

ניתוח תוצאות של בחינת הבגרות בכימיה 3 יחידות לימוד שאלון 37303 תשע"א

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

בראשות: זיוה בר-דב

צוות הכתיבה: אסתר ברקוביץ

ידידה גוטליב

מוחמד גרה

רים סאבא

אלה פרוטקין-זילברמן

מיכאל קויפמן

עדינה שינפלד

נאוה תמם

יעוץ מדעי ופדגוגי: מכון ויצמן למדע: פרופ' אבי הופשטיין

ד"ר רחל ממלוק-נעמן

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

ינואר 2012

ניתוח תוצאות של בחינת הבגרות בכימיה תשע"א

שאלון 37303

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

החומר מופיע באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter>

גם ניתוחי הבגרות משנות תש"ע, תשס"ו, תשס"ד, תשס"ג, תשס"ב, תשס"א, תש"ס, תשנ"ט, תשנ"ח נמצאים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע.

ניתוח בגרות תשס"ט מופיע באתר המפמ"ר:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/chimya

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 שש 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).

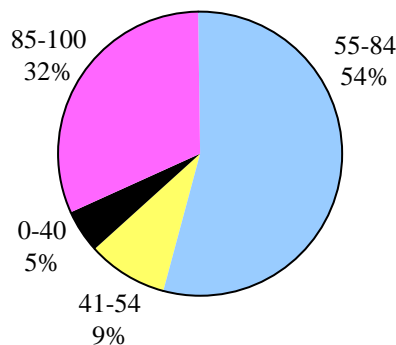
ניתוח השאלות הפתוחות מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני תת-סעיפים) ועל טעויות אופייניות שאותרו על-ידי מעריכי בחינת הבגרות.

איתור ואיסוף טעויות אלה כרוך במאמצים רבים מצד המעריכים ועל כך תודתנו הרבה.

השנה ניגשו לבחינה **8490** תלמידים. על-פי הממצאים של מכון סאלד:

ציון ממוצע של הבחינה **74**, ציון שנתי ממוצע **85** וציון סופי ממוצע **79**.

התפלגות ציוני בחינה על-פי ממצאי מכון סאלד



בניתוח השאלות אנו מציגים **רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**, העשויה לעזור בתכנון לימודים ובהערכת הישגים. הטקסונומיה כוללת שש רמות חשיבה :

ידע : יכולת של שליפת מידע מהזיכרון : פרטים, דרכים, אמצעים ועוד.
 דוגמה לשאלה ברמה של ידע : מהי טמפרטורת הרתיחה של המים?
הבנה : יכולת להשתמש בחומר הנלמד, הצגתו בדרך שונה מזו שנלמדה.
 דוגמה לשאלה : קבע אם ההיגד הוא נכון : לאטומים של היסודות הנמצאים בטור השני, יש מספר זהה של אלקטרוני ערכיות.
יישום : יכולת ליישם את הידע הנרכש בהקשרים שונים ובמצבים חדשים.
 דוגמה לשאלה : המתכת ניקל, $Ni_{(s)}$, מגיבה עם יוני עופרת, $Pb^{2+}_{(aq)}$, אך אינה מגיבה עם יוני כרום, $Cr^{3+}_{(aq)}$. האם מתרחשת התגובה אם טובלים מוט עשוי מתכת כרום, בתמיסה המכילה יוני עופרת?
אנליזה (ניתוח) : יכולת לנתח את הנתונים, להבחין בין עובדות להנחות, בין עיקר לתפל.
 דוגמה לשאלה : המיסו את החומר $CuSO_4 \cdot 5H_2O_{(s)}$ במים. תאר באופן מילולי ברמה המיקרוסקופית את התמיסה שהתקבלה.
סינתזה : יכולת להרכיב תוצר ממרכיביו - יכולת לשער, להמציא.
 שאלה לדוגמה : לבקש מהתלמיד לתכנן ניסוי העשוי לאשר את השערתו.
הערכה : יכולת שיפוט איכותי וכמותי של תוצר על פי קריטריונים.
 לדוגמה : שיפוט רעיון, המצאה מדעית.

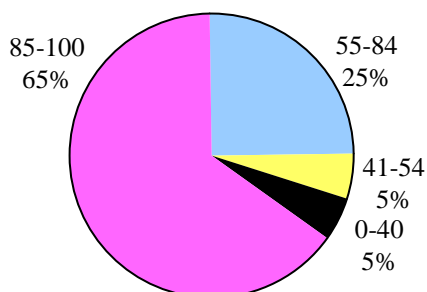
ניתוח תוצאות של שאלה 1 - החלק הרב ברירתי

בבחינת הבגרות תשע"א

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 **84**.

