המצגת הוכנה ע"י שרה אקונס על פי דגם הוראה בנושא "קינטיקה" שפותח בקורס לפיתוח דגמי הוראה לנושאי כימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן.

[אתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

מומלץ לבצע עם התלמידים פעילויות מתוקשבות, אנימציות וסימולציות, שהקישורים אליהן נמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

- [תגובות וקצבים](#)
- [אנרגיית שפעול](#)
- [השפעת ריכוז על קצב תגובה](#)
- [התנגשות מולקולות](#)

ניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות

בבחינת הבגרות תשע"ז

כפי שנאמר, ניתוח השאלות הפתוחות 2-7 מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני תת-סעיפים) ועל טעויות אופייניות שאותרו על ידי מעריכי בחינת הבגרות.

בטבלה הבאה מופיעים ממצאים סטטיסטיים שדווחו על-ידי מכון סאלד לגבי הבחינה לפי שאלון 37381.

ממצאים אלה מתבססים על **12,432** נבחנים.

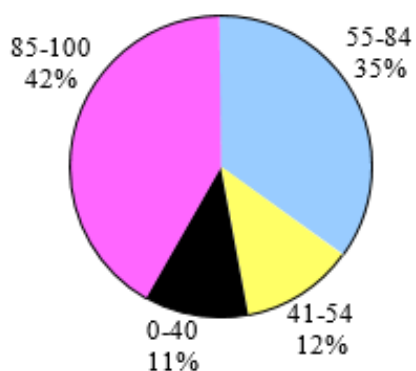
מס' שאלה	2	3	4	5	6	7
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מבנה האטום ותכונות חומרים	כימיה של מזון	מבנה וקישור ומצב גז	חמצון-חיזור, חומצות ובסיסים וסטויכיו-מטריה	מבנה וקישור ואנרגיה
ציון ממוצע	73	77	73	59	64	63
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	43%	84%	63%	62%	45%
% תלמידים שציונם	85-100	48	37	16	24	27
	55-84	35	43	43	41	34
	0-54 (0-40)	23 (11)	15 (8)	20 (9)	41 (24)	39 (23)

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

ניתוח התוצאות של שאלה 2

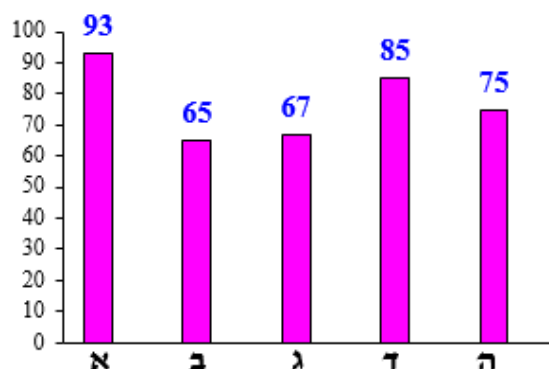
ניתוח קטע ממאמר מדעי

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 73

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



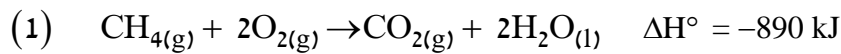
כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לעבוד עם קטע ממאמר מדעי לא מוכר, להסיק מסקנות מן הכתוב בטקסט מדעי.
- ליישם את הידע המדעי שנלמד.
- לחשב מספר המולים הנוצרים כאשר נתון ניסוח התגובה, שינוי האנתלפיה של התגובה ומידע על שינוי האנתלפיה בניסוי מסוים.
- להסביר את המשמעות של שינוי האנתלפיה של התגובה (כלומר את השינוי המתייחס למקדמים הסטויכיומטריים המופיעים בניסוח התגובה).
- לקבוע את מספר המולים של המגיב בניסוי, כאשר נתונים: ניסוח התגובה, ΔH° של התגובה ושינוי האנתלפיה בניסוי (השווה ל- ΔH° של התגובה).
- להשוות בין הנתונים המוצגים בקטע המדעי לבין הנתונים שהתקבלו בחישובים.
- להסביר את עקרונות המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים שונים.
- להתייחס לסוגי הכוחות הפועלים בין מולקולות הממס למולקולות המומס.
- לקשר בין מידע המוצג בקטע ממאמר מדעי לבין תרשים הזרימה ולהתאים את המידע למסגרות המתאימות.
- לנסח טיעון מנומק, המבוסס על ידע מדעי, התומך בהשערה הנתונה או המתנגד לה.

קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים א-ה שאחריו.

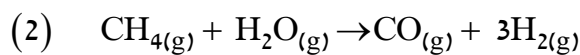
גילוי הגז הטבעי - הזדמנות היסטורית

בתחילת המאה ה-21 התגלה מאגר גדול של גז טבעי במים הכלכליים של ישראל. הגז הטבעי שהתגלה מכיל 99% מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$. כיום, הגז הטבעי משמש בעיקר חומר דלק להפקת חשמל בתחנות כוח, במקום פחם, $\text{C}(\text{s})$, וחומרי דלק שמקורם בנפט. הנפט הוא תערובת של פחמימנים (תרכובות של פחמן ומימן). בתגובת שרפה מגיבים הפחמימנים עם חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$. נוצרים פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$, ומים, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, ונפלטת אנרגיה המנוצלת להפקת חשמל. תגובה (1) היא תגובת השרפה של מתאן.



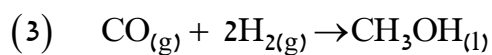
כאשר אותה כמות אנרגיה נפלטת בשרפה של פחמימנים שונים, יש יתרון למתאן, מכיוון שנפח ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצר בשרפתו הוא הקטן ביותר. $\text{CO}_2(\text{g})$ הוא גז התורם להגברת אפקט החממה ולכן המעבר לשימוש בגז טבעי כחומר דלק מפחית את הפליטה של $\text{CO}_2(\text{g})$ לאטמוספירה.

המתאן שמקורו בגז טבעי יכול לשמש לא רק חומר דלק, אלא גם חומר מוצא בתעשייה הכימית להפקת מימן, $\text{H}_2(\text{g})$, ומתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$. מתאן מגיב עם קיטור, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, על פי תגובה (2):



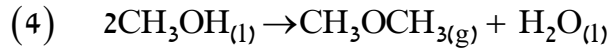
תערובת הגזים $\text{CO}(\text{g})$ ו- $\text{H}_2(\text{g})$ שמתקבלת בתגובה (2) מכונה סינגז (syngas), והיא מקור למימן בתעשייה הכימית.

המימן מנוצל בין השאר להפקת אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, שהיא חומר מוצא בתעשיית הדשנים. מסינגז אפשר להפיק גם מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$, על פי תגובה (3):



ממתאנול אפשר להפיק חומרים המשמשים חומרי גלם לתעשיית הפלסטיקה, הטקסטיל, הצבעים והתרופות.

ממתאנול אפשר להפיק גם דו-מתיל אתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})$, על פי תגובה (4):



דו-מתיל אתר עתיד לשמש דלק חלופי למנועי דיזל בכלי תחבורה כבדים ובתעשייה. גילוי הגז הטבעי מאפשר להקטין את התלות של מדינת ישראל ביבוא פחם ונפט גולני ממדינות אחרות ויוצר הזדמנות לפיתוח חברה מדעית-טכנולוגית מתקדמת.

[מקורות](#)

טישנר, א', הרט, ד' (2012) הקמת מפעל לייצור מתאנול מגז טבעי ברמת חובב, תקציר מנהלים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

סעיף א' (הציון 93)

על פי הקטע, ציין **שלושה** יתרונות שיש לשימוש בגז טבעי שהתגלה במים הכלכליים של ישראל.

התשובה

שלושה יתרונות מבין:

- מפחית את התלות של מדינת ישראל ביבוא נפט גולמי ופחם.
- משמש חומר דלק במקום נפט ופחם.
- מפחית את פליטת $\text{CO}_2(\text{g})$ לאטמוספירה (ומקטין את התרומה של $\text{CO}_2(\text{g})$ לאפקט החממה) **או**: שרפת מתאן מייצרת פחות $\text{CO}_2(\text{g})$ ליחידת אנרגיה.
- משמש חומר מוצא לייצור מימן, מתאנול ודו-מתיל אתר **או**: חומר מוצא בתעשייה הכימית.
- משמש חומר מוצא לייצור דלקים חלופיים עבור כלי תחבורה.
- זהו דלק איכותי - מכיל אחוז גבוה של $\text{CH}_4(\text{g})$ (99%), שפחות מזהם את הסביבה.
- יוצר הזדמנות לפיתוח חברה מדעית-טכנולוגית מתקדמת.

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון גבוה. אותרו טעויות מעטות הנובעות מהתייחסות ליתרון אחד כאל שני יתרונות שונים.
- "מפחית את פליטת $\text{CO}_2(\text{g})$ לאטמוספירה ומקטין את תרומת $\text{CO}_2(\text{g})$ לאפקט החממה."
 - אצל תלמידים מעטים אותרה טעות נוספת שנבעה מאי הבנת הנקרא:
 - "שרפת המתאן פולטת אותה אנרגיה כמו פחמימנים אחרים, אך פולטת פחות $\text{CO}_2(\text{g})$."

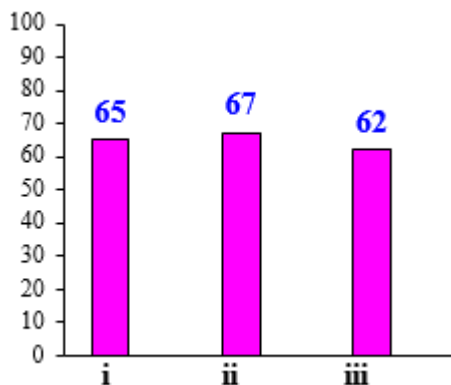
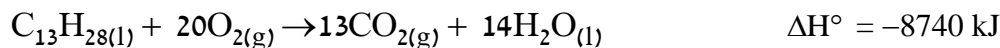
המלצות

מומלץ לתרגל עבודה עם מאמרים. אחת מאפשרות לעבודה כזו היא להיכנס למשימות מתוקשבות ולעבוד עם התלמידים על פתרון שלהן.

[הפנייה למשימות אוריינות מתוקשבות באתר מפמ"ר.](#)

סעיף ב' (הציון 65)

בעת צריכת שיא של חשמל, שורפים בתחנות הכוח גם חומרי דלק שמקורם בנפט, כמו סולר ומזוט. אחד מן המרכיבים של סולר הוא פחמימן שנוסחתו $C_{13}H_{28}$. לפניך ניסוח תגובת השרפה של $C_{13}H_{28(l)}$:



תת-סעיף i (הציון 65)

חשב את מספר המולים של $CO_{2(g)}$ שנוצרים בתגובת השרפה של $C_{13}H_{28(l)}$ שבה נפליטים 890 kJ. פרט את חישוביך.

התשובה:

מספר המולים של $C_{13}H_{28(l)}$ שמגיבים בתגובה בה נפליטים 890 kJ:

$$\frac{1 \text{ mol} \times 890 \text{ kJ}}{8740 \text{ kJ}} = 0.102 \text{ mol}$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ-1 מול פחמימן נוצרים 13 מול $CO_{2(g)}$. מספר המולים של $CO_{2(g)}$ שנוצרים בתגובה:

$$\frac{0.102 \text{ mol} \times 13 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 1.32 \text{ mol}$$

או:

בתגובת השרפה של 1 מול $C_{13}H_{28(l)}$ נפלטת אנרגיה פי 9.82 גדולה יותר מהאנרגיה שנפלטת בתגובת השרפה של 1 מול $CH_{4(g)}$:

$$\frac{8740 \text{ kJ}}{890 \text{ kJ}} = 9.82$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ-1 מול $C_{13}H_{28(l)}$ נוצרים 13 מול $CO_{2(g)}$.

מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצרים בתגובה, שבה נפלטים 890 kJ, צריך להיות פי 9.82 קטן
מ- 13 מול:

$$\frac{13 \text{ mol}}{9.82} = 1.32 \text{ mol}$$

או:

כאשר נפלטת אנרגיה 8740 kJ, נוצרים 13 מול $\text{CO}_2(\text{g})$.
כאשר נפלטת אנרגיה 890 kJ, נוצרים:

$$\frac{13 \text{ mol} \times 890 \text{ kJ}}{8740 \text{ kJ}} = 1.32 \text{ mol}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לחשב את מספר המולים הנוצרים, כאשר נתון ניסוח התגובה, שינוי האנתלפיה של התגובה ומידע על שינוי האנתלפיה בניסוי מסוים. הטעות האופיינית העיקרית שאותרה בתת-סעיף זה היא חישוב שגוי של מספר המולים של $\text{C}_{13}\text{H}_{28}(\text{l})$ שמגיבים בתגובה בה נפלטים 890 kJ:

- $\frac{-8740}{-890} = 9.82 \text{ mol}$
- $13 \text{ mol} \times 9.82 = 127.66 \text{ mol}$

טעויות נוספות:

- ניסוח התגובה שכולל מקדם 1.32 לפני $\text{CO}_2(\text{g})$.
- רישום מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ ללא חישוב:
- "נפלטו 13 מול $\text{CO}_2(\text{g})$ ".

תת-סעיף ii (הציון 67)

מהו מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצר בתגובת השרפה של $\text{CH}_4(\text{g})$ שבה נפלטים 890 kJ ?

התשובה:

נוצר 1 מול $\text{CO}_2(\text{g})$ (על פי תגובה (1) שבקטע).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקבוע את מספר המולים של המגיב בניסוי, כאשר נתון ניסוח התגובה, ΔH° של התגובה, ושינוי האנתלפיה בניסוי (השווה ל- ΔH° של התגובה). הטעויות האופייניות:

- חישוב שגוי של מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלטים בתגובה בה נפלטים 890 kJ :

$$\frac{890 \text{ kJ}}{8740 \text{ kJ}} = 0.1 \text{ mol}$$

- חוסר הבחנה בין אנרגיה למספר מולים :

- "מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלטים : 890 מול - על פי יחסי המולים."

תת-סעיף iii (הציון 62)

קבע אם תשובותיך לתת-סעיפים i ו-ii תואמות את המידע שבקטע בנוגע לנפח ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצר בתגובת השרפה של $\text{CH}_4(\text{g})$ לעומת השרפה של פחמימנים אחרים. נמק.

התשובה:

קביעה:

התשובות לתת-סעיפים i-ii תואמות את המידע שבקטע. נימוק:

(כאשר נפלטים 890 kJ : בתגובת השרפה של מתאן נוצר 1 מול $\text{CO}_2(\text{g})$.

בתגובת השרפה של $\text{C}_{13}\text{H}_{28}(\text{l})$ נוצרים 1.32 מול $\text{CO}_2(\text{g})$.

כאשר אותה כמות אנרגיה נפלטת בתגובת השרפה של מתאן, נוצרים פחות מולים של $\text{CO}_2(\text{l})$ ולכן נפח ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלט לאטמוספירה קטן יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים לא התייחסו כלל לתוצאות שהתקבלו בתת הסעיפים הקודמים והסבירו את תפקיד $\text{CO}_2(\text{g})$ באפקט החממה. חלק מהתלמידים לא ענו כלל על תת-סעיף זה.

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים את הקשר בין כמות האנרגיה המעורבת בניסוי מסוים Q לבין שינוי האנתלפיה של תגובה ΔH° . דוגמאות לתרגילים מסוג זה ניתן למצוא בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70", עמודים 12-13 ובמאגר השאלות החל מעמוד 33. החוברת נמצאת [באתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

סעיף ג' (הציון 67)

תערובת של 15% מתאנול ו- 85% בנזין משמשת דלק איכותי למכוניות, המכונה M15. בנזין הוא תערובת של פחמימנים. הסבר מדוע מתאנול מתמוסס בבנזין.

התשובה:

בין המולקולות של מתאנול יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס. בין המולקולות של הפחמימנים המרכיבים את הבנזין יש אינטראקציות ון-דר-ואלס. בין המולקולות של הפחמימנים לבין השייר הפחמימני שבמולקולות מתאנול יכולות להיווצר אינטראקציות ון-דר-ואלס.

תשובה מפורטת בצורת טבלה:

הממס : בנזין M15 (תערובת פחמימנים) מולקולות	המומס : מתאנול מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	הכוחות בין מולקולות החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס		סוגי הקשרים הנוצרים בין מולקולות הממס למולקולות המומס במהלך ההמסה
המסיסות של מתאנול בבנזין טובה.		המסקנה

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר את עקרונות המסיסות של חומרים מולקולריים בממסים שונים, תוך התייחסות לסוגי הכוחות המתקיימים בין מולקולות הממס לבין מולקולות המומס. הטעויות האופייניות:

- חוסר הבחנה בין קשרי מימן והתנאים הדרושים לקיומן לבין אינטראקציות ון-דר ואלס:
 - "מתאנול מתמוסס בבנזין כי במתאנול יש מוקד ליצירת קשרי מימן וגם לפחמימן יש מוקד ליצירת קשרי מימן."
 - "פחמימנים מכילים מימנים חשופים מאלקטרונים שיוצרים קשרי מימן עם אטום O שבמתאנול."
- תשובות כלליות ללא ציון של סוג הכוחות הבין מולקולריים:
 - "שני החומרים הם חומרים מולקולריים, לכן נוצרים קשרים בין מולקולריים בין הבנזין למולקולות המתאנול."
 - "כדי שחומר מולקולרי אחד יתמוסס בחומר אחר הכוחות הבין מולקולריים של שני החומרים צריכים להיות זהים."
- שימוש בסיסמה: "דומה מתמוסס בדומה".
- קביעה שמתאנול הוא בסיס שמגיב עם בנזין:
 - "מתאנול מתמוסס בבנזין מכיוון שמתאנול הוא בסיס ויכול להגיב עם הבנזין. יש מסיסות על ידי התרחשות התגובה."

המלצות

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

- ♦ ציון סוג הכוחות בכל אחד מהחומרים - הכוחות בין מולקולות הממס וכוחות בין מולקולות המומס.
- ♦ התייחסות לפירוק הכוחות בין מולקולות המומס ולפירוק של חלק מהכוחות בין מולקולות הממס.
- ♦ המולקולות של המומס ושל הממס משתלבות.
- ♦ בין מולקולות המומס למולקולות הממס נוצרים כוחות בין מולקולריים חדשים מסוג אינטראקציות ון-דר ואלס ו/או קשרי מימן, בהתאמה לחומרים שבשאלה.
- ♦ בנוסף מומלץ להסביר לתלמידים שגם חומרים, שבהם קיימים סוגים שונים של כוחות בין מולקולריים, עדיין יכולים ליצור תמיסה, לדוגמה אצטון במים.