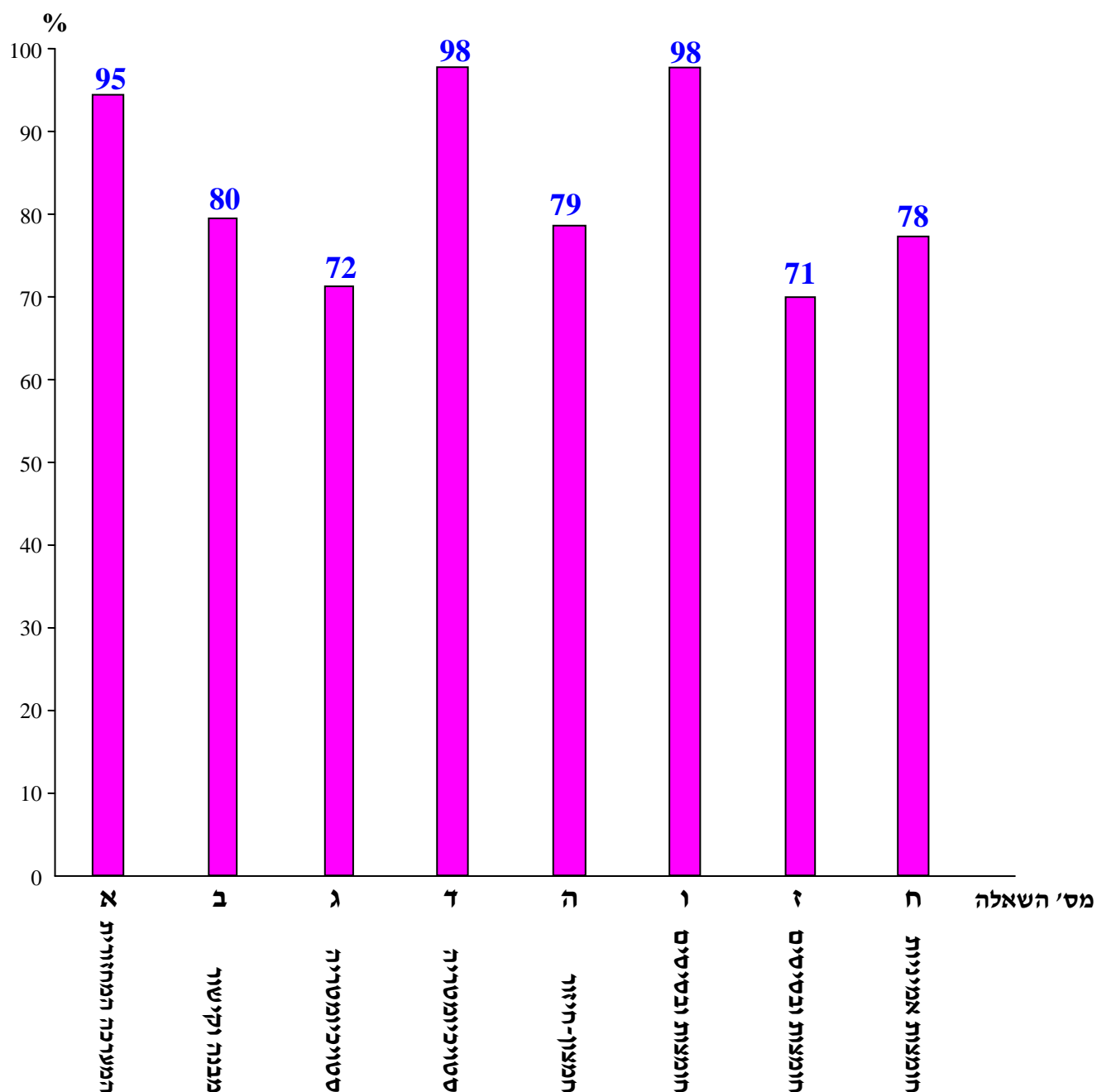
פיזור ציונים על-פי הממצאים של מכון סאלד



ציונים ממוצעים לכל אחד מהסעיפים א'-ח' של שאלה 1, על פי המדגם

נושא	המערכה המחזורית	מבנה וקישור	סטויכיומטריה		חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים		חומצות אמיניות
סעיף	א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח
ציון	95	80	72	98	79	98	71	78
רמת חשיבה	הבנה	יישום	אנליזה	יישום	יישום	יישום	יישום	יישום

ציונים ממוצעים לכל אחד מהסעיפים של שאלה 1



שאלה 1

ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 84

סעיף א'

לפניך ארבעה היגדים, I – IV, הנוגעים לאטומים של יסודות במערכה המחזורית:

- I. לאטומים של היסודות הנמצאים בטור השני, יש מספר זהה של אלקטרוני ערכיות.
- II. באטומים של היסודות הנמצאים בטור השני, האלקטרונים מאכלסים מספר זהה של רמות אנרגיה.
- III. לאטומים של היסודות הנמצאים במחזור השני (בשורה השנייה), יש מספר זהה של אלקטרוני ערכיות.
- IV. באטומים של היסודות הנמצאים במחזור השני, האלקטרונים מאכלסים מספר זהה של רמות אנרגיה.

מה הם ההיגדים הנכונים?

2%	1.	היגדים I ו-III בלבד
95%	2.	היגדים I ו-IV בלבד
-	3.	היגדים II ו-III בלבד
3%	4.	היגדים II ו-IV בלבד

הנימוק:

היגד I נכון: לאטומים של יסודות הנמצאים באותו טור יש אותו מספר אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר או, במילים אחרות, מספר אלקטרוני הערכיות זהה.

היגד II אינו נכון: באטומים של יסודות הנמצאים באותו טור מספר רמות האנרגיה שונה, הוא עולה כאשר עוברים ממחזור למחזור לאורך הטור.

היגד III אינו נכון: לאטומים של יסודות שנמצאים באותו מחזור, יש מספר שונה של אלקטרוני ערכיות, על פי מספר הטור בו הם נמצאים.

היגד IV נכון: באטומים של היסודות הנמצאים באותו מחזור, יש מספר זהה של רמות אנרגיה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ מהם אלקטרוני ערכיות.
- ◀ מבנה המערכה המחזורית, מחזורים וטורים.
- ◀ הקשר בין מקום היסוד במערכה המחזורית לבין מספר אלקטרוני ערכיות באטום שלו.
- ◀ הקשר בין מקום היסוד במערכה המחזורית לבין מספר רמות אנרגיה באטום שלו.

סיבות אפשריות לטעויות:

הציון גבוה מאוד. מספר השגיאות קטן.
התלמידים ידעו את הקשר בין מקום היסוד במערכה המחזורית לבין מספר רמות אנרגיה ומספר אלקטרוני ערכיות באטום של יסוד זה.

כדאי לחזור על המושגים "טור" ו"מחזור" כשלומדים תכונות שמשתנות לאורך המחזורים והטורים (אנרגיית יינון, רדיוס אטומי, אלקטרושליליות). מומלץ להשתמש במילה מחזור ולא שורה כשדנים במערכה המחזורית.

סעיף ב'

סידרו שלושה קשרים קוולנטיים, על פי אורך הקשר.
מהו הסדר הנכון?

$C=O > C=C > C-C$.1	18%
$C=C > C=O > C-C$.2	2%
$C=C > C-C > C=O$.3	-
$C-C > C=C > C=O$.4	80%

הנימוק:

הגורמים המשפיעים על אורך הקשר:

- רדיוס אטומי - רדיוס אטום O קטן מרדיוס אטום C.
- סוג הקשר - קשר כפול חזק מקשר יחיד.
- מידת הקוטביות של הקשר - קשר $C=O$ קוטבי. הקשרים $C-C$ ו- $C=C$ אינם קוטביים.

בקשר $C-C$ המשיכה החלשה ביותר ולכן הוא הארוך ביותר. מספר אלקטרוני הקשר הנמשכים לגרעינים הוא הקטן ביותר. קשר $C=O$ חזק מקשר $C=C$, כי רדיוס אטום O קטן מרדיוס אטום C, המרחק בין אלקטרוני הקשר לגרעינים קטן יותר, ולכן המשיכה החשמלית לאלקטרוני הקשר חזקה יותר. בנוסף קיימת משיכה חשמלית בין מטענים חלקיים על אטום O ועל אטום C בגלל פער באלקטרושליליות. מכאן קשר $C=O$ חזק מקשר $C=C$ וקצר ממנו.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

◀ אורך הקשר.

◀ הגורמים המשפיעים על אורך קשר.

סיבות אפשריות לטעויות:

18% מהתלמידים בחרו במסח 1. הם בלבדו בין חוזק קשר לאורך קשר.

מומלץ לתת לתלמידים תרגילים העוסקים גם באורך קשר וגם בחוזק קשר, ולהדגיש את הדומה והשונה. דוגמה:

לפניך נתונים עבור אנרגיית קשר ואורכי קשר:

קשר	אנרגיית קשר ב- קילוג'אול למול	אורך הקשר באנגסטרם
O-O	146	1.49
O=O	Y	X

א. איזה מהערכים שלפניך מתאים לערכו של X ?

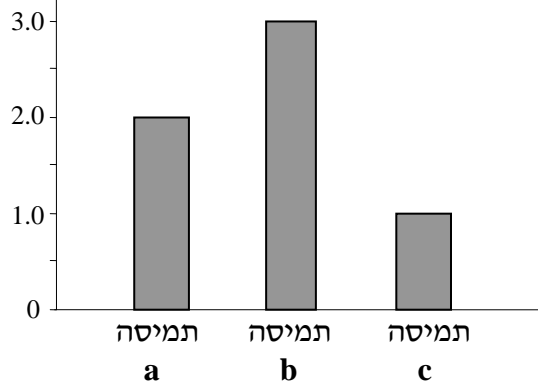
1.21 אנגסטרם 1.49 אנגסטרם 1.65 אנגסטרם

ב. איזה מהערכים שלפניך מתאים לערכו של Y ?

110 קילוג'אול 146 קילוג'אול 497 קילוג'אול

סעיף ג'

מספר המולים הכולל של חלקיקי החומר המומס



לכל אחד משלושה כלים הכניסו

1 מול חומר, והוסיפו מים עד

שהתקבלה תמיסה בנפח 1 ליטר.

בדיאגרמה שלפניך מוצג מספר

המולים הכולל של חלקיקי

החומר המומס בכל אחת משלוש

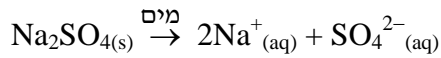
התמיסות a, b ו-c:

באיזו מהשורות 1-4 החומרים המומסים בתמיסות a, b ו-c מוצגים בהתאם לדיאגרמה?

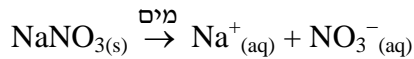
a	b	c		
NaNO₃	Na₂SO₄	CH₃OH	.1	72%
CH ₃ OH	Na ₂ SO ₄	NaNO ₃	.2	13%
NaNO ₃	CH ₃ OH	Na ₂ SO ₄	.3	9%
Na ₂ SO ₄	NaNO ₃	CH ₃ OH	.4	6%

הנימוק:

על פי הדיאגרמה, מספר המולים הכולל של החלקיקים בתמיסה b הוא הגדול ביותר. בהמסה של 1 מול $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ מתקבלים 3 מול חלקיקים (יונים):



על פי הדיאגרמה, מספר המולים הכולל של החלקיקים בתמיסה a הוא השני בגודלו. בהמסה של 1 מול $\text{NaNO}_3(\text{s})$ מתקבלים 2 מול חלקיקים (יונים):



על פי הדיאגרמה, מספר המולים הכולל של החלקיקים בתמיסה c הוא הקטן ביותר. בהמסה של 1 מול $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ מתקבלים 1 מול חלקיקים (מולקולות):



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ לזהות את סוג החומר - מולקולרי או יוני.
- ◀ מהו התהליך המיקרוסקופי שמתרחש בעת המסה במים של חומר מולקולרי ושל חומר יוני.
- ◀ מספר המולים של כל אחד מסוגי היונים במול של חומר יוני.
- ◀ לקרוא ולהבין גרף - מהו הקשר בין הנתונים המוצגים בגרף לבין תהליכי ההמסה השונים.
- ◀ לקשר בין טבלה לגרף - בין נתוני הגרף לתשובה הנכונה.

סיבות אפשריות לטעויות:

- 28% מהתלמידים טעו. תלמידים אלה לא הצליחו לקבוע כמה חלקיקים נמצאים בתמיסה של כל חומר, ולא הבינו שכדאי להיעזר בניסוח של כל אחד מתהליכי ההמסה.
- 22% מהתלמידים, שבחרו במסיחים 2 ו-3, טעו בקביעת סוג החומר המומס - מולקולרי או יוני.

כאשר מלמדים את נושא ההמסה של סוגי חומרים שונים, מומלץ להדגיש את מספר החלקיקים בתמיסה וכיצד מספר החלקיקים משפיע על המוליכות. דוגמה: המיסו במים 1 מול של כל אחד מהחומרים: אשלגן יודי, $\text{KI}(\text{s})$, מגנזיום חנקתי, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$, אמון כלורי, $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, וליתיום זרחתי, $\text{Li}_3\text{PO}_4(\text{s})$.

- א. נסח ואזן את תהליך ההמסה במים של כל אחד מהחומרים הנתונים.
- ב. קבע את מספר המולים של כל אחד מסוגי החלקיקים בכל אחת מהתמיסות.
- ג. קבע את מספר המולים הכולל של החלקיקים בכל אחת מהתמיסות.
- ד. המיסו במים 1 מול של אתאנול, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$.
 - i נסח ואזן את תהליך ההמסה במים של אתאנול, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$.
 - ii קבע מספר מולים של חלקיקים בתמיסה שהתקבלה.
 - iii קבע אם התמיסה מוליכה זרם חשמלי. נמק את קביעתך.