מומלץ לחזור ולהזכיר לתלמידים את הקבוצות הפונקציונליות ואת המשמעות של הופעת הקבוצה -OH, שבתרכובות פחמן היא קבוצה כוהלית שאינה מגיבה כבסיס.

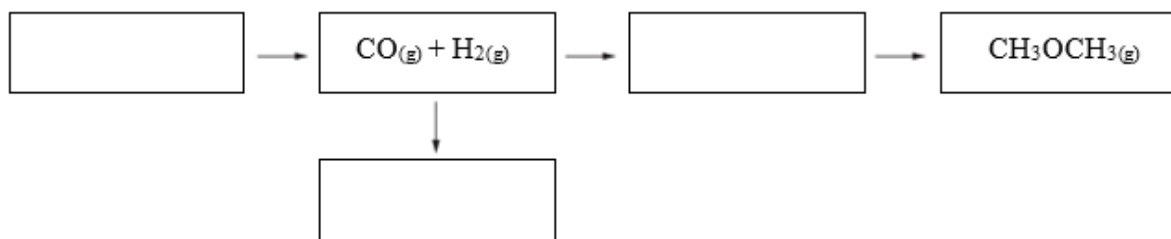
דוגמאות לתרגילים מסוג זה ניתן למצוא בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה", עמודים 11-15 ובמאגר שאלות החל מעמוד 25. החוברת

נמצאת [באתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

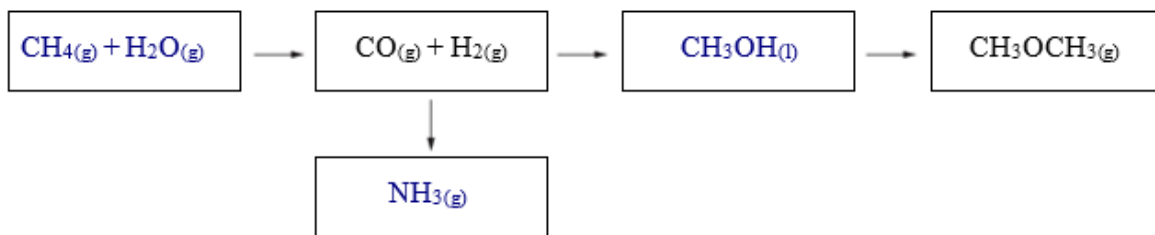
מומלץ לעבוד עם התלמידים על האנימציה: תמיסה של יוד בהקסאן, [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

סעיף ד' (הציון 85)

התרשים שלפניך מציג בצורה סכמטית חלק מן התהליכים המוזכרים בקטע. העתק את התרשים למחברתך, וכתוב בכל אחת מן המסגרות את הנוסחה של החומר המתאים.



התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לנתח את המידע שבקטע ולרשום במסגרות את הנוסחאות המתאימות. הטעויות האופייניות העיקריות הן:

- ♦ רישום נוסחאות המגיבים של תגובה (1) במקום המגיבים של תגובה (2) ליצירת סינגז.
 - ♦ רישום הנוסחה של $H_2(g)$ במקום $NH_3(g)$.
 - ♦ רישום הנוסחה של $CH_3OH(l)$ במקום $NH_3(g)$.
- תהליך ייצור האמוניה מתואר בקטע, אך לא מנוסח. יתכן שחלק מהתלמידים לא שמו לב למידע על ייצור אמוניה או סברו שיש להתייחס רק לתהליכים שלגביהם נתונים ניסוחי תגובה. סיבה נוספת לטעויות אלה היא שתלמידים לא קישרו את המגיבים הנתונים: $CO(g) + H_2(g)$, לייצור אמוניה.

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים מעברים בין צורות ייצוג שונות, כולל מעבר בין צורת ייצוג מילולית לבין צורת ייצוג בתרשים זרימה ולהיפך. הצעות לתרשימי זרימה בתהליכים שונים ניתן למצוא בספרים "לא על הדשן לבדו" ו"לא על הברום לבדו" מאת ד"ר מירי קסנר, מכון ויצמן למדע.

סעיף ה' (הציון 75)

יש הסבורים שהגז הטבעי שהתגלה בישראל צריך לשמש רק חומר דלק בתחנות כוח ובתעשייה. רשום טיעון אחד התומך בדעה זו או טיעון אחד המתנגד לה. נמק.

התשובה:

אחד מן הטיעונים:

נימוק	טיעונים התומכים בשימוש בגז מתאן רק כחומר דלק
חסכון בהוצאות המדינה על חומרי דלק.	הפחתת היבוא של נפט ופחם. או: הקטנת התלות של מדינת ישראל ביבוא של חומרי דלק ממדינות אחרות.
הפחתת עלויות בייצור חשמל (שעשוי להשפיע על מחיר החשמל לצרכן).	הגז הטבעי הוא חומר דלק זול יותר מנפט ופחם.
השימוש בגז טבעי מפחית את הפליטה של $CO_2(g)$ לאטמוספירה. בשרפת גז מתאן נוצר פחות $CO_2(g)$ בהשוואה לשרפה של פחם או של חומרי דלק שמקורם בנפט (הדבר מקטין את התרומה של $CO_2(g)$ לאפקט החממה)	כאשר שורפים גז טבעי הפגיעה בסביבה קטנה יותר בהשוואה לחומרי דלק שמקורם בפחם ונפט.

נימוק	טיעונים המתנגדים לשימוש בגז מתאן רק כחומר דלק
הזדמנות לפיתוח חברה מדעית-טכנולוגית מתקדמת. או: הזדמנות לפתח את התעשייה הכימית (ולספק מקומות עבודה). או: הזדמנות להפיק מוצרים רבים ומגוונים לשיפור איכות החיים של האזרחים.	ממתאן אפשר להפיק חומרי מוצא לתעשייה הכימית. או: ממתאן אפשר להפיק מימן, מתאנול, אמוניה ודו-מתיל אתר. או: אפשר להפיק ממתאן חומרים המשמשים חומרי גלם בתעשיית הפלסטיקה, הטקסטיל, הדשנים, הצבעים והתרופות. או: מוצרים המופקים ממתאן, כמו מתאנול ודו-מתיל אתר יכולים לשמש חומרי דלק איכותיים.
אפשר להגדיל את הכנסות המדינה ממכירתם.	מוצרי ההמשך יקרים יותר מהגז הטבעי.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני פלוס. רוב התלמידים הצליחו לנסח טיעון מנומק, המבוסס על ידע מדעי, התומך בהשערה הנתונה או המתנגד לה. יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו. אותרו מספר טעויות אופייניות:

- ◆ היעדר נימוק.
- ◆ חוסר הבחנה בין טיעון לנימוק:
 - "מתנגד, כי אפשר להפיק ממתאן תרכובות אחרות."
- ◆ נימוקים לא מתאימים:
 - "תומך, כי אחרת תהיה פליטה גדולה של $\text{CO}_2(\text{g})$, כי יהיה פחות גז טבעי."
 - "מתנגד, כי הגז הזה יכול לסכן בני אדם, ולכן עדיף להשתמש בו רק בתעשייה, כדי להרחיקו מבני אדם."

המלצות

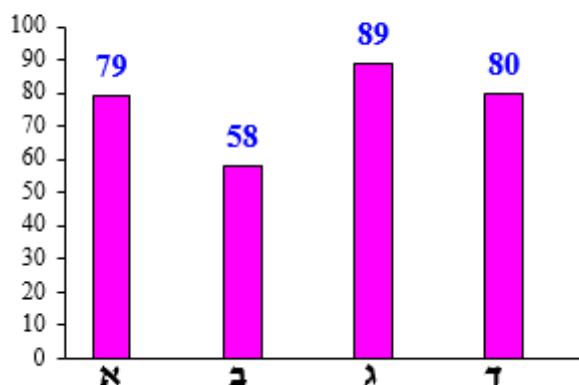
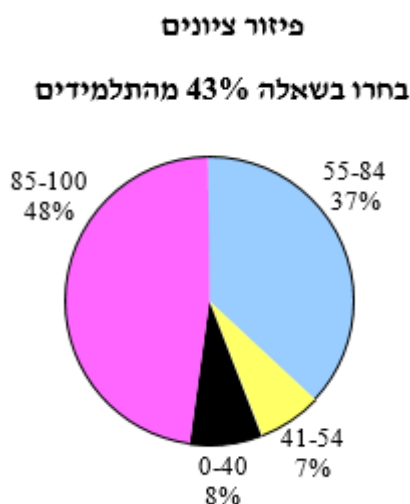
מומלץ לתרגל עם התלמידים את מיומנות כתיבת טיעון מבוסס מדעית. [באתר המפמ"ר מופיעות מספר פעילויות](#) בנושא מיומנויות חשיבה, כולל מיומנויות טיעון. מומלץ לעבוד עם התלמידים על המצגת מאת ד"ר דבורה קצביץ "מיומנות בניית טיעונים" [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

ניתוח התוצאות של שאלה 3

מבנה האטום ותכונות חומרים

ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 77

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- ליישם את ההגדרה - מה הם איזוטופים.
- לרשום את הסימולים של אטום D ושל אטום T על סמך המידע הנתון בשאלה.
- ליישם את הידע על סוגי הקרינה הרדיואקטיבית - לזהות את ניסוח התהליך של קרינת β , להשלים בו את נוסחת איזוטופ טריטיום ולהסביר את הזיהוי.
- להסביר מדוע טמפרטורת הרתיחה של מימן נמוכה מאוד תוך התייחסות לגורמים המשפיעים על טמפרטורות רתיחה של חומרים מולקולריים.
- לציין את הגורמים המשפיעים על חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס ולהסביר את השפעתם.
- לנסח תגובה על פי המידע שבשאלה.
- לקבוע עבור אחד המגיבים בתגובה אם הוא פועל כמחמצן או כמחזר.
- להסביר כיצד מתרחש מעבר אלקטרוני בתגובות חמצון-חיזור.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

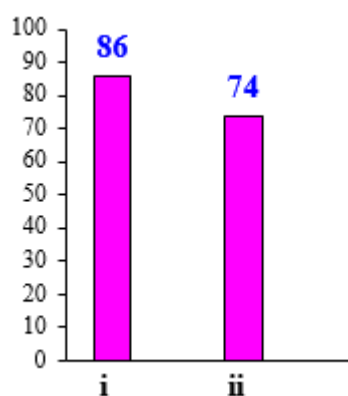
השאלה עוסקת ביסוד מימן ובאחדים משימושיו.

סעיף א' (הציון 79)

ליסוד מימן שלושה איזוטופים טבעיים ולהם שמות שונים: מימן, H, דאוטריום, D, וטריטיום, T.

הסימול של אטום מימן הוא ${}^1_1\text{H}$.

אטום D כבד פי 2 מאטום H, ואילו אטום T כבד פי 3 מאטום H.



תת-סעיף i (הציון 86)

רשום את הסימול של אטום D ושל אטום T.

התשובה:

דאוטריום: ${}^2_1\text{H}$ (או: ${}^2_1\text{D}$)

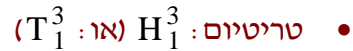
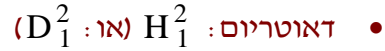
טריטיום: ${}^3_1\text{H}$ (או: ${}^3_1\text{T}$)

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לרשום נכון את הסימולים של אטום D ושל אטום T על סמך המידע הנתון בשאלה. הופיעו טעויות מעטות:

- רישום מספר אטומי ומספר מסה בצד הלא נכון:



- בלבול בין מיקום בנוסחה של מספר אטומי לבין מיקום בנוסחה של מספר מסה:



- בלבול בין מספר אטומי למספר מסה:

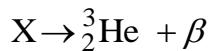


תת-סעיף ii (הציון 74)

רק אחד משלושת האיזוטופים H, D ו-T פולט קרינה רדיואקטיבית.

נסמן איזוטופ זה באות X.

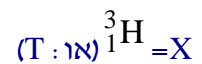
לפניך ניסוח התהליך שבו איזוטופ X פולט קרינה רדיואקטיבית.



קבע מהו האיזוטופ של היסוד מימין המסומן באות X. נמק.

התשובה:

קביעה:



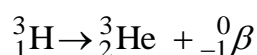
נימוק:

כאשר גרעין של אטום רדיואקטיבי פולט קרינת β , המספר האטומי עולה ב-1 ומספר המסה אינו משתנה (בסיום התהליכים המתרחשים בגרעין נייטרון נהפך לפרוטון ואלקטרון).

או:

כאשר גרעין של אטום רדיואקטיבי פולט קרינת β , יש שינוי במספר האטומי ואין שינוי במספר המסה.

או:



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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון בינוני. רוב התלמידים הצליחו ליישם את הידע על סוגי הקרינה הרדיואקטיבית - לזהות את ניסוח התהליך של קרינת β ולהשלים בו את נוסחת איזוטופ טריטיום, אך התקשו להסביר את הזיהוי. הבעיות העיקריות בתת-סעיף זה הן היעדר נימוק ונימוקים שגויים:
- "X הוא T, כי המספר האטומי שלו זה 3 ושל דאוטריום הוא 2 ושל מימן הוא 1. מספר אטומי אינו יכול להיות אפס או שלילי."

המלצות

מומלץ להציג לתלמידים את השינויים המתרחשים בתהליכי הפליטה הרדיואקטיביים:

שינוי במספר מסה	שינוי במספר אטומי	סוג התהליך
-4	-2	פליטת חלקיק α
אין	+1	פליטת חלקיק β

סעיף ב' (הציון 58)

טמפרטורת הרתיחה, T_b , של מימן נוזלי, $H_{2(l)}$, היא נמוכה מאוד, $T_b = 20 K$. הסבר מדוע.

התשובה:

המספר הכולל של האלקטרונים (או: ענן האלקטרונים) במולקולות של מימן הוא קטן מאוד (במולקולה אחת יש רק 2 אלקטרונים). במצב נוזל, בין המולקולות של מימן יש אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות מאוד. נדרשת אנרגיה מעטה כדי להפריד את המולקולות זו מזו. לכן טמפרטורת הרתיחה של מימן היא נמוכה מאוד (קרובה לאפס מוחלט).

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להסביר מדוע טמפרטורת הרתיחה של מימן נמוכה מאוד, מה הם הגורמים המשפיעים על טמפרטורות רתיחה של חומרים מולקולריים, לציין את הגורמים המשפיעים על חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס ולהסביר את השפעתם. הטעות האופיינית העיקרית שאותרה בתת-סעיף זה היא חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים בין אטומים במולקולת המימן לבין אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות המימן:
- "הקשר H-H הוא קשר יחיד, לא קוטבי ולא חזק."
 - "זוהי מולקולה קטנה מאוד בעלת קשר בין מימנים H-H שבתוכה מתקיימות אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות."
- טעות אופיינית נוספת היא אי-אזכור המונח "ענן אלקטרונים":

- "אטומי המימן קלים מאוד והחלקיקים שלהם מרוחקים."

המלצות

מומלץ להדגיש לתלמידים כי קשרים קוולנטיים חזקים בהרבה מאינטראקציות ון-דר-ואלס, ולכן בתהליך הרתיחה מתפרקות אינטראקציות ון-דר-ואלס ולא קשרים קוולנטיים. מומלץ לתת לתלמידים ערכים של אנתלפיות קשר (ניתוק של מול קשרים קוולנטיים) ושל אנתלפיות אידוי (ניתוק כוחות בין מולקולריים במול חומר), ולהשוות בין הערכים. למשל:

אנתלפיית קשר H-H במולקולת $H_{2(g)}$ היא 436 kJ/mol

אנתלפיית אידוי של $H_{2(l)}$ היא 0.904 kJ/mol

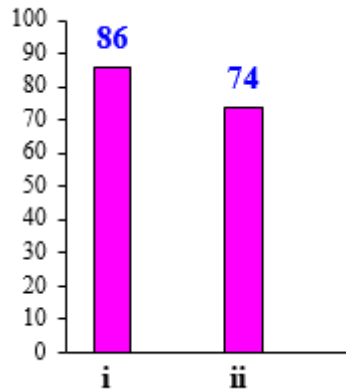
מומלץ להציג לתלמידים אנימציות שבהן ניתן לראות מודלים של חומרים מולקולריים במצבי צבירה שונים, כולל מצב גז שבו מולקולות דו-אטומיות, תלת-אטומיות וכו' ולא אטומים בודדים. אנימציה לדוגמה: מודלים של מצבי הצבירה של ברום, [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

סעיף ג' (הציון 89)

משתמשים בגז מימן, $H_{2(g)}$, כדי למנוע פליטה לאוויר של תרכובות גפרית רעילות בעת שרפת חומרי דלק שמופקים מנפט גולמי.

בחומרי דלק אלה יש תרכובות גפרית, כגון פנטאן-תיל, $CH_3(CH_2)_3CH_2SH_{(l)}$. בתנאים מתאימים, מימן מגיב עם פנטאן-תיל.

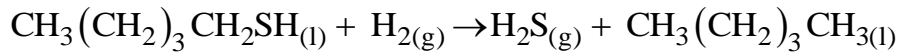
תוצרי התגובה הם מימן גפרי, $H_2S_{(g)}$, ופנטאן, $CH_3(CH_2)_3CH_3_{(l)}$.



תת-סעיף i (הציון 90)

נסח ואזן את התגובה בין $H_2(g)$ לבין $CH_3(CH_2)_3CH_2SH(l)$.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. תלמידים ניסחו את התגובה על פי המידע שבשאלה. כמעט ולא אותרו טעויות.

תת-סעיף ii (הציון 88)

קבע אם בתגובה זו $H_2(g)$ מגיב כמחמצן או כמחזור. נמק.

התשובה:

קביעה:

המימן מגיב כמחזור.

נימוק:

במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי המימן עולה (מ- 0 במגיב ל- $+1$ בתוצר).