סעיף ד'

הצריכה היומית המומלצת של יוני אשלגן, K^+ , היא 4.7 גרם. המקור העיקרי ליוני האשלגן שבמזון הוא אשלגן כלורי, KCl.

מהי המסה של KCl (בקירוב) שיש לצרוך ביום, כדי לספק את כמות יוני האשלגן המומלצת?

1%	1.	7.5 גרם
98%	2.	9.0 גרם
-	3.	39.0 גרם
1%	4.	74.5 גרם

הנימוק:

חישוב של מסת KCl שצריך לצרוך ביום על מנת לספק את כמות יוני האשלגן המומלצת:

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

המסה המולרית של $KCl_{(s)}$:

במול KCl יש 39.1 גרם יוני K^+ .

המסה של KCl שיש לצרוך ביום, כדי לספק את כמות יוני האשלגן המומלצת:

$$\frac{4.7 \text{ gr} \times 74.5 \text{ gr}}{39.1 \text{ gr}} = 8.955 \text{ gr} \approx 9 \text{ gr}$$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- לזהות חומר יוני.
- לקבוע מספר מולים של כל אחד מסוגי היונים במול של חומר יוני.
- חישובים סטויכיומטריים - קשר בין מסת החומר הנתון, מסה מולרית של החומר ומספר המולים של החומר.

סיבות אפשריות לטעויות:

הציון גבוה מאוד. כמעט ולא אותרו טעויות. השאלה הייתה קלה לתלמידים.

סעיף ה'

המתכת ניקל, $Ni_{(s)}$, מגיבה עם יוני עופרת, $Pb^{2+}_{(aq)}$, אך אינה מגיבה עם יוני כרום, $Cr^{3+}_{(aq)}$. מהי הקביעה הנכונה?

- 3% יוני ניקל, $Ni^{2+}_{(aq)}$, מושכים אלקטרונים חזק יותר מאשר יוני עופרת, $Pb^{2+}_{(aq)}$.
- 5% יוני כרום, $Cr^{3+}_{(aq)}$, הם מחמצן חזק יותר מיוני עופרת, $Pb^{2+}_{(aq)}$.
- 13% אפשר לאחסן תמיסה המכילה יוני ניקל, $Ni^{2+}_{(aq)}$, בתוך כלי עשוי מתכת כרום, $Cr_{(s)}$.
- 79%** **כאשר טובלים מוט עשוי מתכת כרום, $Cr_{(s)}$, בתמיסה המכילה יוני עופרת, $Pb^{2+}_{(aq)}$,**

מתרחשת תגובה.

הנימוק:

כדי לענות על השאלה יש לדרג את המתכות ולקבוע, איזו מתכת מצמד המתכות היא מחזרת טובה יותר. לאחר מכן יש לבדוק אם תתרחש תגובה לפי נתוני השאלה.

נתון: המתכת ניקל $\text{Ni}_{(s)}$ מגיבה עם יוני עופרת, $\text{Pb}^{2+}_{(aq)}$. המסקנה מכך: $\text{Ni}_{(s)} > \text{Pb}_{(s)}$ כמחזור.

נתון: המתכת ניקל $\text{Ni}_{(s)}$ אינה מגיבה עם יוני כרום, $\text{Cr}^{3+}_{(aq)}$. המסקנה מכך: $\text{Cr}_{(s)} > \text{Ni}_{(s)}$ כמחזור.

שילוב הנתונים משני הניסויים נותן: $\text{Cr}_{(s)} > \text{Ni}_{(s)} > \text{Pb}_{(s)}$

ניתן לדרג את היונים לפי הכושר שלהם לחמצן: $\text{Cr}^{3+}_{(aq)} < \text{Ni}^{2+}_{(aq)} < \text{Pb}^{2+}_{(aq)}$

ניתן להסיק שתתרחש תגובה בין המתכת כרום ליוני ניקל ו/או ליוני עופרת.

לא תתרחש תגובה בין יוני עופרת למתכות ניקל וכרום. לכן ניתן לאחסן תמיסה של יוני עופרת בכלי עשוי מניקל או מכרום.

לכן תשובה 4 נכונה.

מסיח 1 שגוי, מכיוון שיוני הניקל הם מחמצן פחות טוב מיוני העופרת, ולכן מושכים אלקטרונים חלש יותר.

מסיח 2 שגוי, מכיוון שיוני הכרום הם מחמצן פחות טוב מיוני העופרת.

מסיח 3 שגוי, מכיוון שהמתכת כרום היא מחזור טוב יותר מהמתכת ניקל, ולכן תתרחש תגובה בין יוני הניקל למתכת כרום. לכן לא ניתן לשמור את התמיסה של יוני הניקל בכלי העשוי מהמתכת כרום.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ המושגים מחמצן ומחזור.
- ◀ לסדר, לפי נתונים, את המתכות על פי כושרן לחזור.
- ◀ לסדר, לפי נתונים, את יוני המתכות על פי כושרם לחמצן.
- ◀ לקבוע, מתוך הסידור של מתכות על פי כושרן לחזור ו/או מתוך הסידור של יוני המתכות על פי כושרם לחמצן, אם תתרחש תגובה בין מתכת לבין יוני מתכת אחרת.
- ◀ יון שהוא מחמצן טוב יותר, מושך אלקטרונים חזק יותר.
- ◀ אפשר לשמור תמיסה בכלי רק אם הכלי אינו מגיב איתה.

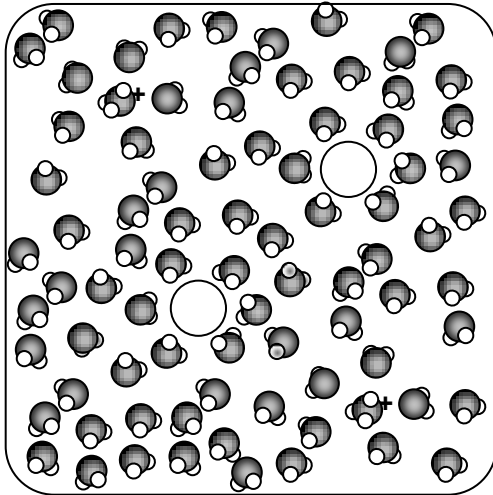
סיבות אפשריות לטעויות:

13% מהתלמידים שבחרו במסיח 3 לא הצליחו לפרש נכון את הנתונים, לסדר את המתכות על פי כושרן לחזור ו/או את יוני המתכות על פי כושרם לחמצן, ולתרגם את הסדר לאפשרות לשמור תמיסה בכלי העשוי ממתכת. לחילופין התלמידים לא התייחסו לאבחנה שבין מתכת לבין יוני מתכת. התלמידים שבחרו במסיח 1 (3%) פירשו כנראה הפוך את הנתונים וקבעו כי יוני הניקל הם מחמצן טוב יותר. התלמידים שבחרו במסיח 2 (5%) פירשו כנראה הפוך את הנתונים וקבעו כי יוני כרום הם מחמצן טוב יותר.

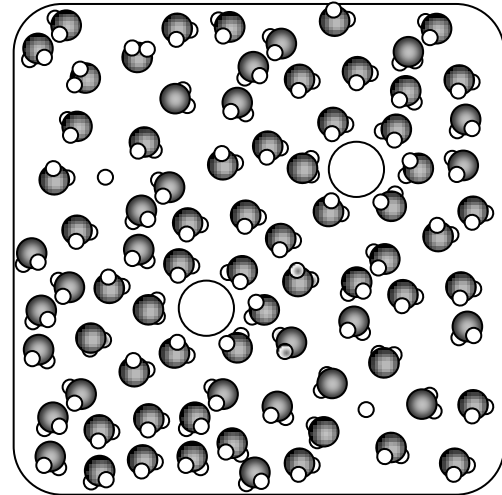
סעיף ו'

איזה מהאיורים 1-4 שלפניך הוא תיאור סכמטי המתאים לתמיסה מימית שהתקבלה לאחר הוספת מימן כלורי, $\text{HCl}_{(g)}$ למים?

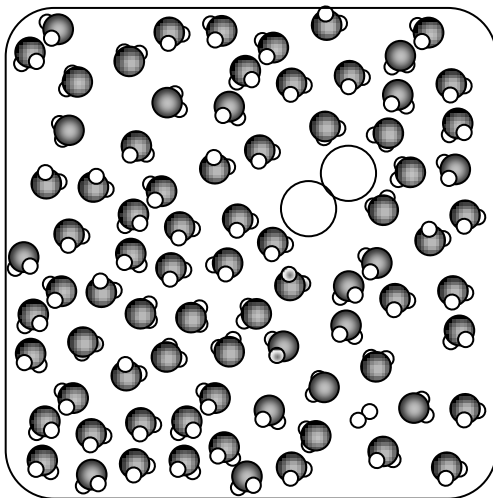
מקרא: ● אטום חמצן ○ אטום מימן ⊖ יון כלור ○ אטום כלור



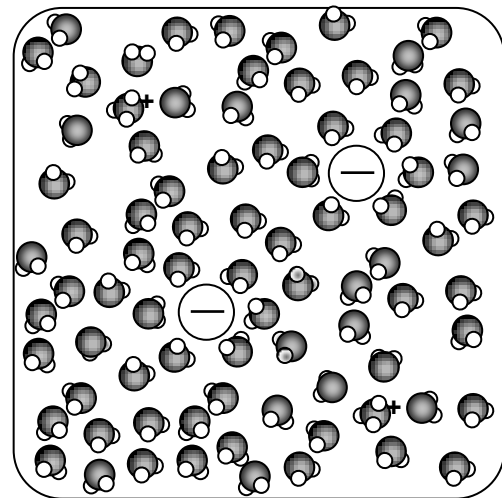
2 1%



1 -



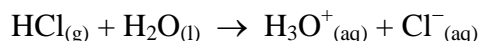
4 1%



3 98%

הנימוק:

כאשר מוסיפים מימן כלורי, $\text{HCl}_{(g)}$ למים, מתרחשת התגובה:



בתגובה נוצרים יוני הידרוניום ויוני כלור ממוימים.

- באיור 3 מופיעים התוצרים הנכונים, כלומר יוני הידרוניום ויוני כלור ממוימים - מוקפים במולקולות מים.
באיור 1 מופיעים אטומי מימן ואטומי כלור המוקפים במולקולות מים.
באיור 2 מופיעים יוני הידרוניום מוקפים במולקולות מים, אולם גם אטומי הכלור.
באיור 4 מופיעות מולקולות דו-אטומיות של מימן ומולקולות דו-אטומיות של כלור המוקפות במולקולות מים.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ☞ לזהות את התרכובת מימן כלורי כתרכובת מולקולרית המגיבה כחומצה במים.
- ☞ בתגובה בין חומר מולקולרי המגיב כחומצה לבין מים נוצרים יוני הידרוניום ויונים שליליים ממוימים.
- ☞ לזהות סמלים מוסכמים מתוך איורים.

סיבות אפשריות לטעויות:

- הציון גבוה מאוד. התלמידים זיהו את החלקיקים שבאיורים וקבעו נכון את סוגי החלקיקים הנמצאים בתמיסה.
התלמידים המעטים שטעו הניחו שהחלקיקים בתמיסה הם אטומים או מולקולות. יתכן והתייחסו לתהליך הנתון כאל פירוק תרכובת ליסודות או לאטומים.

סעיף ז'

- במעבדה נמצאו שלושה בקבוקים בלי תוויות, ובתוכם תמיסות שונות.
בבקבוק אחד הכיל 100 מיליליטר תמיסה של חומצה חנקתית, $\text{HNO}_{3(aq)}$, בריכוז 1 M
בבקבוק שני הכיל 100 מיליליטר תמיסה של נתרן גפרתי, $\text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)}$, בריכוז 1 M
בבקבוק שלישי הכיל 100 מיליליטר תמיסת של חומצה גפרתית, $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$, בריכוז 1 M
כדי להבחין בין שלוש התמיסות הוצעו ארבע בדיקות.
כיצד אפשר לזהות בוודאות את תכולת כל אחד מהבקבוקים?
3% 1. לבדוק אם המוליכות החשמלית של כל אחת מהתמיסות טובה או זניחה.
71% 2. למדוד את ה-pH של כל אחת מהתמיסות.
8% 3. להוסיף נתרן מימן-פחמתי, $\text{NaHCO}_{3(s)}$, לכל אחת מהתמיסות.
18% 4. להוסיף נתרן הידרוקסידי, $\text{NaOH}_{(s)}$, לכל אחת מהתמיסות.