או:

בתגובה זו אטומי H במולקולות H_2 מאבדים אלקטרונים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו שהמימן מגיב כמחזור ונימקו את קביעתם. אותרו טעויות מעטות

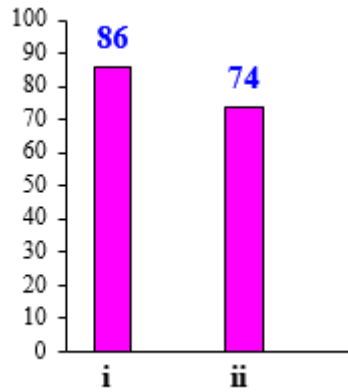
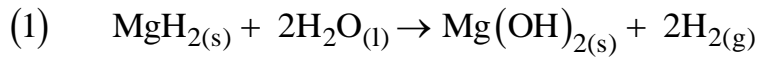
המצביעות על בלבול בין המונחים: מחמצן - מחזור, תהליך חמצון - תהליך חיזור:

- "המימן מגיב כמחמצן, כי הוא עובר חמצון."

סעיף ד' (הציון 80)

גז מימן, $H_2(g)$, יכול לשמש גם חומר דלק למכוניות.

אפשר להפיק $H_2(g)$ בתגובה בין מגנזיום מימני, $MgH_2(s)$, לבין מים, $H_2O(l)$, על פי תגובה (1).



תת-סעיף i (הציון 73)

קבע אם בתגובה (1) יש מעבר של אלקטרונים. נמק.

התשובה:

קביעה:

בתגובה (1) יש מעבר של אלקטרונים.

נימוק:

(תגובה (1) היא תגובת חמצון-חיזור).

בתגובה (1) יש שינויים בדרגות החמצון של אטומי מימן.

או:

במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי המימן משתנה מ- (-1) במגיב - ביוני H^- ב- $MgH_2(s)$

ל- (0) בתוצר.

או:

במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי המימן משתנה מ- $(+1)$ במגיב - באטומי H ב- $H_2O(l)$ ל-

(0) בתוצר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לקבוע שבתגובה הנתונה יש מעבר אלקטרונים. הטעויות האופייניות:

- ◆ קביעה שגויה המלווה בנימוק המתייחס ליוני מגנזיום שלא עברו שינוי:
 - "אין מעבר אלקטרונים, כי דרגת החמצון של מגנזיום לא השתנתה."
- ◆ קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - "יש מעבר אלקטרונים בתגובה, כי ב- $\text{MgH}_2(\text{s})$ דרגת החמצון מגנזיום היא $(+1)$ ודרגת החמצון של מימן היא (-2) ".

המלצות

מומלץ להבהיר לתלמידים שבכל תגובה של חמצון-חיזור מתרחש מעבר אלקטרונים. מומלץ לעבור עם התלמידים על ההסברים והדוגמאות בפרק ב' של ספר הלימוד "כימיה... זה בתוכנו", ד"ר דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע.

תת-סעיף ii (הציון 84)

מדענים מציעים להשתמש ב- $MgH_{2(s)}$ כ"חומר אחסון" שממנו יופק מימן.
חשב את המסה של $MgH_{2(s)}$ הדרושה לקבלת 10,000 ליטר $H_{2(g)}$. פרט את חישוביך.
נתון: בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר.

התשובה:

מספר המולים של $H_{2(g)}$ ב- 10,000 ליטר:

$$\frac{10,000 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 400 \text{ mol}$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה מ- 1 מול $MgH_{2(s)}$ מקבלים 2 מול $H_{2(g)}$.
מספר המולים של $MgH_{2(s)}$ שהגיבו:

$$200 \text{ mol}$$

המסה המולרית של $MgH_{2(s)}$:

$$26 \text{ gr/mol}$$

המסה של $MgH_{2(s)}$ הדרושה:

$$200 \text{ mol} * 26 \text{ gr/mol} = 5,200 \text{ gr} = 5.2 \text{ kg}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים.
הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה:

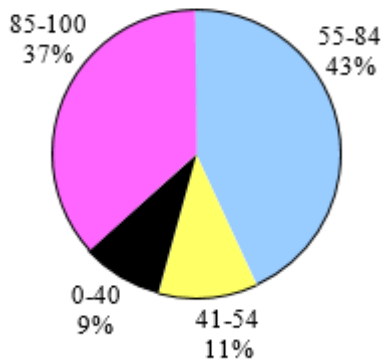
- חוסר התייחסות למקדמים בניסוח התגובה: מבצעים חישובים על פי יחס המולים 1:1.
- שימוש ביחס הנפחים של מימן עם מוצק $MgH_{2(s)}$.

ניתוח התוצאות של שאלה 4

כימיה של מזון

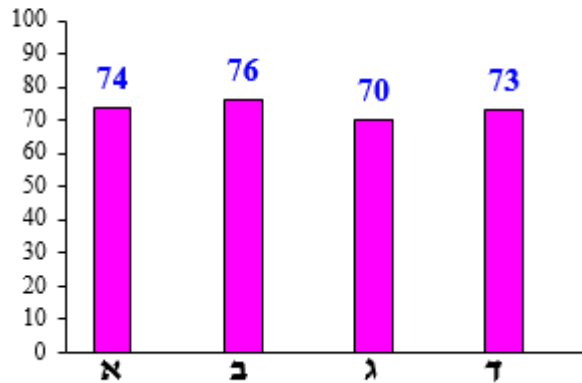
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 84% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 73

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לרשום ייצוג מקוצר לחומצות שומן.
- להשוות בין טמפרטורות היתוך של חומצות שומן - בעזרת הגורמים המשפיעים על טמפרטורת היתוך: גודל עננים אלקטרוניים של מולקולות, חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות של חומצות שומן ואנרגיה הדרושה לפירוק האינטראקציות האלה.
- לקבוע אם חומצות השומן הנתונות הן איזומרים.
- להסביר את תהליך ההידרוגנציה ולנסח אותו עבור חומצות שומן לא רוויות.
- לבצע חישובים של מסת חומצות השומן הלא רוויות בשמנים שונים.
- לקבוע אם התכונות הנתונות מתאימות לתיאור פעילותו של ויטמין E כאנטיאוקסידנט.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

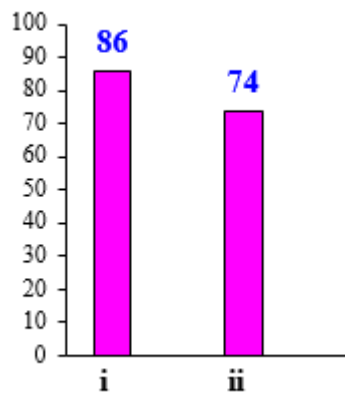
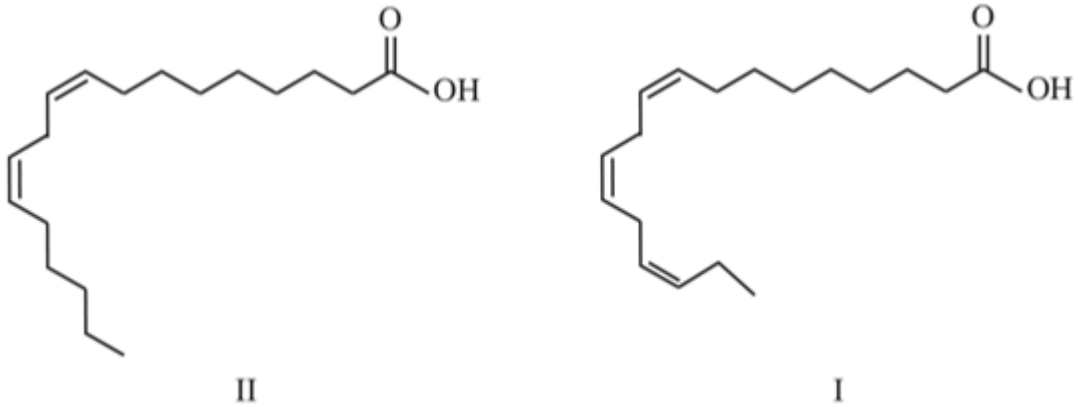
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
הבנה	i	ב
יישום	ii	
יישום		ג
יישום		ד

פתיח לשאלה

מומחי תזונה ממליצים על אכילת אגוזים מדי יום, מכיוון שהם עשירים בין השאר בחומצות שומן רב-בלתי-רוויות המסייעות במניעת מחלות.

סעיף א' (הציון 74)

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה של שתי חומצות שומן, I ו-II.



תת-סעיף i (הציון 72)

כתוב רישום מקוצר לכל אחת מחומצות השומן I ו-II.

התשובה:

C18:3 ω 3 all cis : או C18:3 ω 3 cis, cis, cis : I
C18:2 ω 6 all cis : או C18:2 ω 6 cis, cis : II

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

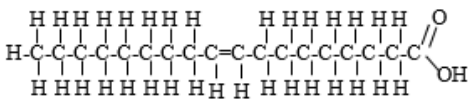
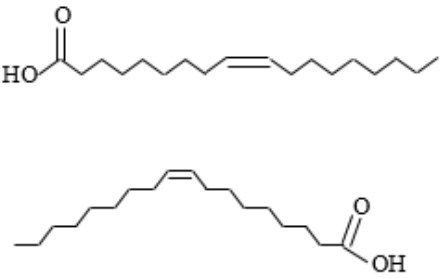
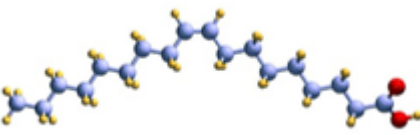
ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא אי-ציון או ציון שגוי של מצב ציס:

- אי-ציון של מצב ציס:
 - C18:3 ω 3 , C18:2 ω 6
 - ציון של מצב ציס רק פעם אחת:
 - C18:3 ω 3 cis , C18:2 ω 6 cis

המלצות

מומלץ לתרגל מעבר בין נוסחאות שונות: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה. מומלץ להדגיש לתלמידים שבמספור אטומי פחמן במולקולה של חומצת שומן יש לכלול גם את אטום הפחמן שבקבוצה הקרבוקסילית. מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלה, המציגה והמסכמת צורות ייצוג שונות ותפקידן.

צורת ייצוג	ניתן לראות בנוסחה	לא ניתן לראות בנוסחה	דוגמה
נוסחה מולקולרית	סוגי אטומים ומספרם במולקולה	סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טרנס, איזומרים מבנה מרחבי של מולקולה	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
רישום מקוצר	סוגי אטומים ומספרם במולקולה, מיקום קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טרנס, איזומרים	מבנה מרחבי של מולקולה	C18:1 ω 9,cis
ייצוג מלא לנוסחת מבנה	סוגי אטומים ומספרם במולקולה, סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טרנס, איזומרים	מבנה מרחבי של מולקולה	
ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה	סוגי אטומים ומספרם במולקולה, סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טרנס, איזומרים	מבנה מרחבי של מולקולה, לא רשומים אטומי C ואטומי H שקשורים אליהם	
מודלים מרחביים	סוגי אטומים ומספרם במולקולה, סדר קשרים, מבנה הקשרים הכפולים: ציס או טרנס, איזומרים של מולקולה	-	

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

תת-סעיף ii (הציון 76)

נוסחאות I ו-II הן ייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה של שתי חומצות שומן המצויות באגוזים: חומצה לינולאית וחומצה אלפא-לינולנית.
טמפרטורת ההיתוך של חומצה אלפא-לינולנית נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית.
קבע איזו מן הנוסחאות, I או II, היא ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה אלפא-לינולנית.
נמק את קביעתך.

התשובה:

קביעה:

נוסחה I

נימוק:

(במולקולה של כל אחת משתי חומצות השומן יש קשרים כפולים במבנה ציס.)
קשר כפול במבנה ציס יוצר כיפוף במולקולה של חומצת השומן.
במולקולה, שנוסחה I מתאימה לה, יש יותר קשרים כפולים במבנה ציס מאשר במולקולה, שנוסחה II מתאימה לה.
ככל שיש יותר קשרים כפולים במבנה ציס, יש יותר אזורים כפופים במולקולה.
האריזה של המולקולות במצב מוצק צפופה פחות (אנ: המולקולות מרוחקות יותר זו מזו).
בין המולקולות יש אינטראקציות ון-דר-וואלס חלשות יותר.
נדרשת פחות אנרגיה כדי להחליש את הכוחות שבין המולקולות, ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצת השומן נמוכה יותר.
נתון שטמפרטורת ההיתוך של החומצה אלפא-לינולנית נמוכה יותר, ולכן נוסחה I היא ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של החומצה אלפא-לינולנית.

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

ניתוח טעויות אופייניות

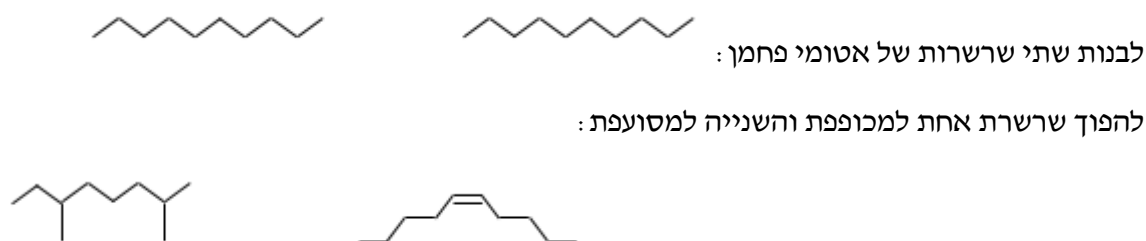
הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שנוסחה I היא ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה אלפא-לינולנית, אך חלקם הניכר התקשו בנימוק - בהשוואה בין טמפרטורות היתוך של חומצות שומן בעזרת הגורמים המשפיעים על טמפרטורת היתוך: גודל עננים אלקטרוניים של מולקולות, חוזק אינטראקציות ון-דר-וואלס בין המולקולות של חומצות שומן ואנרגיה הדרושה לפירוק האינטראקציות האלה.
הטעויות האופייניות העיקריות שאותרו:

- דילוג על חלק משלבי הנימוק:
- "ככל שיש יותר קשרים כפולים בחומצה כך נדרשת יותר אנרגיה על מנת להתיך אותם ולכן טמפרטורת היתוך גבוהה יותר."
- "מספר קשרים כפולים גדול יותר מוריד את חוזק אינטראקציות ון-דר-וואלס."

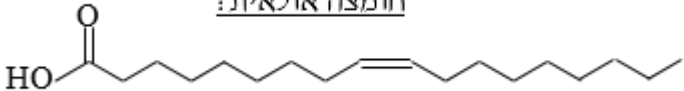
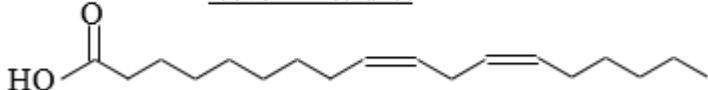
- חוסר הבחנה בין המושגים "כיפוף" ו"הסתעפות":
 - "קשרים כפולים גורמים למולקולות להיות מסועפות יותר."
 - "שרשרת במולקולה של חומצה I יותר מסועפת. בגלל הקשרים הכפולים ובגלל היותה חומצה מסוג ציס, מה שגורם לאינטראקציות ון-דר-ואלס להיות חלשות יותר."

המלצות

על מנת למנוע חוסר הבחנה בין המושגים "כיפוף" ו"הסתעפות" מומלץ לעבוד עם המודלים שבהם אפשר לראות את האפשרות לסיבוב חופשי סביב הקשר היחיד וחוסר סיבוב חופשי סביב הקשר הכפול. אפשר להמחיש את השוני בין כיפוף להסתעפות:

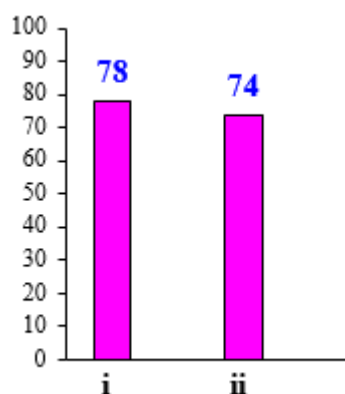


כשמכופפים מולקולה, סדר האטומים בה לא משתנה, והיא נשארת מולקולה של אותו חומר. כשמעבירים אטומים או קבוצת אטומים למקום אחר במולקולה, היא הופכת למולקולה של איזומר של החומר הקודם. ניתן לציין שחומצות שומן מסועפות נדירות בטבע. במהלך לימוד הנושא "חומצות שומן" חוזרים להיבטים רבים של הנושא "מבנה וקישור". כדי למנוע בלבול בין צורות הייצוג השונות של מולקולות, מומלץ לתרגל עם התלמידים מעבר בין צורות ייצוג שונות בפרק מבנה וקישור ולאחר מכן לחזור על התרגול ולהוסיף את צורות הייצוג הייחודיות למבנית "טעם של כימיה". רוב הגורמים, שמשפיעים על טמפרטורות היתוך של חומצות שומן, מוכרים לתלמידים. כדי להשוות את טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן, תלמידים צריכים להכיר מספר גורמים נוספים, כגון השפעת קשרים כפולים במולקולות, מבנה של קשרים כפולים - ציס וטרנס, צפיפות האריזה. מומלץ לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון להשוואה בין טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן בצורת טבלה. דוגמה להשוואה בין טמפרטורות היתוך של חומצה אולאית וחומצה לינולאית:

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

סעיף ב' (הציון 76)

קבע עבור כל אחד מן ההיגדים i ו-ii שלפניך אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 78)

חומצה אלפא-לינולנית היא איזומר של חומצה לינולאית.

התשובה:

קביעה:

לא נכון.

נימוק:

הנוסחאות המולקולריות של שתי חומצות השומן שונות.

הנוסחה המולקולרית של חומצה לינולאית - $C_{18}H_{32}O_2$

הנוסחה המולקולרית של חומצה אלפא-לינולנית - $C_{18}H_{30}O_2$.

או:

(במולקולות של שתי חומצות השומן יש אותו מספר של אטומי פחמן ואטומי חמצן).

במולקולה של החומצה אלפא-לינולנית יש יותר קשרים כפולים, ולכן מספר אטומי המימן קטן יותר (שונה). לכן הנוסחאות המולקולריות של שתי חומצות השומן שונות.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני פלוס. רוב התלמידים קבעו נכון שהחומצות הנתונות הן לא איזומרים, אך חלק ניכר מהתלמידים התקשו בנימוק. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבנה כיצד קובעים אם החומרים הם איזומרים. רוב התלמידים שטעו בנימוק סבורים שאיזומרים הם רק חומרים ציס וטרנס או חומרים שבמולקולות שלהם מיקום הקשר הכפול שונה:

- "לא נכון, כי הקשר הכפול במולקולה של כל אחת מהחומצות מתחיל בפחמן בעל מספר שונה בשרשרת."
- "לא נכון, כי איזומר משמע היפוך בכיוון הקשר ובמולקולות של שתי החומצות הקשרים הם באותו הכיוון."
- "לא נכון, כי שניהם במבנה ציס. האיזומרים הם ציס וטרנס."