הנימוק:

ערכו של pH התמיסה הוא פונקציה של ריכוז יוני ההידרוניום.

ה-pH של שתי התמיסות החומציות יהיה נמוך מ-7, לעומת ה-pH של תמיסת הנתרן הגפרתי שיהיה שווה ל-7. ההבדל ב-pH של שתי התמיסות החומציות נובע מההבדל בריכוז יוני ההידרוניום שבתמיסות. החומצה הגפרתית היא חומצה דו-פרוטית ואילו החומצה החנקתית חומצה חד-פרוטית. לכן בתמיסה של החומצה הגפרתית ריכוז יוני ההידרוניום יהיה כפול מריכוזם בתמיסה של החומצה החנקתית. ככל שריכוז יוני ההידרוניום בתמיסה גבוה יותר ה-pH נמוך יותר. לכן יימדדו שלושה ערכי pH שונים בכל אחת מהתמיסות.

מסיח 1 שגוי. כל התמיסות מוליכות חשמל מכיוון שבכולן יש יונים ניידים.

מסיח 3 שגוי. בהוספת נתרן מימן-פחמתי תתרחש פליטת גז פחמן דו-חמצני בתמיסות של שתי החומצות, כתוצאה מתגובה של יוני מימן-פחמתי עם יוני ההידרוניום.

מסיח 4 שגוי מכיוון שלא ניתן להבחין בהבדל ברמת התופעה במתרחש בכל אחת מהתמיסות. בכל שלוש התמיסות תתרחש המסה של הנתרן ההידרוקסידי במים, כאשר בתמיסות החומציות תתרחש גם תגובת סתירה.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ לזהות את תמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ ותמיסת $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ כתמיסות חומציות.
- ◀ ההבדל בין חומצות חד-פרוטיות ודו-פרוטיות מבחינת ריכוז יוני ההידרוניום הנוצרים בתמיסות שוות ריכוז.
- ◀ השפעת הריכוז של יוני ההידרוניום על ה-pH של התמיסה.
- ◀ לזהות את תמיסת $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ כתמיסה של חומר יוני קל תמס.
- ◀ תמיסות המכילות יונים ניידים מוליכות חשמל.
- ◀ תגובת חומצה בסיס בין תמיסה חומצית למלח מימן-פחמתי.
- ◀ תגובת הסתירה בין תמיסה חומצית לתמיסה בסיסית לעומת היעדר תגובה של תמיסה של חומר יוני עם בסיס.

סיבות אפשריות לטעויות:

18% מהתלמידים שבחרו במסיח 4 סבורים שניתן להבחין בהבדל הנראה לעין. בין תוצרי התגובות של בסיס נתרן ההידרוקסידי עם התמיסות השונות. אמנם קיים הבדל בין התגובות, אולם לא הבדל שניתן להבחין בו ברמת התופעה. הצעתם הייתה מתאימה אילו הייתה אפשרות לבצע מדידה כמותית כלשהי.

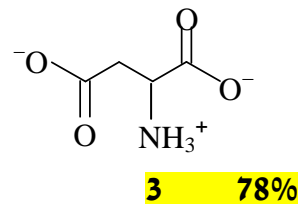
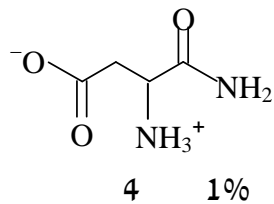
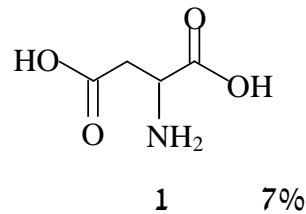
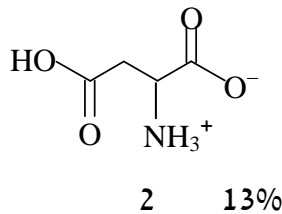
8% מהתלמידים בחרו במסיח 3. תלמידים אלה סבורים שניתן להבחין בהבדל חיצוני בין תוצרי התגובות של מלח מימן-פחמתי עם התמיסות החומציות. יתכן שחלק מהתלמידים סבורים כי ניתן להבחין בהבדל בין תגובה של מלח זה עם תמיסת חומצה חד-פרוטית ותמיסת חומצה דו-פרוטית.

התלמידים שבחרו במסיה 1 (3%) אינם יודעים כי כל התמיסות הנתונות מוליכות חשמל. הם סבורים כי תמיסות חומציות אינן מכילות יונים ולכן אינן מוליכות חשמל.

מומלץ לבצע ניסויים דומים להצעות הנתונות בשאלה במעבדה - להמחשת ההבדלים בין תמיסות חומציות ובסיסיות לתמיסות ניטרליות בתגובות עם חומרים שונים.

סעיף ח'

חומצה אספרטית היא חומצה אמינית המכילה קבוצה קרבוקסילית (-COOH) נוספת בקבוצת הצד. איזו מהנוסחאות 1-4 שלפניך מציגה נכון את המבנה של חומצה אספרטית בתמיסה מימית, ב- $\text{pH}=7$?



הנימוק:

חומצה אספרטית היא חומצה אמינית שכל מולקולה שלה מכילה קבוצה קרבוקסילית נוספת בקבוצת הצד - R. ב- $\text{pH}=7$ כל הקבוצות הקרבוקסיליות והאמיניות נטענות. הקבוצות הקרבוקסיליות נטענות במטען שלילי -1 והקבוצות האמיניות נטענות במטען חיובי +1. באיור מספר 1 מופיעה החומצה האמינית בצורתה המולקולרית ללא טעינה כלל. באיור מספר 2 מופיעה טעינה של הקצה הקרבוקסילי והקצה האמיני, אולם קבוצת הצד - R נשארה לא טעונה. באיור מספר 4 במקום קצה קרבוקסילי מופיע קצה אמידי. האיור אינו מתאר כלל את החומצה האמינית הנתונה.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ מולקולה של חומצה אמינית נטענת בכל הקצוות אשר יכולים להיטען, כולל בקבוצות הצדדיות - R.
- ◀ מהו המטען של קצה קרבוקסילי ב- $pH=7$.
- ◀ מהו המטען של קצה אמיני ב- $pH=7$.
- ◀ לזהות מבנה בסיסי של חומצה אמינית.

סיבות אפשריות לטעויות:

13% מהתלמידים שבחרו במסלול 2 יודעים שמולקולה של החומצה האמינית נטענת בתמיסה מימית, אולם סבורים שהטעינה מתרחשת רק בקצה הקרבוקסילי ובקצה האמיני ואין טעינה בקבוצה הצדדית. התלמידים שבחרו במסלול 1 (7%) אינם יודעים שהקבוצות הקרבוקסיליות והקבוצות האמיניות נטענות בתמיסה מימית וסימנו את הצורה המולקולרית. תלמידים מעטים בחרו במסלול 4. טעות זו מעידה על חוסר הבחנה בין קצה קרבוקסילי לקצה אמיני. יתכן ותלמידים אלה חשבו שהקבוצה הצדדית הנוספת היא קבוצה אמינית והוסיפו אותה לקצה הימני של המולקולה.

מומלץ לתרגל עם התלמידים יינון בתמיסות של חומצות אמיניות שונות, כולל חומצות עם קבוצות צדדיות - R. תרגילים 2-3 בספר הלימוד "טעם של כימיה" מאת ד"ר אורית הרשקוביץ וד"ר צביה קברמן, הטכניון, מתאימים למטרה זו.

ניתוח תוצאות של שאלות פתוחות - פרק ב'

בבחינת הבגרות תשע"א

כפי שנאמר, ניתוח השאלות הפתוחות 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.

ממצאים אלה מתבססים על **8490** נבחנים.

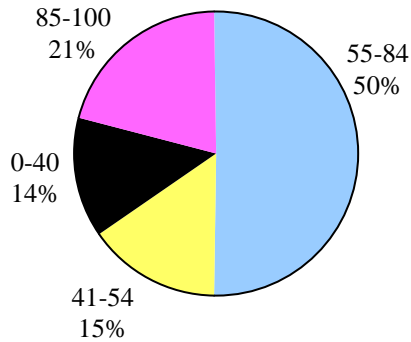
מס' שאלה	2	3	4	5	6	7	8
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מבנה וקישור	מבנה וקישור	חמצון-חיזור וסטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים וסטויכיו-מטריה	שומנים
ציון ממוצע	66	74	66	79	74	77	72
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	71%	45%	56%	36%	37%	52%
% תלמידים שציונם	85-100	21	37	25	45	31	46
	55-84	50	46	45	31	37	50
	0-54 (0-40)	29 (14)	17 (8)	30 (16)	15 (8)	17 (8)	17 (7)

רוב התשובות לשאלות שמופיעות בחוברת זו לקוחות מהמחונן למעריכי בחינת הבגרות ומיועדות למורים. תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר.

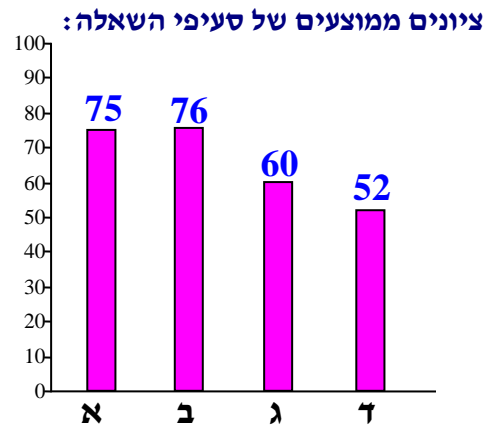
שאלה 2

ניתוח קטע ממאמר מדעי - חובה

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 66



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

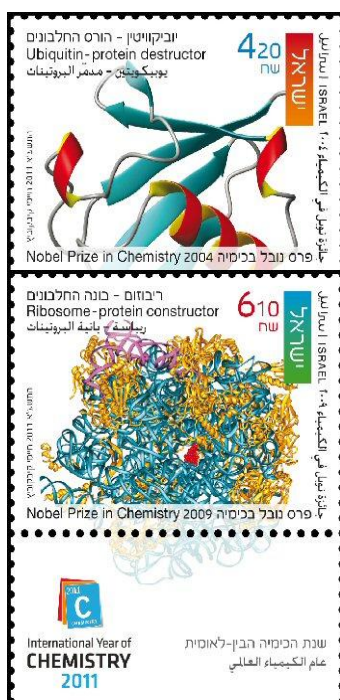
- לעבוד עם טקסט מדעי: להפיק מידע מהכותרות, מהשאלות הנלוות, מגרפים, מאיורים. מטבלאות. ליישם ידע מדעי שנלמד. להסיק מסקנות מן הכתוב בטקסט.
- ייצוג גרפי של נתונים.
- לזהות שיירים של חומצות אמיניות בנוסחת דו-פפטיד.
- לזהות ולרשום נכון קשר פפטידי.
- לרשום נוסחאות של דו-פפטידים.
- לקבוע את סוג החומרים: יוניים, מולקולריים, אטומיים ומתכתיים.
- הקשר בין מבנה החומר לבין התנהגותו (מסיסותו) במים.
- ריכוז מולרי של יונים וריכוז מולרי של חומר יוני בתמיסה מימית.
- חישובים סטויכיומטריים: חישוב המסה של החומר המומס בנפח נתון של תמיסה על פי הריכוז המולרי של החומר בתמיסה, שימוש בחוק שימור מסה.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים שאחריו.

חלבונים בכותרות



שנת 2011 הוכרזה כשנת הכימיה הבין-לאומית. לכבוד שנה זו הוחלט להנפיק שני בולים חדשים המנציחים הישגים של שלושה מדענים ישראלים שזכו בעשור האחרון בפרס נובל בכימיה. הפרופסורים אברהם הרשקו ואהרון צ'חנובר מהטכניון זכו בפרס נובל ב-2004 על גילוי המנגנון האחראי לפירוק חלבונים פגומים בתא חי.