תלמידים מעטים טעו בקביעה ובנימוק כי התייחסו רק למספר אטומי פחמן במולקולות:

- "החומצות הן איזומרים, כי יש להן אותו מספר פחמנים במולקולות."

המלצות

מומלץ בהוראת המושג "איזומרים" בנושא "מבנה וקישור" להתייחס לכל סוגי האיזומרים שמופיעים בתוכנית 70%, גם לסוגים שיופיעו בנושא "כימיה של מזון": מבנה של השלד הפחמני, מיקום של קשר כפול, מיקום של קבוצה פונקציונלית, איזומריה גיאומטרית - ציס טרנס. גישה זו תאפשר לשמור על הרצף בנושא זה גם בתוכנית 30% - כגון איזומרים אופטיים, אנומרים.

תת-סעיף ii (הציון 74)

אפשר לקבל חומצה לינולאית מחומצה אלפא-לינולנית בתהליך ההידרוגנציה מבוקר (סיפוח מימן).

התשובה:

קביעה:

נכון.

נימוק:

בתהליך ההידרוגנציה, מולקולות H_2 יכולות להסתפח לקשר הכפול (שבין אטומי פחמן 3 ו-4) במולקולות של חומצה אלפא-לינולנית לקבלת מולקולות של חומצה לינולאית.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו ליישם את תהליך ההידרוגנציה עבור חומצות שומן לא רוויות. רוב התלמידים שטעו קבעו שההיגד לא נכון ונימקו באופן שגוי. הטעות האופיינית העיקרית היא חוסר הבנה מהו תהליך ההידרוגנציה:

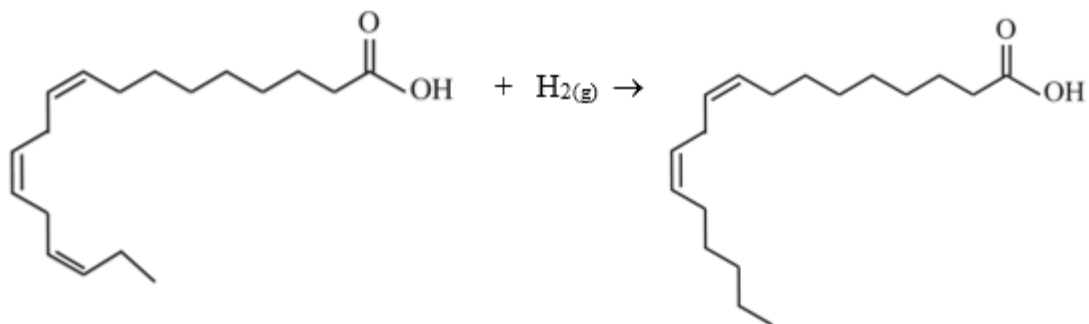
- "לא נכון. ההידרוגנציה זה תהליך הפוך - להוסיף קשר כפול."
- "לא נכון, כי ההידרוגנציה פירושה הפיכת החומצה מבלתי רוויה לרוויה - ללא קשרים כפולים כלל."
- "לא נכון, בהידרוגנציה כל הקשרים הכפולים הופכים לקשרים יחידים."

המלצות

כדי למנוע טעויות הנובעות מחוסר הבנה מהו תהליך ההידרוגנציה, מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים סטויכיומטריים עם יחסי מולים שונים ועם חומרים אורגניים (לא רק חומצות שומן) שבמולקולות שלהם יש מספר קשרים כפולים. בתרגילים אפשר להראות כיצד יחס מולים בין חומצות שומן עם מספר שונה של הקשרים הכפולים במולקולות לבין מימן קובעים את התוצר העיקרי שמתקבל.

מומלץ לנסח את תהליכי ההידרוגנציה עבור חומצה אלפא-לינולנית:

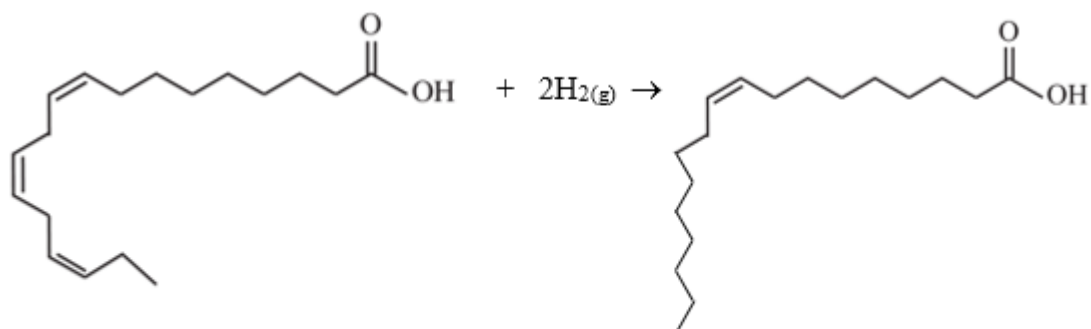
הידרוגנציה עם יחס המולים בין חומצה אלפא-לינולנית למימן 1:1:



(I) חומצה אלפא-לינולנית

(II) חומצה לינולאית

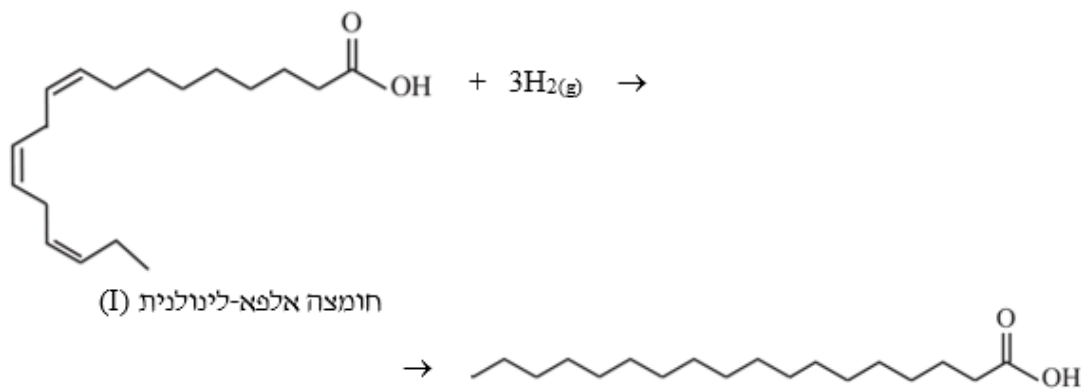
הידרוגנציה עם יחס המולים בין חומצה אלפא-לינולנית למימן 1:2 :



חומצה אלפא-לינולנית (I)

חומצה אולאית - חומצת שומן עם קשר כפול אחד במולקולה

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



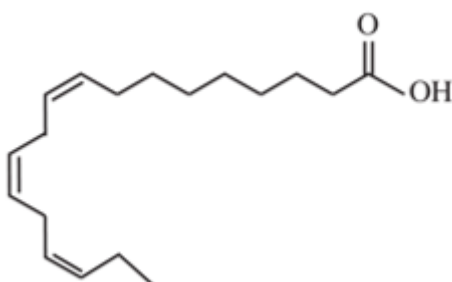
חומצה אלפא-לינולנית (I)

חומצה סטארית - חומצת שומן רוויה

שאלות לתרגול:

שאלה 1

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצת שומן אלפא-לינולנית :



נתונים רישומים מקוצרים של שש חומצות שומן :

C18:1 ω 9cis,cis (4) C19:2 ω 3cis,cis (1)

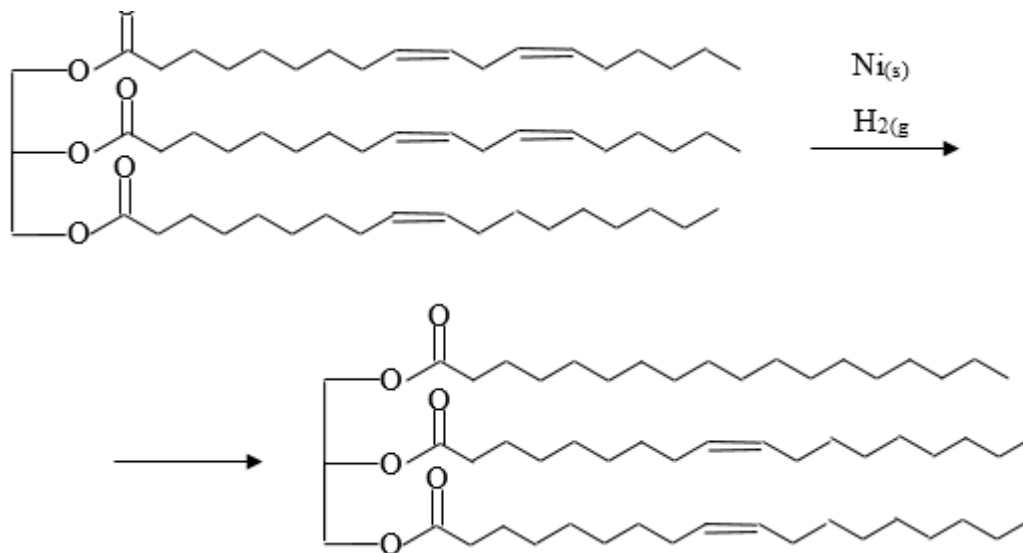
C18:1 ω 3cis (5) C18:2 ω 3cis,cis (2)

C18:2 ω 6cis,cis (6) C18:0 (3)

קבע אילו מהחומצות הנתונות לא יכולות להיות תוצרים של התגובה בין מולקולה אחת של חומצה אלפא-לינולנית לבין מולקולה אחת של מימן, H_2 ?

שאלה 2

במעבדה ביצעו ניסוי שבו הגיב 1 מול טריגליצריד I ומתקבל 1 מול טריגליצריד II, בתגובת ההידרוגנציה:



כמה מול מימן, $H_2(g)$, נדרשו לתגובה זו? **נמק.**

מומלץ להציג לתלמידים את הכתבה: [מה ההבדל בין שומן רווי, שומן לא רווי ושומן טרנס?](#) באתר מכון דוידסון לחינוך מדעי. בכתבה מוצגות דוגמאות לאריזת המולקולות של חומצות שומן שונות. לכתבה מצורף סרטון המתייחס להיבטים שונים של הנושא, כולל הידרוגנציה.

סעיף ג' (הציון 70)

בטבלה שלפניך מוצג מידע על המסה של חומצות השומן העיקריות ב- 100 גרם של אגוזים משלושה סוגים: ברזיל, אגוזי מלך ואגוזי אדמה (בוטנים).

המסה של חומצות השומן (גרם)			סוג האגוזים
חומצה אולאית	חומצה לינולאית	חומצה אלפא-לינולנית	
24.2	20.5	0.04	אגוזי ברזיל
8.8	38.1	9.1	אגוזי מלך
24.0	15.7	0.003	אגוזי אדמה (בוטנים)

הרישום המקוצר של חומצה אולאית הוא: C18:1 ω 9cis.

איזה מבין שלושת סוגי האגוזים הוא העשיר ביותר בחומצות שומן רב-בלתי-רוויות?
פרט את חישוביך ונמק.

התשובה:

קביעה:

באגוזי מלך.

נימוק:

במולקולה של חומצה אולאית יש רק קשר כפול אחד, לכן היא אינה חומצת שומן רב-בלתי-רוויה.
או:

מבין חומצות השומן שבטבלה, רק חומצה לינולאית וחומצה אלפא-לינולנית הן חומצות שומן רב-בלתי-רוויות.

חישוב:

המסה של החומצה הלינולאית והחומצה אלפא-לינולנית ב- 100 גרם של אגוזים מסוגים שונים:

$$0.04 \text{ gr} + 20.5 \text{ gr} = 20.54 \text{ gr} \text{ : אגוזי ברזיל}$$

$$9.1 \text{ gr} + 38.1 \text{ gr} = 47.2 \text{ gr} \text{ : אגוזי מלך}$$

$$0.003 \text{ gr} + 15.7 \text{ gr} = 15.703 \text{ gr} \text{ : אגוזי אדמה}$$

(ב- 100 גרם אגוזי מלך יש המסה הגדולה ביותר של חומצות שומן רב-בלתי-רוויות.

מבין האגוזים משלושת הסוגים, אגוזי מלך הם העשירים ביותר בחומצות שומן רב-בלתי-רוויות.)

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. רוב התלמידים קבעו נכון שאגוזי מלך הם סוגי האגוזים העשיר ביותר בחומצות שומן רב-בלתי-רוויות, אך חלק ניכר מהתלמידים התקשו בנימוק ובחישוב. הטעויות האופייניות:

- התייחסות למסה של חומצה לינולאית בלבד.
- התייחסות למסה של שלושת החומצות.
- הכפלה של מסת החומצה במספר קשרים כפולים במולקולת החומצה.
- קביעה וחישוב ללא נימוק.
- קביעה ונימוק ללא חישוב.
- התעלמות מהנתונים והתייחסות לחומצה במקום לסוג אגוזים:
- "החומצה העשירה ביותר היא חומצה אלפא-לינולנית כי יש לה שלושה קשרים כפולים במולקולה."

המלצות

מומלץ לתרגל עם תלמידים שאלות שמנוסחות בצורות של טבלאות, דיאגרמות וכו'. לדוגמה, אפשר להשתמש בטבלה הבאה:

שמונים	חומצות שומן חד בלתי רוויות	חומצות שומן רב בלתי רוויות	חומצות שומן רוויות
שמן חריע	12%	75%	9%
שמן חמניות	20%	66%	10%
שמן תירס	24%	59%	13%
שמן סויה	23%	58%	14%
שמן כותנה	18%	52%	26%
שמן קנולה	55%	33%	7%
שמן זית	74%	8%	13%
שמן בוטנים	46%	32%	17%
שמן קוקוס	6%	6%	86%

סעיף ד' (הציון 73)

האגוזים עשירים גם בנוגדי חמצון (אנטיאוקסידנטים) כגון ויטמין E . מבין ההיגדים (1)-(4) שלפניך, ציין מה הם ההיגדים **המתאימים** לתיאור פעילותו של ויטמין E כנוגד חמצון.

ויטמין E:

- 1) מגיב כמחמצן בתהליכי חמצון-חיזור.
- 2) מנטרל את פעילותם המזיקה של רדיקלים חופשיים.
- 3) עובר חמצון בתוך כדי פעילותו.
- 4) מונע תהליכי חמצון בלתי רצויים בגוף.

התשובה:

היגדים (2), (3), (4).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. הטעות האופיינית העיקרית היא ציון רק היגד אחד כנכון. הסיבה לכך היא כנראה התייחסות לסעיף זה כאל שאלה סגורה שיש לבחור בתשובה אחת נכונה. טעות נוספת היא הבחירה בהיגד (1). טעות זו נובעת מחוסר הבנה של תפקיד האנטיאוקסידנט.

המלצות

מומלץ לתרגל שאלות מסוג זה- שאלות שבהן יש לבחור יותר מתשובה נכונה אחת. מומלץ לבקש מהתלמידים לבצע משימות דיאגנוסטיות "מי מחזר כאן?". המשימות בעברית ובערבית נמצאות [באתר הארצי למורי הכימיה](#). מומלץ לפתור עם התלמידים [שאלת מאמר על אנטיאוקסידנטים שחיברה עביר דעאס](#). מומלץ לבצע עם התלמידים פעילויות בהערכה חלופית שפותחו במסגרת השתלמות: "יישום מעמיק של הערכה חלופית בכימיה", הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון, בשיתוף המרכז הארצי למורי כימיה קיץ תשע"ז, בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ. המשימות נמצאות באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

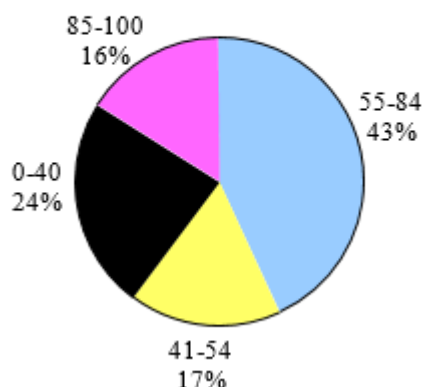
- [חומצות שומן מסוג אומגה 3, מאת קרולין קדמאני.](#)
- [חומרים משמרים, מאת מירנא סרוגי כיתאן ועבלה יעקב עוייס.](#)

ניתוח התוצאות של שאלה 5

מבנה וקישור ומצב גז

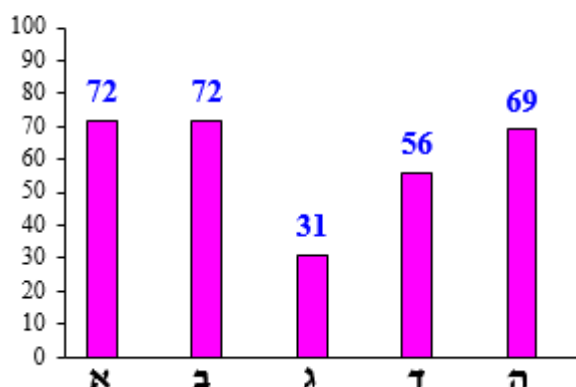
פיזור ציונים

בחרו בשאלה 63% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 59

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- לתאר את הגזים ברמה המיקרוסקופית.
- להבחין בין מאפייני הגז ברמה המיקרוסקופית לבין מאפייני הגז ברמה המאקרוסקופית.
- להסביר את התנאים לקיום קשרי מימן.
- לזהות איור נכון של קשרי מימן היכולים להיווצר בין מולקולת המתאנאל המומס לבין מולקולות המים.
- לנסח את תהליך ההמסה של חומר מולקולרי בממס לא מימי.
- להסביר מדוע בקירור הגז $\text{H}_2\text{CO}_{(g)}$ מתעבה לפני $\text{C}_2\text{H}_{6(g)}$, תוך התייחסות לחוזק היחסי של כוחות בין מולקולריים.
- ליישם את חוקי הגזים באופן איכותי.
- לקשר בין שינוי במהלך התגובה של מספר המולקולות בכלי, שנפחו קבוע, לבין שינוי הלחץ בכלי.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים: לחשב את השינוי במהלך התגובה של נפח הכלי, בתנאים של לחץ וטמפרטורה קבועים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

הגזים אתאן, $C_2H_6(g)$, ומתאנאל, $H_2CO(g)$, משמשים חומרי מוצא בתעשיית החומרים הפלסטיים.

סעיף א' (הציון 72)

ציין שני מאפיינים ברמה המיקרוסקופית של גז הנמצא בכלי סגור.

התשובה:

- שניים מן המאפיינים:
- הגז מורכב ממולקולות.
- המולקולות (או: חלקיקי הגז) יכולות לבצע תנועות מסוג מעתק, סיבוב ותנודה.
- המולקולות מתנגשות זו בזו ובדפנות הכלי.
- המולקולות אינן מסודרות.
- המרחקים בין המולקולות גדולים מאוד (ביחס לגודל המולקולות).
- האינטראקציות (או: כוחות המשיכה) בין המולקולות חלשות מאוד (זניחות).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקבוע מה הם המאפיינים ברמה המיקרוסקופית של גז הנמצא בכלי סגור. רוב הטעויות נובעות מחוסר הבחנה בין המאפיינים ברמה המיקרוסקופית לבין המאפיינים ברמה המאקרוסקופית. הטעויות האופייניות:

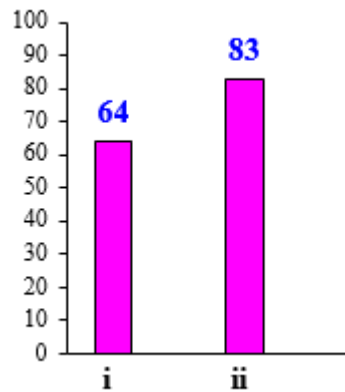
- ציון המאפיינים ברמה המאקרוסקופית:
 - "הגז תופס את כל הנפח של הכלי."
 - "הגז התפזר בכל הכלי."
 - "גז יכול להיות חסר צבע או צבעוני."
 - "רוב הגזים חסרי צבע."
- חוסר הבחנה בין חומר לבין החלקיקים המרכיבים אותו:
 - "המולקולה לא מסודרת."
- חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:
 - "הקשרים במולקולות הגז חלשים."

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים הבחנה בין המאפיינים ברמה המיקרוסקופית לבין המאפיינים ברמה המאקרוסקופית של אותו חומר. מומלץ להיעזר בדוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות, שהכינה גליה גויכברג. [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#). התיאור מבוסס על נספח לסילבוס: דוגמאות לתיאור חומרים ברמות הבנה שונות (מאקרוסקופי, מיקרוסקופי וסמל) שנכתב על ידי צוות מדריכי כימיה. [אתר המפמ"ר](#). מומלץ במהלך ביצוע הניסויים לבקש מהתלמידים להכין טבלת תצפיות ובכתיבת השערה להתייחס להסברים ברמה המיקרוסקופית.

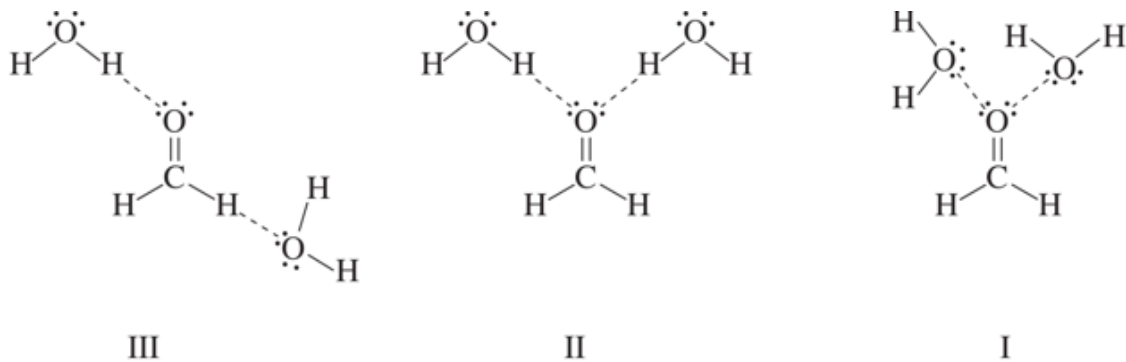
סעיף ב' (הציון 72)

מתאנאל, $\text{H}_2\text{CO}_{(g)}$, מתמוסס גם במים, $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$, וגם בבנזן, $\text{C}_6\text{H}_6_{(l)}$.



תת-סעיף i (הציון 64)

קבע איזה מן האיורים III-I שלפניך הוא תיאור סכמטי נכון של קשרי המימן שיכולים להיווצר בין מולקולה של מתאנאל ומולקולות של מים. הסבר מדוע פסלת את שני האיורים האחרים.



התשובה:

קביעה

איור II

נימוק:

(קשרי המימן יכולים להיווצר בין אטום מימן חשוף מאלקטרוניים במולקולה של מים לבין זוג אלקטרוניים לא קושר של אטום החמצן במולקולה של מתאנאל.)

איור I אינו נכון, כיוון שמוצגים בו קשרים בין מולקולריים בין שני אטומי חמצן.

איור III אינו נכון, כי אטומי המימן שקשורים לאטום הפחמן במולקולה של מתאנאל אינם חשופים מאלקטרוניים (ההפרש באלקטרושליליות של אטומי הקשר הוא קטן יחסית), ולכן לא נוצרים קשרי מימן.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים לזהות איור נכון של קשרי מימן היכולים להיווצר בין מולקולת המומס לבין מולקולות המים. הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא קביעה שגויה המלווה בנימוק המצביע על חוסר הבנה של תנאים לקיום קשרי מימן ושל אפשרות ההיווצרות של קשרי מימן בין מולקולות של שני החומרים בתמיסה:

- "איור II אינו נכון, כי זה בלתי אפשרי שאטום חמצן אחד ייצור שני קשרי מימן."
- "איור II נפסל, מכיוון ש-O לא יכול לעשות גם קשר כפול עם C ועוד שני קשרים עם H."
- "איור II אינו נכון, כי בין מולקולות המתאנאל אין קשרי מימן."

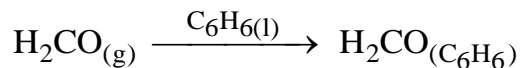
המלצות

דוגמאות לתרגילים מסוג זה ניתן למצוא בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה", מאגר שאלות ותשובות: שאלה 4 תשע"ו, שאלה 3 תשע"ה, שאלה 3 תשס"ט, שאלה 4 תשס"ח, שאלה 1 ד' תשס"ה. [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#). מומלץ לבקש מהתלמידים לסמן בנוסחאות של תרכובות שונות אילו אטומי מימן חשופים מאלקטרונים ואילו לא.

תת-סעיף ii (הציון 83)

נסח את תהליך ההמסה של מתאנאל בבנון.

התשובה:



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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה. רוב התלמידים ניסחו את תהליך ההמסה של מתאנאל בבנון.

הטעויות האופייניות שאותרו:

- ניסוח תהליך ההיתוך:
- $\text{H}_2\text{CO}_{(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_{(l)}$
- ניסוח תהליך ההמסה במים:
- $\text{H}_2\text{CO}_{(g)} \xrightarrow{\square} \text{H}_2\text{CO}_{(aq)}$

המלצות

ראו המלצות לסעיף ג' בשאלה 2.

סעיף ג' (הציון 31)

מקררים בהדרגה את שני הגזים, $C_2H_6(g)$ ו- $H_2CO(g)$, כל גז בכלי אחר. הראשון שמתעבה (הופך לנוזל) הוא מתאנאל, $H_2CO(g)$. הסבר מדוע הגז $H_2CO(g)$ מתעבה ראשון.

התשובה:

הגז $H_2CO(g)$ הוא הראשון להתעבות כיוון שטמפרטורת הרתיחה של $H_2CO(l)$ גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של $C_2H_6(l)$. אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של $H_2CO(l)$ חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס שבין המולקולות של $C_2H_6(l)$. הסיבה לכך היא שבמולקולות של מתאנאל יש דו-קוטב קבוע, ואילו במולקולות של אתאן יש דו-קוטב רגעי (אין כמעט הבדל במספר הכולל של אלקטרונים במולקולות של שני החומרים).

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

ניתוח טעויות אופייניות

- הציון נמוך ביותר. רוב התלמידים לא הצליחו להסביר מדוע בקירור הגז $H_2CO(g)$ מתעבה לפני $C_2H_6(g)$, כי התקשו לקשר בין סדר תהליכי העיבוי של החומרים לבין טמפרטורות הרתיחה של החומרים, שהן גם טמפרטורות העיבוי שלהם. הטעויות האופייניות:
- חוסר הבנה - מה מתרחש בתהליך הקירור של החומרים, קושי לקשר בין סדר תהליכי העיבוי של החומרים לבין טמפרטורות הרתיחה שלהם:
 - "הגז $H_2CO(g)$ מתעבה ראשון, כי טמפרטורת הרתיחה שלו נמוכה מזו של $C_2H_6(g)$ ".
 - אחת הסיבות לטעות נפוצה זו היא שחלק ניכר מהתלמידים לא הפנימו שטמפרטורת הרתיחה של החומר היא גם טמפרטורת העיבוי שלו.
 - קביעה שבין המולקולות של $H_2CO(l)$ יש קשרי מימן, תוך התעלמות מכך שבמולקולות החומר אין אטום מימן החשוף מאלקטרונים - תנאי לקיום קשרי מימן:
 - "בין המולקולות H_2CO מצויים קשרי ון-דר-ואלס וקשרי מימן. קשרי מימן הם קשרים בין מולקולריים חזקים יותר מקשרי ון-דר-ואלס, עבור מולקולות בעלות ענן אלקטרוניים דומה."

יתכן שאחת הסיבות לטעות זו היא שהתלמידים משתמשים במונח "טמפרטורת הרתיחה של החומר" ולא במונח "טמפרטורת העיבוי של החומר".

- חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים :

- "מתאנאל מתעבה קודם, כי הקשרים בו חזקים יותר בגלל הקשר הכפול C=O".

- ציון שהגורם להבדל בטמפרטורות הרתיחה הוא קוטביות המולקולות, אך קביעה שגויה כי מולקולות C₂H₆ הן הקוטביות :

- "המולקולה C₂H₆ בעלת דו-קוטב קבוע והמולקולה H₂CO בעלת דו-קוטב רגעי".

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות דומות. שאלות לדוגמה :

שאלה 1

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים אחדים עבור ארבעה חומרים מולקולריים D-A.

החומר	טמפרטורת רתיחה (°C)	טמפרטורת עיבוי (°C)	טמפרטורת היתוך (°C)	טמפרטורת קיפאון (°C)
A		20		-5
B	80		1	
C	-53			-180
D		125	10	

א. השלם את הטבלה.

- ב. i נסח את תהליך הרתיחה של חומר A.
 ii נסח את תהליך העיבוי של חומר B.
 iii נסח את תהליך ההיתוך של חומר C.
 iv נסח את תהליך ההקפאה של חומר D.

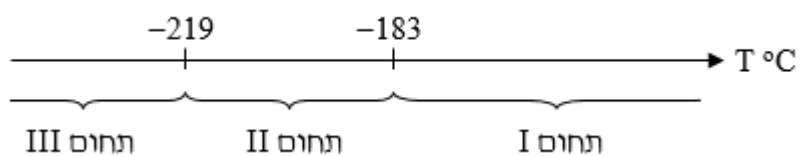
ג. קבע לאיזה מהחומרים D-A כוחות בין מולקולריים החזקים ביותר. **נמק.**

שאלה 2

בטבלה שלפניך מוצגות טמפרטורות היתוך ורתיחה של חנקן וחמצן.

טמפרטורת היתוך (°C)	טמפרטורת רתיחה (°C)	החומר
-210	-196	חנקן, N ₂ (g)
-219	-183	חמצן, O ₂ (g)

א. נתון קטע מציר הטמפרטורה עבור חמצן:



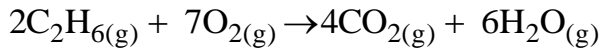
ציין מצב צבירה של חמצן בכל אחד מתחומי הטמפרטורה III-I. **הסבר** כיצד קבעת.

ב. במעבדה נמצאת תערובת הגזים - חנקן וחמצן. הצע שיטה להפרדה בין הגזים.

מומלץ לעבור עם התלמידים על כתבות ומצגות בנושא זיקוק הנפט. מצגת לדוגמה: איזון אנרגטי. [מסע בעקבות הנפט בבית זיקוק חיפה.](#)

פתיח לסעיפים ד'-ה'

אתאן, $C_2H_6(g)$, מגיב עם חמצן, $O_2(g)$, על פי התגובה:



ביצעו שני ניסויים. בכל אחד מן הניסויים הכניסו לתוך כלי דגימה של $C_2H_6(g)$ וכמות מתאימה של $O_2(g)$ והדליקו את תערובת הגזים.

סעיף ד' (הציון 56)

בניסוי הראשון ביצעו את התגובה בכלי סגור שנפחו קבוע. במהלך הניסוי שמרו על טמפרטורה קבועה ומדדו את לחץ הגז בתוך הכלי.

קבע איזה מן הגרפים III-I שלפניך מתאר נכון את השתנות לחץ הגז בתוך הכלי. **נמק.**



התשובה:

קביעה:

גרף III

נימוק:

במהלך התגובה גדל מספר המולים של גז בכלי (מ-9 מול גז במגיבים ל-10 מול גז בתוצרים).

(גדל מספר מולקולות הגז בכלי, נפח הכלי והטמפרטורה אינם משתנים).

מספר ההתנגשויות של מולקולות הגז בדפנות הכלי עולה ולכן לחץ הגז בכלי עולה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לקשר בין שינוי במהלך התגובה במספר המולקולות בכלי הנפח קבוע לשינוי הלחץ בכלי. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

- "גרף I, מפני שבכלי סגור שמרו על טמפרטורה קבועה, וכל החלקיקים נשארו בפנים (בתוך הכלי) והלחץ לא השתנה."
- "גרף I. מספר ההתנגשויות של החלקיקים בינם ובין עצמם ובינם לבין הכלי מושפע מן האנרגיה הקינטית של החלקיקים, כלומר הטמפרטורה. אך בניסוי נשמרה טמפרטורה קבועה, לכן הלחץ לא השתנה."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או לא מתאים:

- "גרף III. כאשר יש תגובה המולקולות נעות ומתנגשות, ובכך מעלות את הלחץ בכלי."
- "גרף III. תמיד כשיש מולקולות של גז בכלי סגור הלחץ עולה."

סעיף ה' (הציון 69)

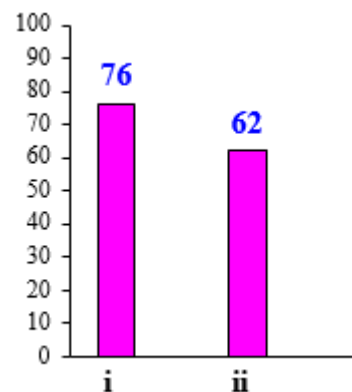
בניסוי השני ביצעו את התגובה בכלי סגור שצורתו מזרק.

לתוך הכלי הכניסו 0.02 מול $C_2H_6(g)$ וכמות מתאימה של $O_2(g)$, והדליקו את תערובת הגזים. הגזים הגיבו בשלמות.

במהלך הניסוי שמרו על לחץ וטמפרטורה קבועים.

בתום התגובה מדדו את נפח הכלי.

בתנאי הניסוי, הנפח של 1 מול גז הוא 30 ליטר.



תת-סעיף i (הציון 76)

חשב את נפח החמצן שהגיב. פרט את חישוביך.

התשובה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 2 מול $C_2H_6(g)$ מגיבים עם 7 מול $O_2(g)$.
כשהגיבו 0.02 מול $C_2H_6(g)$, מספר המולים של $O_2(g)$ שהגיבו:

$$\frac{0.02 \text{ mol} \times 7 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 0.07 \text{ mol}$$

נפח ה- $O_2(g)$ שהגיב:

$$0.07 \text{ mol} \times 30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 2.1 \text{ liter}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים לא הצליחו לחשב נכון את נפח החמצן שהגיב.
הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא חישוב על פי יחס המולים 1:1 בין $C_2H_6(g)$ ל- $O_2(g)$.

תת-סעיף ii (הציון 62)

מהו נפח הכלי שנמדד בתום הניסוי? פרט את חישוביך והסבר.

התשובה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, כשמגיבים 2 מול $C_2H_6(g)$, נוצרים 4 מול $CO_2(g)$ ו- 6 מול $H_2O(g)$.
כאשר הגיבו 0.02 מול $C_2H_6(g)$ נוצרו 0.04 מול $CO_2(g)$ ו- 0.06 מול $H_2O(g)$.

$$0.04 \text{ mol} + 0.06 \text{ mol} = 0.1 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של התוצרים בתום הניסוי:}$$

נפח התוצרים בתום התגובה:

$$0.1 \text{ mol} \times 30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 3 \text{ liter}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לחשב את נפח הכלי שנמדד בתום הניסוי. הטעות האופיינית העיקרית היא התעלמות מהנתון שהכלי הוא בצורת מזרק, וקביעה שהנפח לא משתנה במהלך התגובה:

• "נפח ה- $C_2H_6(g)$ שהגיב:

$$0.2 \text{ mol} \times 30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 6 \text{ liter}$$

נפח ה- $O_2(g)$ שהגיב: 2.1 liter

סה"כ נפח המגיבים: 6 liter + 2.1 liter = 8.1 liter

מכיוון שנפח המגיבים שווה לנפח התוצרים, בתנאי לחץ וטמפרטורה קבועים,

נפח הכלי הוא 8.1 liter".

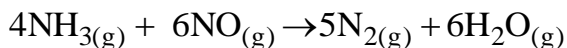
המלצות לסעיפים ד'-ה'

מומלץ להיעזר בלומדה "תכונות הגזים" מאת ד"ר רות בן צבי, שפותחה במסגרת המבנית "יחסים וקשרים בעולם החומרים", במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע. הלומדה כוללת הסבר על מצב הגז מהבחינה המאקרוסקופית והמיקרוסקופית. הלומדה מלווה בדף עבודה שפותח על ידי נורית דקלו לעבודה עצמית של תלמידים עם הלומדה. [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#). מומלץ לבצע עם התלמידים את המשימות הדיאגנוסטיות, שפותחה בקהילות תשע"ז: חוקי הגזים - מודל, חוקי הגזים - המודל החלקיקי, חוקי הגזים - בלונים, חוקי הגזים - הבקבוק בפרו.

[אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

שאלה לתרגול:

אמוניה $NH_3(g)$ מגיבה עם חנקן חד-חמצני, $NO(g)$, על פי התגובה:

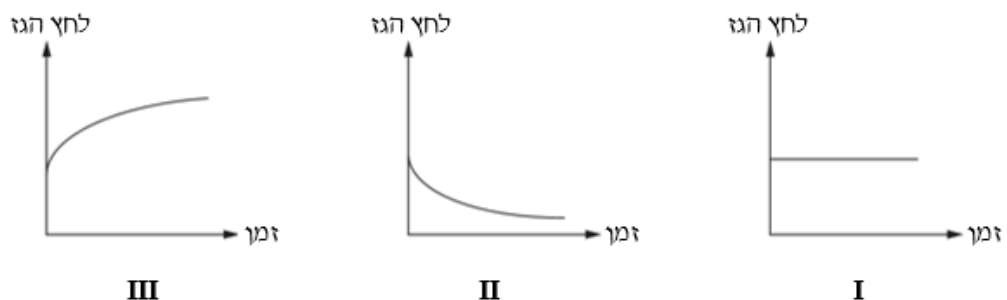


ביצעו שני ניסויים. בכל אחד מן הניסויים הכניסו לתוך הכלי 6.8 גרם $NH_3(g)$ וכמות מתאימה של $NO(g)$. בשני הכלים התגובה התרחשה בשלמות. במהלך שני הניסויים שמרו על טמפרטורה קבועה. נפח מולרי של גז בתנאי הניסויים היה 30 ליטר לליטר.

הניסוי הראשון נערך בכלי A - כלי סגור שנפחו קבוע.

הניסוי השני נערך בכלי B - כלי סגור שצורתו מזרק.

א. קבע איזה מן הגרפים III-I שלפניך מתאר נכון את השתנות לחץ הגז בתוך כלי A. **נמק.**



ב. קבע אם הנפח בכלי B עלה, ירד או לא השתנה במהלך התגובה. **נמק.**

ג. חשב את הנפח של כלי B בתום התגובה. **פרט את חישוביך.**

התשובה:

סעיף א

קביעה: גרף III

נימוק: במהלך התגובה גדל מספר המולים של גז בכלי (מ- 10 מול גז במגיבים ל- 11 מול גז בתוצרים). (גדל מספר מולקולות הגז בכלי, נפח הכלי והטמפרטורה אינם משתנים). מספר ההתנגשויות של מולקולות הגז בדפנות הכלי עולה ולכן לחץ הגז בכלי עולה.

סעיף ב

קביעה: במהלך התגובה הנפח בכלי B עלה.

נימוק: במהלך התגובה גדל מספר המולים של גז בכלי (מ- 10 מול גז במגיבים ל- 11 מול גז בתוצרים). (גדל מספר מולקולות הגז בכלי, להן דרוש נפח גדול יותר). מספר ההתנגשויות של מולקולות הגז בדפנות הכלי עולה ולכן לחץ הגז בכלי עולה.

סעיף ג

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

$$17 \text{ gr/mol}$$

מספר המולים של $\text{NH}_3(\text{g})$ שהגיבו:

$$\frac{6.8 \text{ gr}}{17 \text{ gr/mol}} = 0.4 \text{ mol}$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, כשמגיבים 4 מול $\text{NH}_3(\text{g})$, מגיבים 6 מול $\text{NO}(\text{g})$ ונוצרים 5 מול $\text{N}_2(\text{g})$ ו- 6 מול $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.

כאשר הגיבו 0.4 מול $\text{NH}_3(\text{g})$, מגיבים 0.6 מול $\text{NO}(\text{g})$ ונוצרים 0.5 מול $\text{N}_2(\text{g})$ ו- 0.6 מול $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.
מספר המולים של התוצרים בתום הניסוי: $0.5 \text{ mol} + 0.6 \text{ mol} = 1.1 \text{ mol}$

הנפח של כלי B בתום התגובה:

$$1.1 \text{ mol} \times 30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 33 \text{ liter}$$

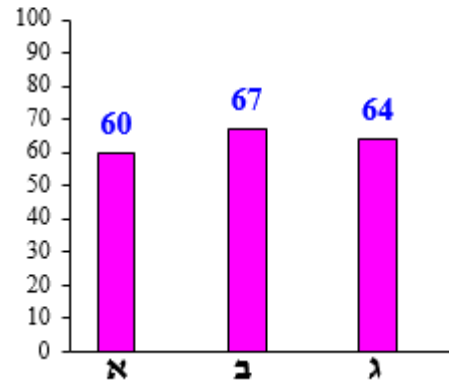
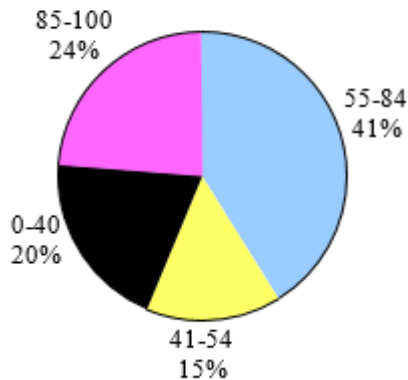
ניתוח התוצאות של שאלה 6

חמצון-חיזור, חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 64

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 62% מהתלמידים



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להסביר מדוע התגובה הנתונה היא תגובת חומצה-בסיס - תוך התייחסות למעבר פרוטונים מיוני $\text{HCO}_3^- (\text{aq})$, המגיבים כחומצה, אל מולקולות $\text{NH}_3 (\text{g})$, המגיבות כבסיס.
- לבצע חישובים סטויכיומטריים, כולל חישוב עודפים בתגובות חומצה-בסיס.
- לקבוע דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומי יסוד על פי מיקום היסוד במערכת המחזורית.
- לקבוע דרגות חמצון אפשריות של אטומי יסוד בתרכובות וביונים מורכבים.
- לקבוע עבור חלקיקי תרכובות ויונים אם חלקיקים אלה יכולים להגיב כחמצן, כמחזור או גם כחמצן וגם כמחזור.
- לקבוע אם התגובה הנתונה היא תגובת חמצון-חיזור.
- לקבוע אם חלקיקי המגיב עוברים חמצון או חיזור במהלך התגובה.
- לחשב מספר המולים של אלקטרונים אשר עוברים בתגובה שבה מגיב מספר המולים הנתון של מגיב - על פי ניסוח תגובה מאוזן.
- לקשר בין ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$ בתמיסה לבין pH התמיסה.
- להסביר את השתנות ה-pH של התמיסה במהלך של תגובת חומצה-בסיס.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

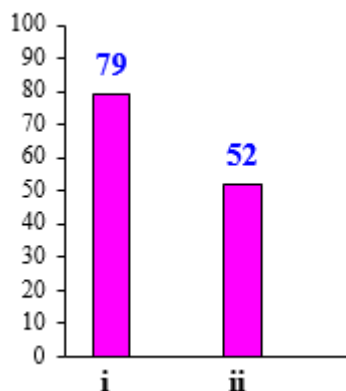
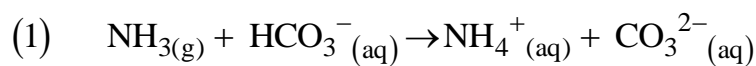
רמת חשיבה לפי בלום	תת-סעיף	סעיף
הבנה	i	א
יישום	ii	
יישום	i	ב
אנליזה	ii	
יישום	iii	
אנליזה		ג

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בתגובות של שני חומרים: אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, וחומצה חנקתית, $\text{HNO}_3(\text{l})$. שני החומרים האלה משמשים בתעשייה הכימית, בין השאר לייצור דשנים.

סעיף א' (הציון 60)

בתנאים מסוימים אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, מגיבה עם תמיסה המכילה יוני מימן פחמתי, $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$, על פי תגובה (1):



תת-סעיף i (הציון 79)

תגובה (1) היא תגובת חומצה-בסיס. הסבר מדוע.

התשובה:

בתגובה (1) יש מעבר פרוטונים (H^+) מיוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ למולקולות $\text{NH}_3(\text{g})$.
או:

בתגובה (1) מולקולות $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיבות כבסיס וקושרות פרוטונים, ויוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ מגיבים כחומצה ומאבדים (או: מוסרים) פרוטונים.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים הסבירו שהתגובה הנתונה היא תגובת חומצה-בסיס תוך התייחסות למעבר פרוטונים מיוני HCO_3^- (aq), המגיבים כחומצה, אל מולקולות NH_3 (g), המגיבות כבסיס, אך חלק מהתלמידים התקשו בהסבר. הטעויות האופייניות:

- הסבר בדרך שלילה ללא התייחסות למעבר פרוטונים בתגובה:
 - "כי לא חל שינוי בדרגות חמצון."
- הנחה מוטעית שאם אחד מהמגיבים בתגובה הוא בסיס, התגובה היא תמיד חומצה-בסיס:
 - "מפני שבתגובה יש בסיס."

המלצות

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלה המציגה הבדלים בין תגובת חומצה-בסיס לבין תגובת חמצון-חיזור:

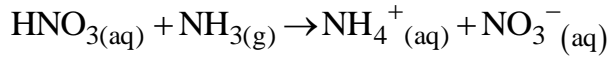
תגובת חמצון-חיזור	תגובת חומצה-בסיס	
מחמצן - קולט אלקטרונים ודרגת החמצון שלו יורדת (עובר חיזור) מחזר - מאבד אלקטרונים ודרגת החמצון שלו עולה (עובר חמצון)	חומצה - מאבדת פרוטון בסיס - קולט פרוטון	מגיבים
מעבר אלקטרונים ממחזר למחמצן	מעבר פרוטונים מחומצה לבסיס	מעבר חלקיקים
שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה	אין שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה (חוץ מהתגובות שהן גם חומצה-בסיס וגם חמצון-חיזור)	דרגות חמצון

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות הבחנה בין סוגים שונים של תגובות ולבקש הסבר לכל קביעה. מומלץ להציג לתלמידים תגובות, שבהן אחד מהמגיבים הוא בסיס, ולהראות שלא כל תגובה כזאת היא תגובת חומצה-בסיס.

שאלות לדוגמה :

שאלה 1

תמיסת הדשן אמוניום חנקתי, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$, מתקבלת בתגובה בין אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, לתמיסת חומצה חנקתית, $\text{HNO}_3(\text{aq})$:



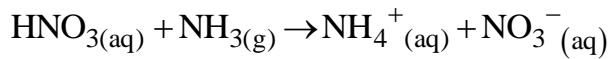
קבע אם התגובה הנתונה היא תגובת חמצון-חיזור או תגובת חומצה-בסיס. **נמק.**

התשובה

התגובה היא תגובת חומצה-בסיס.

בתגובה יש מעבר פרוטונים ממולקולות $\text{HNO}_3(\text{aq})$, המגיבות כחומצה, למולקולות $\text{NH}_3(\text{g})$, המגיבות כבסיס.

התגובה היא לא תגובת חמצון-חיזור, כי אין שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה :



(+5)

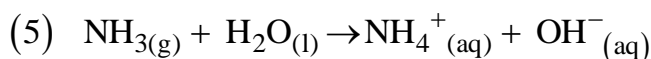
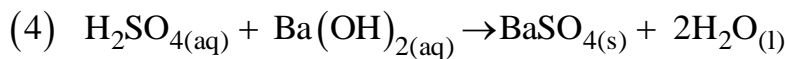
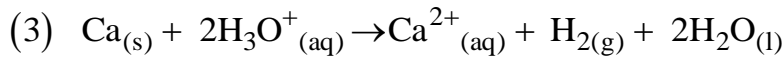
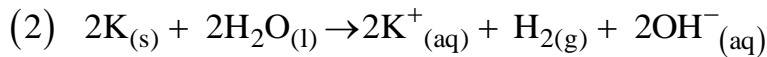
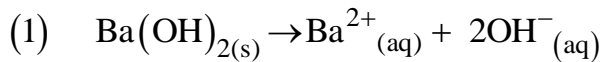
(-3)

(-3)

(+5)

שאלה 2

נתונים מספר ניסוחי תגובות :



א. עבור כל אחת מן התגובות הנתונות, ציין את סוג התגובה : חומצה-בסיס, חמצון-חיזור, שיקוע.

ב. עבור תגובות חומצה-בסיס ציין את החומצה ואת הבסיס.

ג. עבור תגובות חמצון-חיזור ציין את המחמצן ואת המחזור.

תת-סעיף ii (הציון 52)

750 מ"ל $\text{NH}_3(\text{g})$ הגיבו עם 150 מ"ל תמיסת נתרן מימן פחמתי, $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$. המגיבים הגיבו בשלמות. בתנאי התגובה, הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר. חשב את הריכוז המולרי של יוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ בתמיסה. **פרט את חישוביך.**

התשובה:

מספר המולים של $\text{NH}_3(\text{g})$ שהגיבו:

$$\frac{0.75\text{liter}}{25\text{liter / mol}} = 0.03\text{mol}$$

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $\text{NH}_3(\text{g})$ ליוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ הוא 1:1. מספר המולים של יוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ שהגיבו:

0.03 mol

ריכוז יוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ בתמיסה:

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

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לבצע חישובים סטויכיומטריים. הטעות האופיינית העיקרית שאותרה בתת-סעיף זה היא חוסר הבחנה בין נפח הגז לנפח התמיסה, וכתוצאה מכך חיבור נפח תמיסה ונפח הגז:

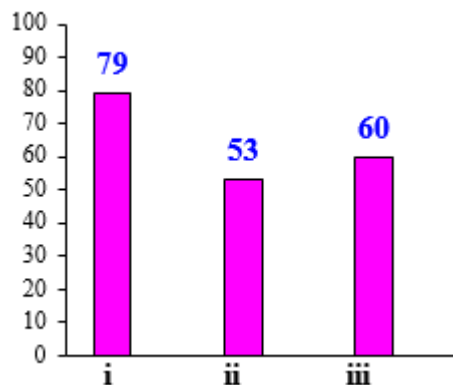
$$\bullet \quad \text{נפח התמיסה: } 150 \text{ ml} + 750 \text{ ml} = 900 \text{ ml}$$

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות המשלבות חישובים סטויכיומטריים מכל הסוגים: חישוב מספר מולים של החומרים, מסת החומרים, חישובים עבור תמיסות ועבוד גזים. 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.

סעיף ב' (הציון 67)

שני החומרים, $\text{NH}_3(\text{g})$ ו- $\text{HNO}_3(\text{l})$, מגיבים בתגובות חמצון-חיזור.



תת-סעיף i (הציון 79)

התייחס לאטומי N, וקבע איזה משני החומרים יכול להגיב רק כמחזור. נמק.

התשובה:

קביעה:

אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, יכולה להגיב רק כמחזור.

נימוק:

דרגת החמצון של אטומי N ב- $\text{NH}_3(\text{g})$ היא (-3) . זאת דרגת החמצון המזערית של אטומי N בתרכובות. במהלך התגובה היא יכולה רק לעלות. (דרגת החמצון של אטומי N ב- $\text{HNO}_3(\text{l})$

היא $(+5)$. זאת דרגת החמצון המרבית של אטומי N.)

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון שאמוניה יכולה להגיב רק כמחזור, אך חלק מן התלמידים התקשו לנתח אפשרויות על פי דרגות החמצון של אטומי חנקן. הטעויות האופייניות נובעות מבלבול בין מחמצן למחזור ובין אופן פעולתם בתגובות חמצון-חיזור. בלבול זה גורם לטעויות משני סוגים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• $\text{HNO}_3(\text{l})$ יכול להגיב רק כמחזור, כי חנקן כאן בדרגת חמצון

מקסימלית שלו +5, ולכן אינו יכול לקבל אלקטרונים."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• " $\text{NH}_3(\text{g})$ יכול להגיב רק כמחזור, כי הוא יכול רק לקבל אלקטרונים."

המלצות

מומלץ לנתח עם התלמידים את האפשרויות של דרגות חמצון ושל יכולת לחמצן ויכולת לחזור בתגובות עבור אטומים אחדים בתרכובות שונות. טבלאות לדוגמה:

אפשרויות עבור אטומי חנקן

NH ₃	N ₂	N ₂ O	NO	HNO ₂	HNO ₃	יסוד ותרכובות חנקן
(-3)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)	(+5)	דרגת חמצון של אטומי חנקן
					✓	מחמצן
	✓	✓	✓	✓		מחמצן ומחזור
✓						מחזור

אפשרויות עבור אטומי גפרית

H ₂ S	S ₈	S ₂ O	SO	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	יסוד ותרכובות גפרית
(-2)	(0)	(+1)	(+2)	(+4)	(+6)	דרגת חמצון של אטומי גפרית
					✓	מחמצן
	✓	✓	✓	✓		מחמצן ומחזור
✓						מחזור

תת-סעיף ii (הציון 53)

אמוניה, NH₃(g), מגיבה עם תמיסת מימן על-חמצני, H₂O₂(aq). קבע איזה חומר יכול להיות אחד מתוצרי התגובה: O₂(g) או H₂O(l). נמק.

התשובה:

קביעה:



נימוק:

(NH₃(g) יכול להגיב רק כמחזור) ולכן H₂O₂(aq) יגיב כמחמצן (או: יעבור חיזור).

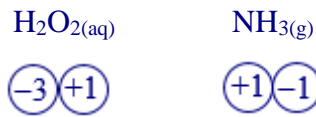
דרגת החמצון של אטומי חמצן ב- H₂O₂(aq) היא ⁽⁻¹⁾ ובתוצר היא צריכה להיות נמוכה יותר -

דרגת החמצון של אטומי חמצן ב- H₂O(l) היא ⁽⁻²⁾.

נימוק מפורט :

מדובר בתגובת חמצון-חיזור.

דרגות החמצון של אטומים במגיבים הנמצאים בתמיסה המימית :



דרגת החמצון המרבית של אטומי חמצן היא (+2) (בתרכובות עם פלואור) דרגת החמצון המזערית של אטומי חמצן היא (-2)

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

לכן אטומי החמצן במולקולות $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ יכולים לשמש גם כמחמצן וגם כמחזור.

דרגת החמצון המרבית של אטומי מימן היא (+1)

דרגת החמצון המזערית של אטומי מימן היא (-1)

(כי לאטום מימן אלקטרון אחד ברמת האנרגיה). לכן אטומי מימן במולקולות $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ יכולים לשמש רק מחמצן.

דרגות החמצון של אטומים בתוצרים :



לכן $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ יגיב כמחמצן (יעבור חיזור) ויתקבלו מים, $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$.

אפשר להציג את ההסבר בטבלאות :

דרגות החמצון של אטומים במגיבים :

דרגות חמצון של :			מגיבים
אטומי מימן	אטומי חמצן	אטומי חנקן	
(+1)		(-3)	$\text{NH}_{3(\text{aq})}$
(+1)	(-1)		$\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$

דרגות החמצון של אטומים בתוצרים והתרחשות התגובה :

האם התגובה אפשרית?	מה צריך להתרחש בתגובה	דרגות חמצון של :		תוצרים
		אטומי מימן	אטומי חמצן	
כן	אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור	+1	-2	$H_2O_{(l)}$
לא	אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון		0	$O_{2(g)}$

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

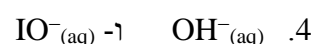
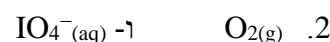
ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לנתח את נתוני השאלה ולקבוע מהו תוצר התגובה. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים :

- קביעה שגויה וניסיון לנמקה :
 - הנחה מוטעית שאם אחד מהמגיבים בתגובה הוא בסיס, היא תמיד תגובת חומצה-בסיס :
 - " NH_3 הוא בסיס. ונתון שהוא מגיב עם H_2O_2 . תגובה מתרחשת רק בין חומצה לבסיס, ולכן H_2O_2 הוא חומצה. בתגובה החומצה מוסרת פרוטון, ולכן לא יכול להיות שהתוצר יהיה H_2O , לכן רק O_2 יכול להיות תוצר התגובה."
 - חוסר הבחנה בין מחמצן למחזור, בין תהליך חמצון לתהליך חיזור :
 - " O_2 , כי חמצן ב- $H_2O_{2(aq)}$ דרגת החמצון של חמצן היא -1 .
 $H_2O_{2(aq)}$ יעבור חמצון ויגיע ל- O_2 ."
- קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי :
 - חוסר הבחנה בין חמצן כיסוד לבין אטומי חמצן בתרכובות :
 - " H_2O , משום ש- O הוא מחמצן חזק מאוד ולא ישמש כמחזור בתהליך, ולכן עליו לקבל אלקטרונים."
 - חוסר הבנה של נתוני השאלה :
 - " H_2O , כי מים יכולים להתקבל מ- $H_2O_{2(aq)}$ וחמצן לא יכול, כי חסר לו מימן."

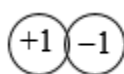
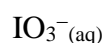
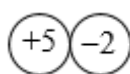
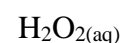
המלצות

מומלץ להרגיל את התלמידים לקרוא בעיון את נתוני השאלה, לנתח אותם, ורק לאחר מכן להתחיל לענות. מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מסוג זה - להציג דוגמאות של תרכובות ויונים מורכבים שונים, המכילים אטומים של אותו יסוד בדרגות חמצון שונות. מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה 1 ד' מבחינת הברורות תשע"ד: ערבבו תמיסה המכילה יוני יודאט, IO_3^- (aq), עם תמיסת מימן על חמצני, H_2O_2 (aq). התרחשה תגובה. אילו תוצרים יכולים להתקבל בתגובה זו?



הנימוק:

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



דרגת החמצון המרבית של אטומי יוד היא



דרגת החמצון המזערית של אטומי יוד היא

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

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

דרגת החמצון המרבית של אטומי חמצן היא (+2) (בתרכובות עם פלואור)

דרגת החמצון המזערית של אטומי חמצן היא (-2) (כי לאטום חמצן 6 אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר).

לכן אטומי החמצן במולקולות H_2O_2 (aq) יכולים לשמש גם כמחמצן וגם כמחזור, וביוני IO_3^- (aq) רק כמחזור.



דרגת החמצון המרבית של אטומי מימן היא



דרגת החמצון המזערית של אטומי מימן היא

(כי לאטום מימן אלקטרון אחד ברמת האנרגיה).

לכן אטומי מימן במולקולות $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ יכולים לשמש רק מחמצן.

אפשר להציג את ההסבר בטבלאות.

דרגות החמצון של אטומים במגיבים :

דרגות חמצון של			מגיבים
אטומי מימן	אטומי חמצן	אטומי יוד	
	(-2)	(+5)	$\text{IO}_3^- (\text{aq})$
(+1)	(-1)		$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$

דרגות החמצון של אטומים בתוצרים והתרחשות התגובה :

מספר תשובה	תוצרים	דרגות חמצון של			מה שצריך להתרחש בתגובה	האם התגובה אפשרית?
		אטומי מימן	אטומי חמצן	אטומי יוד		
1	$\text{I}_2(\text{aq})$			(0)	אטומי יוד צריכים לעבור חיזור	כן
	$\text{O}_2(\text{g})$		(0)		אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון	
2	$\text{IO}_4^- (\text{aq})$		(-2)	(+7)	אטומי יוד צריכים לעבור חמצון	לא
	$\text{O}_2(\text{g})$		(0)		אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון	
3	$\text{I}_2(\text{aq})$			(0)	אטומי יוד צריכים לעבור חיזור	לא
	$\text{OH}^- (\text{aq})$	(+1)	(-2)		אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור	
4	$\text{IO}^- (\text{aq})$		(-2)	(+1)	אטומי יוד צריכים לעבור חיזור	לא
	$\text{OH}^- (\text{aq})$	(+1)	(-2)		אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור	

תשובה 1 נכונה, כי התגובה, שבה מהמגיבים הנתונים יתקבלו התוצרים הנתונים, יכולה להתרחש :

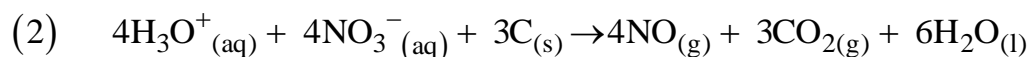
במגיבים יש חלקיקים שיעברו חמצון ויש חלקיקים שיעברו חיזור.

שאר המסיחים אינם נכונים, כי בתגובה לא יכולים להתקבל התוצרים הנתונים - לא יכולה להיות התרחשות של רק תהליכי חמצון או רק תהליכי חיזור. מומלץ לפתור עם התלמידים מספר שאלות מתאימות מהחוברת "שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו",

שהוכנה על ידי משתתפי הסדנה לפיתוח משימות מבחן, במכון ויצמן למדע, בהנחיית זיוה בר-דב ורלי שור. השאלות המומלצות: 4, 5, 8, 11, 14. [החוברת נמצאת באתר המפמ"ר](#).

תת-סעיף iii (הציון 60)

תמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ מגיבה עם פחמן, $\text{C}(\text{s})$, על פי תגובה (2):



קבע כמה מול אלקטרונים עוברים בתגובה שבה מגיבים 0.15 מול $\text{C}(\text{s})$. **פרט את הישוביך.**

התשובה:

בתגובה (2) דרגת החמצון של אטומי C משתנה מ-0 ל-+4. בתגובה שבה מגיב 1 מול $\text{C}(\text{s})$ עוברים 4 מול אלקטרונים.

בתגובה שבה מגיבים 0.15 מול $\text{C}(\text{s})$ עוברים 0.6 מול אלקטרונים: $0.15 \text{ mol} \times 4 = 0.6 \text{ mol}$
או:

בתגובה (2) דרגת החמצון של אטומי C משתנה מ-0 ל-+4. בתגובה שבה מגיבים 3 מול $\text{C}(\text{s})$ עוברים 12 מול אלקטרונים. בתגובה שבה מגיבים 0.15 מול $\text{C}(\text{s})$ עוברים 0.6 מול אלקטרונים:

$$\frac{0.15 \text{ mol} \times 12 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = 0.6 \text{ mol}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לחשב את מספר המולים של אלקטרונים אשר עוברים בתגובה, שבה מגיב מספר המולים הנתון של המגיב - על פי ניסוח התגובה המאוזן. הטעויות נובעות מחוסר ידע והבנה של חישובים סטויכיומטריים ומחוסר הבנה כיצד מבצעים את החישוב לקביעת מספר מולי אלקטרונים העוברים בתגובה. הטעויות האופייניות:

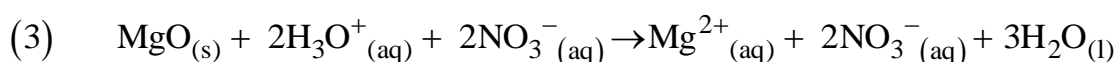
- התעלמות מכך שבניסוח התגובה המאוזן מגיבים 3 מול $\text{C}(\text{s})$:
- $12 \times 0.15 = 1.8 \text{ mol}$
- $4 \times 0.15 = 0.6 \text{ mol}$
- חיבור מספר אלקטרונים שבתהליך חמצון עם מספר אלקטרונים שבתהליך חיזור:
- $12 + 12 = 24 \text{ mol}$

המלצות

מומלץ לתרגל שאלות מסוג זה ולהבהיר לתלמידים את ההבדל בין מספר המולים של אלקטרונים העוברים לפי ניסוח תגובה מאוזן לבין מספר המולים של אלקטרונים העוברים בניסוי מסוים. מומלץ לקרוא את משימה שהוכנה בקהילות מורים תשע"ה: "קשיים בנושא חמצון-חיזור והצעות להתמודדות" ולתרגל עם התלמידים שאלות מדפי עבודה במשימה זו. [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

סעיף ג' (הציון 64)

תמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ מגיבה עם מגנזיום חמצני, $\text{MgO}(\text{s})$, על פי תגובה (3):



בכל אחד משני כלים A ו-B יש 200 מ"ל תמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ בריכוז 0.5 M.

לכלי A הכניסו 1.0 גרם $\text{MgO}(\text{s})$.

לכלי B הכניסו 1.5 גרם $\text{MgO}(\text{s})$.

בתום התגובה, ה-pH של התמיסה בכל אחד מן הכלים A ו-B עדיין היה חומצי.

קבע באיזה משני הכלים - A או B - ה-pH בתום התגובה היה נמוך יותר. **נמק את קביעתך.**

התשובה:

קביעה:

בכלי A.

נימוק:

בכל אחד משני הכלים A ו-B היה אותו מספר מולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$.

המסה של $\text{MgO}(\text{s})$ שהכניסו לכלי A הייתה קטנה יותר, ולכן מספר המולים של $\text{MgO}(\text{s})$ שהגיבו בכלי

A היה קטן יותר. מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ שהגיבו בכלי A היה קטן יותר. ולכן בתום

התגובה, מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ שנותרו בכלי A היה גדול יותר. בתום התגובה, הריכוז של

יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ שנותרו בכלי A היה גדול יותר, ולכן ה-pH של התמיסה בכלי A היה נמוך יותר.

אפשר לקבל גם נימוק על פי חישוב:

מספר המולים של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בכל אחד משני הכלים A ו-B היה:

$$0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.1 \text{ mol}$$

בכלי A הגיבו 0.025 מול $\text{MgO}(\text{s})$ ובכלי B הגיבו 0.037 מול $\text{MgO}(\text{s})$. בכלי A הגיבו 0.05 מול יוני

$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ובכלי B הגיבו 0.074 מול יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$. בתום התגובה בכלי A נותרו 0.05 מול יוני

$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ובכלי B נותרו 0.026 מול יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$. בתום התגובה הריכוז של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בכלי A

היה גדול יותר, ולכן ה-pH של התמיסה בכלי A היה נמוך יותר.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. תלמידים מעטים נימקו ללא חישובים, הרוב ביצעו חישובים. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקשר את מספר המולים של החומרים שחישבו לבין מספר המולים של עודפי יוני ההידרוניום, לבין ריכוז יוני ההידרוניום העודפים ולבין pH התמיסה. הטעויות האופייניות:

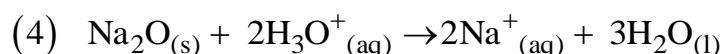
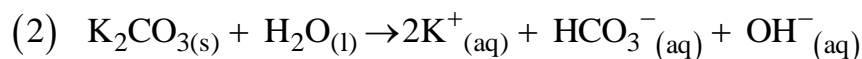
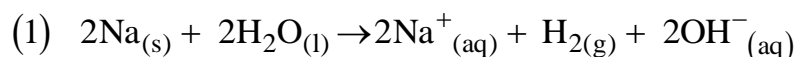
1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - קביעה שגויה של תפקיד מגנזיום חמצני (חישוב נכון של מספר המולים של $MgO_{(s)}$) בתגובה הנתונה, שגרמה לטעויות בתשובה ובנימוק. בנוסף – חוסר הבנה מהו מיהול:
 - "מכיוון ש- MgO אינו חומצה ואינו בסיס, הוספת החומר לחומצה ימהל אותה ויעלה את ה- pH . ככל שמוסיפים יותר MgO התמיסה תהיה יותר מהולה וה- pH יהיה יותר גבוה. לכן בכלי A ה- pH יהיה גבוה יותר ובכלי B נמוך יותר."
 - "משום שלכלי B הוסיפו מסה גדולה יותר של MgO , ובכך הגדילו את הנפח, ניתן להבין שריכוז יוני ההידרוניום יהיה קטן יותר ולכן ריכוז OH^- גדול יותר."
 - חוסר הבנה של משמעות העודפים בתגובה - התייחסות למספר המולים של יוני ההידרוניום המגיבים ולא למספר המולים הנותרים בכלי:
 - "בכלי B ה- pH נמוך יותר, כי הוסיפו מסה גדולה יותר של MgO ."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - "בכלי A ה- pH נמוך יותר, כי ככל שכמות $MgO_{(s)}$ קטנה יותר, כמות המים בתוצרים קטנה יותר, ולכן ה- pH נמוך יותר."
 - "בכלי A ה- pH נמוך יותר, כי בכלי זה נשאר פחות יוני ההידרוניום, ז.א. ה- pH נמוך יותר."

המלצות

מומלץ לתרגל עם התלמידים חישובים בנושא חומצות ובסיסים - של סתירה מלאה ושל עודפים. מומלץ לבקש מהתלמידים לכתוב את נתוני השאלה בצורה מסודרת, כגון טבלה. אם בשאלה יש נתונים על שני מגיבים, כדאי להרגיל את התלמידים לבדוק אם החומרים הגיבו בשלמות או נשארו עודפים. מומלץ לתת דוגמאות מחיי היומיום בנושא העודפים, כמו צרבת. כשנטרול הצרבת שאינו מלא נשארת חומציות בקיבה. התייחסות לצרבת יש בשאלות הבאות: שאלה 8 בבגרות תשע"ז, 2017, לנבחנים אקסטרניים - שאלון 037303; שאלה 17 בנושא "מיומנויות בנושאי מעבדות חקר", בגרות תש"ע, 2010, שאלון 037202.

שאלה לתרגול:

לפניך ניסוחי התגובות (1)-(4):



ביצעו את התגובות במעבדה. בכל התגובות המגיבים הגיבו בשלמות.

קבע עבור כל אחת מן התגובות אם pH התמיסה השתנה במהלך התגובה. אם כן, כיצד?

אם לא - הסבר מדוע לא. קבע מהו תחום ה-pH בתום התגובה: בסיסי, חומצי או ניטרלי.

התשובה

תגובה (1):

pH התמיסה השתנה במהלך התגובה. ה-pH עלה, כי בתגובה נוצרים יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$.

בתום התגובה pH התמיסה בסיסי.

תגובה (2):

pH התמיסה השתנה במהלך התגובה. ה-pH עלה, כי בתגובה נוצרים יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$.

בתום התגובה pH התמיסה בסיסי.

תגובה (3):

pH התמיסה השתנה במהלך התגובה. ה-pH ירד, כי בתגובה הגיבו כל יוני ה- $\text{OH}^-_{(aq)}$.

בתום התגובה pH התמיסה ניטרלי.

תגובה (4):

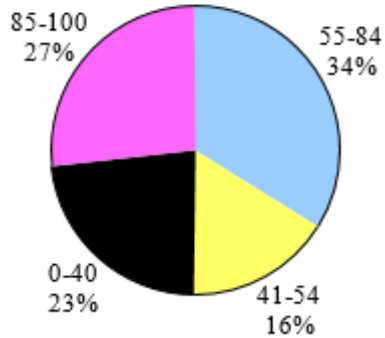
pH התמיסה השתנה במהלך התגובה. ה-pH עלה, כי בתגובה הגיבו כל יוני ה- $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$.

בתום התגובה pH התמיסה ניטרלי.

ניתוח התוצאות של שאלה 7

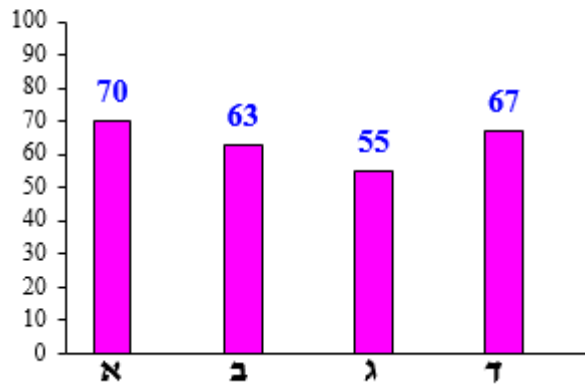
מבנה וקישור ואנרגיה

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 45% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 63

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

- להציג בתיאור גרפי את שינוי האנתלפיה בתהליך האידיוי של ברום, ולהסביר את התאמת התיאור לתהליך.
- לקבוע, לפי רצף נתונים של אנתלפיות אידיוי של יסודות במשפחת ההלוגנים, מה תהייה אנתלפיית האידיוי של יסוד נוסף במשפחה.
- להסביר שהגורם המשפיע על אנתלפיית האידיוי של ההלוגנים הוא חוזק הכוחות הבין מולקולריים.
- להסביר מדוע אנתלפיית קשר קוולנטי גדולה מאנתלפיית אידיוי.
- לקבוע מהו הגורם המשפיע על הערך של אנתלפיית קשר.
- לחשב את שינוי האנתלפיה של תגובה לפי נתונים של אנתלפיות קשר.
- לחשב את שינוי האנתלפיה של תגובה על פי חוק הס.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פתיח לשאלה

השאלה דנה בהיבטים אנרגטיים הנוגעים ליסודות ממשפחת ההלוגנים.

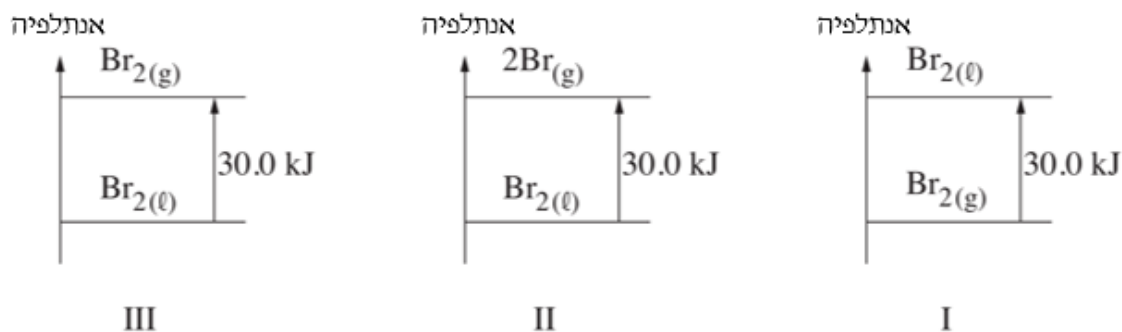
סעיף א' (הציון 70)

הערך של אנטלפיית האידוי, ΔH°_v , של ברום, $\text{Br}_2(l)$, בטמפרטורת הרתיחה,

הוא: $\Delta H^\circ_v = 30.0 \text{ kJ/mol}$.

קבע איזה משלושת התיאורים הגרפיים III-I שלפניך מציג נכון את שינוי האנטלפיה בתהליך האידוי

של $\text{Br}_2(l)$. נמק את קביעתך.



התשובה:

קביעה:

גרף III

נימוק:

אנתלפיית האידוי היא שינוי האנתלפיה בתהליך ההפיכה של 1 מול נוזל לגז. הברום מורכב ממולקולות גם במצב נוזל וגם במצב גז.

או:

אנתלפיית האידוי של ברום היא שינוי האנתלפיה בתהליך: $\text{Br}_{2(l)} \rightarrow \text{Br}_{2(g)}$

או:

אנתלפיית האידוי של ברום היא כמות האנרגיה הדרושה לאידוי 1 מול $\text{Br}_{2(l)}$ בטמפרטורת הרתיחה.

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון בינוני. חלק מהתלמידים התקשו לבחור בתיאור הגרפי המתאים ולהסביר את בחירתם. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי:

- "גרף III, משום שאנתלפיית אידוי היא פירוק קשר בין מולקולות ופירוק קשר קוולנטי בתוך המולקולות."
- "גרף III, מפני שבאידוי התוצר הוא גז ובתגובה אנדותרמית אנתלפיית המגיבים נמוכה מאנתלפיית התוצרים"

2. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

- "גרף I, כי אידוי זה תהליך אקסותרמי ונוצר $\text{Br}_{2(g)}$."
- "גרף II הוא הנכון, כי בתהליך האידוי נשבר הקשר בין אטומי ברום."
- "גרף II, מכיוון שזהו תהליך אנדותרמי בו מושקעת אנרגיה לפירוק מולקולות Br_2 , ולכן לאחר פירוק זה יהיה $\text{Br}_{2(g)}$."
- "גרף II, כי באידוי נהפך הנוזל לאטומים בודדים."

המלצות

מומלץ להרבות בתרגול של ייצוגים גרפיים לתגובות ומעבר בין צורות ייצוג שונות.

סעיף ב' (הציון 63)

בטבלה שלפניך מוצגים ערכי ΔH°_v עבור שלושה יסודות ממשפחת ההלוגנים.

היסוד	אנתלפיית אידוי, ΔH°_v (kJ/mol)
$\text{Cl}_{2(l)}$	20.4
$\text{Br}_{2(l)}$	30.0
$\text{I}_{2(l)}$	41.8

לפניך שני ערכים של אנתלפיית אידוי, ΔH°_v : 6.6 kJ/mol ו- 26.4 kJ/mol . קבע איזה משני הערכים האלה הוא הערך המתאים עבור ΔH°_v של פלואור, $\text{F}_{2(l)}$. נמק את קביעתך.

התשובה:

קביעה:

6.6 kJ/mol

נימוק:

המספר הכולל של אלקטרונים (או: ענן האלקטרונים) במולקולות של פלואור (18 אלקטרונים במולקולה אחת) קטן מהמספר הכולל של אלקטרונים במולקולות של כלור (34 אלקטרונים במולקולה אחת). לכן ככל שענני האלקטרונים גדולים יותר, יש סיכוי גדול יותר ליצירת דו-קטבים רגועים שאחראיים לאינטראקציות ון-דר-ואלס. אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של פלואור חלשות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של כלור. לכן יש להשקיע פחות אנרגיה כדי לפרק את הכוחות שבין המולקולות של פלואור (או: אנתלפיית האידוי של פלואור נמוכה מאנתלפיית האידוי של כלור).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון את הערך של אנתלפיית אידוי של פלואור. הטעויות הופיעו בנימוקים. הטעויות האופייניות:

- התייחסות לגורמים שאינם משפיעים על אנתלפיית האידוי כגון הרדיוס האטומי, המטען הגרעיני או המיקום בטבלה המחזורית:

- "הערך המתאים הוא 6.6, מפני שהרדיוס האטומי שלו הינו הקטן ביותר וגודל המטען הגרעיני שלו הוא הקטן ביותר."

- "לפי הטבלה ניתן להסיק שככל שהמספר האטומי גדל, אנתלפיית האידוי עולה. לפלואור מספר אטומי קטן מהכלור לכן אנתלפיית האידוי לפלואור נמוכה מזו של כלור כלומר התשובה הנכונה היא 6.6."

- "פלואור יש הכי מעט אלקטרונים ברמת הערכיות האחרונה."

- הסבר על פי מסה מולרית:

- "פלואור המסה המולרית הקטנה ביותר, לכן קשרי ון-דר-ואלס חלשים יותר."

- הסבר על פי חוזק הקשרים הקוולנטיים בין אטומים במולקולות:

- "פלואור קשרים קוולנטיים בין אטומי פלואור חזקים יותר."

המלצות

מומלץ לחדד את ההגדרה של אנתלפיית האידוי, להבהיר את ההבדל בין הגורמים המשפיעים על אנתלפיית אידוי לבין הגורמים המשפיעים על חוזק הקשר הקוולנטי.

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות המתייחסות לחוזק הקשר הקוולנטי לעומת קשרים בין מולקולריים ולחדד את ההבדל.

דוגמאות לתרגילים מסוג זה ניתן למצוא בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא "מבנה וקישור" בבחינות הברורות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות

מעובדות ומותאמות לתוכנית הרפורמה", עמודים 7-11 ובמאגר שאלות החל מעמוד 25. החוברת

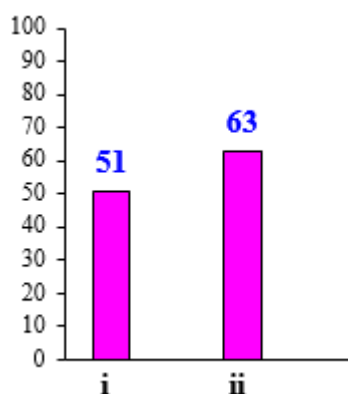
[נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)

פתיח לסעיפים ג'-ד'

בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיית קשר.

הקשר	H – Cl	Br – Br	H – Br	Cl – Cl
אנתלפיית הקשר (kJ/mol)	431	193	366	242

סעיף ג' (הציון 55)



תת-סעיף i (הציון 51)

הסבר מדוע הערך של אנתלפיית הקשר Br – Br גדול מן הערך של אנתלפיית האידוי, ΔH°_v , של ברום, $Br_{2(l)}$.

התשובה:

אנתלפיית הקשר Br – Br היא כמות האנרגיה הנדרשת לניתוק 1 מול קשרים קוולנטיים (או: קשרים קוולנטיים שבין אטומי Br) במולקולות $Br_{2(g)}$.
אנתלפיית האידוי של ברום היא כמות האנרגיה הנדרשת לניתוק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות (או כוחות בין המולקולות) ב- 1 מול של $Br_{2(l)}$.
הקשרים הקוולנטיים בין אטומי הברום חזקים מאינטראקציות ון-דר-ואלס שבין מולקולות הברום, ולכן נדרשת אנרגיה רבה יותר לניתוקם (ולכן הערך של אנתלפיית הקשר Br – Br גדול מהערך של אנתלפיית האידוי של $Br_{2(l)}$).

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו להסביר את ההבדל בין הערך של אנתלפיית הקשר $\text{Br}-\text{Br}$ לבין הערך של אנתלפיית האידי, ΔH°_v , של ברום, $\text{Br}_2(l)$. הטעויות האופייניות:

- קושי באפיון של כוחות בין מולקולריים ושל קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:
 - "כדי לפרק את הקשרים צריך להשקיע הרבה אנרגיה. לעומת זאת כדי לשנות מצב צבירה צריך להשקיע פחות אנרגיה."
 - "להשקיע הרבה אנרגיה כדי לפרק את זה לגז."
- חוסר הבנה של התהליכים המתרחשים:
 - "יצירת קשר דורשת יותר אנרגיה מפירוק."
 - "בתהליך האידי של ברום ניתקים קשרים, כלומר ישנה תגובה אקסותרמית, נפלטת אנרגיה לסביבה, ולכן האנתלפיה נמוכה יותר מזו של אנתלפיית הקשר."
 - "אנתלפיית קשר זה האנרגיה של הקשר בין האטומים ואידי זה רק מצב צבירה של החומר והמרחק בין האטומים"
- בלבול בין אנתלפיית קשר לאנרגיית שפעול:
 - "אנתלפיית הקשר הינה האנרגיה שדרושה על מנת שהתגובה תתחיל להתרחש. אנתלפיית האידי היא האנרגיה שדרושה על מנת שהחומר יהפוך לגז. על מנת שתגובה תתחיל להתרחש צריך להשקיע הרבה אנרגיה לעומת לשבור קשרים כדי שחומר יהפוך מנוזל לגז."

המלצות

דוגמאות לתרגילים מסוג זה ניתן למצוא בחוברת "סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה" בבחינות הבגרות בכימיה תשנ"ח-תשע"ו: קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70", עמודים 14-18 ובמאגר שאלות החל מעמוד 33. החוברת [נמצאת באתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

תת-סעיף ii (הציון 63)

ציון מהו הגורם לכך שהערך של אנתלפיית הקשר Cl – Cl גדול מן הערך של אנתלפיית הקשר Br – Br .

התשובה:

הגורם הוא הרדיוס האטומי של האטומים המשתתפים בקשר.

או:

הרדיוס של אטום Cl קטן מהרדיוס של אטום Br .

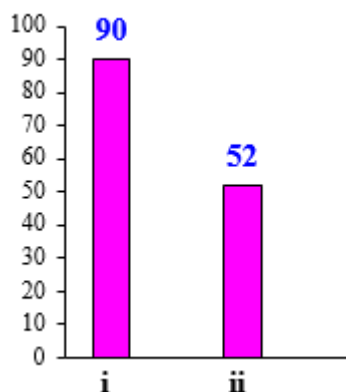
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לציין את הגורם המשפיע על ערך אנתלפיית הקשר. הטעויות האופייניות:

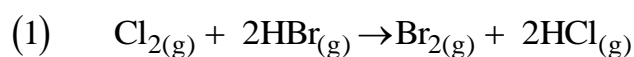
- ציון הגורמים הלא מתאימים:
- "הגורם המשפיע הוא מרחק האלקטרונים הקושרים מגרעיני האטומים."
- "הגורם המשפיע הוא ערך האלקטרושליליות של האטומים."
- "אנתלפיית הקשר בכלור גבוהה מברום כי לאטומי כלור אלקטרושליליות גבוהה יותר מאשר לאטומי ברום."
- התייחסות כללית למיקום של אטום היסוד בטבלה המחזורית:
- "כלור בשורה 3 וברום בשורה 4, אז אנתלפיית הקשר של כלור גבוהה יותר."

סעיף ד' (הציון 67)



תת-סעיף i (הציון 90)

כלור, $\text{Cl}_{2(g)}$, מגיב עם מימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$, על פי תגובה (1):



היעזר בנתונים שבטבלה וחשב את הערך של ΔH° עבור תגובה (1). **פרט את חישוביך.**

התשובה:

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

$$\Delta H^\circ_{(1)} = 1\text{mol} \times 242 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 2\text{mol} \times 366 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - (1\text{mol} \times 193 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 2\text{mol} \times 431 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$$

$$\Delta H^\circ_{(1)} = -81\text{kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון גבוה מאוד. רוב התלמידים חישבו נכון את הערך של ΔH° עבור תגובה (1).

הופיעו טעויות מעטות:

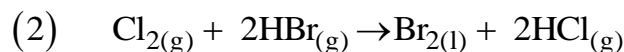
- הצבת אנתלפיית האיזוי במקום אנתלפיית הקשר של ברום.
- אי התייחסות למקדמים בעת החישוב של ΔH° עבור תגובה (1).

המלצות

מומלץ לתרגל חישוב ΔH° תגובה לפי נתונים של אנתלפיות קשר ולהסביר את ההיגיון - מדוע בחישוב השינוי באנתלפיה על פי אנתלפיות קשר יש לחבר את סכום אנתלפיות הקשר במגיבים ולחסר את סכום אנתלפיות הקשר בתוצרים.

תת-סעיף ii (הציון 52)

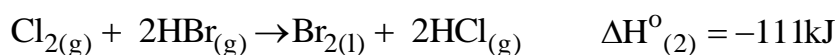
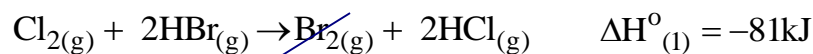
כלור, $\text{Cl}_2(\text{g})$, מגיב עם מימן ברומי, $\text{HBr}(\text{g})$, גם על פי תגובה (2):



היעזר בנתונים שבשאלה וחשב את הערך של ΔH° עבור תגובה (2). **פרט את חישוביך.**

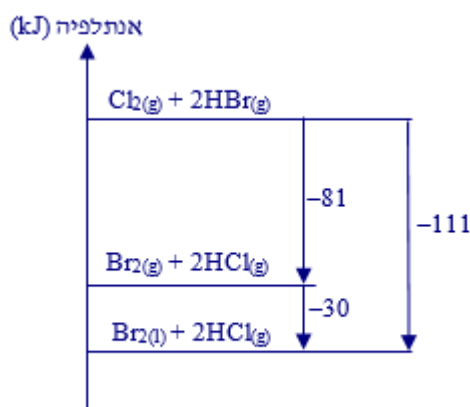
התשובה:

על פי חוק הס:



או:

באמצעות הצגה גרפית:



או:

בתגובה (2) נוצר $\text{Br}_2(\text{l})$, ולכן יש להוסיף את האנרגיה הנפלטת בתהליך העיבוי של 1 מול $\text{Br}_2(\text{g})$.

$$\Delta H^\circ_{(2)} = -81\text{kJ} + (-30\text{kJ}) = -111\text{kJ}$$

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

ניתוח טעויות אופייניות

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו לחשב את הערך של ΔH° עבור תגובה (2).

הטעויות האופייניות:

- הצבת אנתלפיית הקשר של ברום במקום $-\Delta H^\circ$.
- חישוב הפוך: הפיכה של ניסוח תגובה (1) ורישום תהליך האידיוי של ברום (במקום עיבוי).

המלצות

מומלץ לחדד את ההבדלים בין קשרים קוולנטיים לבין כוחות בין מולקולריים. מומלץ לתת דוגמאות מחיי היומיום, למשל אידוי מים, ולהדגיש לתלמידים שבמהלך האידוי מתפרקים כוחות בין מולקולריים, אך לא קשרים קוולנטיים. שאלה לדוגמה:

לפניך ניסוח תגובה (1) שבה נוצר הידרזין במצב נוזל מיסודותיו:



במהלך תגובה (1) שבה נוצרים 8 גרם הידרזין במצב נוזל, $\text{N}_2\text{H}_{4(l)}$, נקלטים 12.65 kJ.

א. חשב את שינוי האנתלפיה עבור תגובה (1), $\Delta H^\circ_{(1)}$. **פרט את הישוביך.**

ב. נסח תגובה (2) שבה נוצר הידרזין במצב גז מיסודותיו.

ג. נתון: אנתלפיית האידוי, ΔH°_v , של הידרזין במצב נוזל היא: 48 kJ/mol.

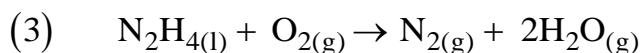
חשב את שינוי האנתלפיה עבור תגובה (2), $\Delta H^\circ_{(2)}$. **פרט את הישוביך.**

ד. בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיות קשר.

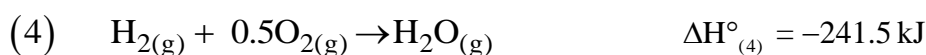
הקשר	H – H	N ≡ N	N – H
אנתלפיית הקשר (kJ/mol)	436	945	391

חשב את אנתלפיית הקשר N – N במולקולה $\text{N}_2\text{H}_{4(g)}$. **פרט את הישוביך.**

ה. הידרזין במצב נוזל, $\text{N}_2\text{H}_{4(l)}$, משמש חומר דלק לטילים. הוא מגיב עם חמצן על פי תגובה (3):

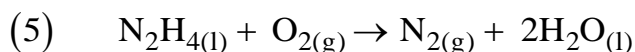


נתונה תגובה (4):



חשב את שינוי האנתלפיה עבור תגובה (1), $\Delta H^\circ_{(3)}$. **פרט את הישוביך.**

ו. נתונה תגובה (5):



שתי התגובות, (3) ו-(5), הן אקסותרמיות.

באיזו תגובה, (3) או (5), משתחררת כמות אנרגיה גדולה יותר? **נמק ללא חישוב.**

מומלץ לעבור עם התלמידים על מידעון: מקורות אנרגיה וגז טבעי ינואר 2018, המכיל הצעה לשאלת מאמר בנושא אנרגיה וקצב. [אתר המרכז הארצי למורי הכימיה.](#)