הפירוק נעשה בעזרת החלבון אוביקוויטין (Ubiquitin) הנקשר לחלבון הפגום. החלבון הפגום עובר הידרוליזה ומתפרק לפפטידים שהמולקולות שלהם קטנות יחסית. הפפטידים מופרשים מהתא. פרופסור עדה יונת ממכון ויצמן זכתה בפרס נובל בשנת 2009 על חקר המבנה והתפקוד של הריבוזום - גופיף מיוחד שבו נוצרים החלבונים בתא החי. פענוח המבנה התאפשר לאחר שפרופסור יונת פיתחה שיטה לגיבוש הריבוזום.

יש שיטות שונות לגיבוש חומרים. אחת מהן היא גיבוש מתוך תמיסה. לשיטה זו שני שלבים:

בשלב הראשון ממסים את החומר בממס מתאים.

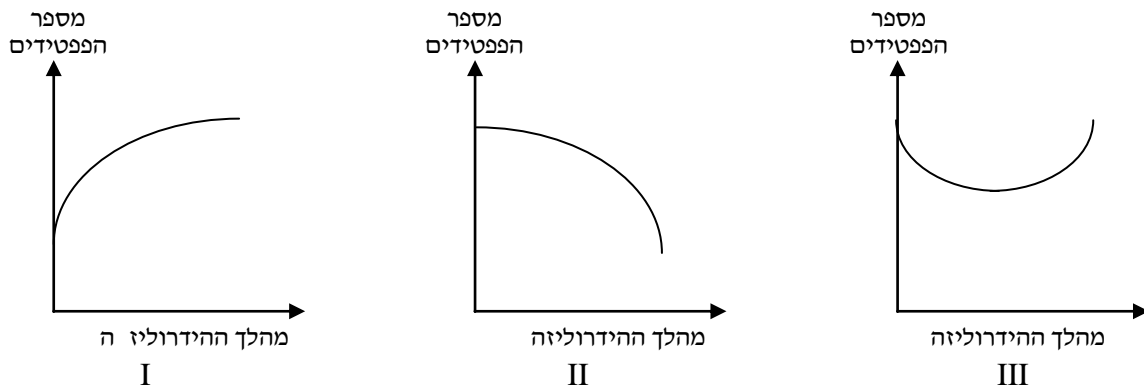
בשלב השני מאדים את הממס באטיות והמומס מתגבש.

מעובד על פי: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2004

http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2009

סעיף א' (הציון 75)

איזה מהגרפים I, II, III שלפניך, עשוי לתאר נכון את השינוי במספר הפפטידים במהלך ההידרוליזה של החלבון הפגום? נמק את קביעתך.



תשובה:

גרף I.

במהלך ההידרוליזה החלבון הפגום מתפרק לפפטידים שהמולקולות שלהם קטנות יותר, ולכן מספרם עולה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

רוב הטעויות שאותרו בסעיף זה נובעות מהתעלמות מכך שהמשתנה התלוי בגרף הוא מספר פפטידים שנוצרו במהלך ההידרוליזה, ולא מספר הפפטידים שנשארו בתא או הופרשו מהתא:

• "ד"ר 2, מכיוון שההידרוליזה פפטידים מופרשים מהתא."

טעויות נוספות:

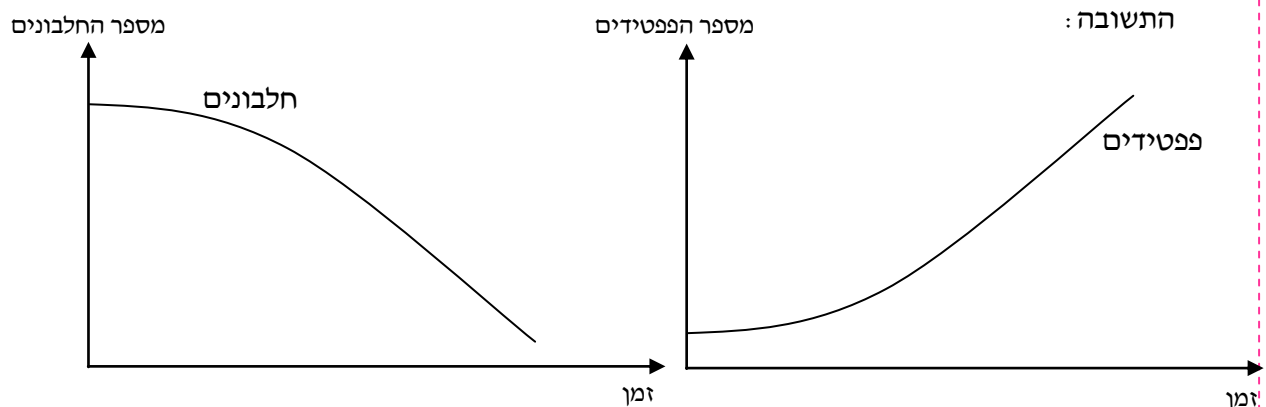
- ♦ התייחסות לגודל של מולקולות הפפטידים במקום מספרם:
- "ד"ר 2, מספר הפפטידים הולך וקטן, מכיוון שההידרוליזה אורמת לפירוקט והם נצפים קטנים יותר."
- ♦ חוסר הבחנה בין תהליך הדחיסה לבין תהליך ההידרוליזה, וכתוצאה מכך הסבר שגוי לקביעה נכונה:
- "ד"ר 1, מספר הפפטידים במהלך ההידרוליזה ירד, מכיוון שנוצרים במאן ההידרוליזה קשרים פפטידיים נוספים."
- ♦ חוסר שליטה מספקת במושגים הקשורים לחלבונים, כגון אי-הבחנה בין פפטיד לחלבון:
- "ד"ר 3, מספר חלבונים יורד."

אנו מביאים הצעה לפעילות בכיתה שעשויה לעזור לתלמידים להתמודד עם שאלות מסוג זה -
התייחסות לתהליכים מורכבים המתרחשים בגופנו.

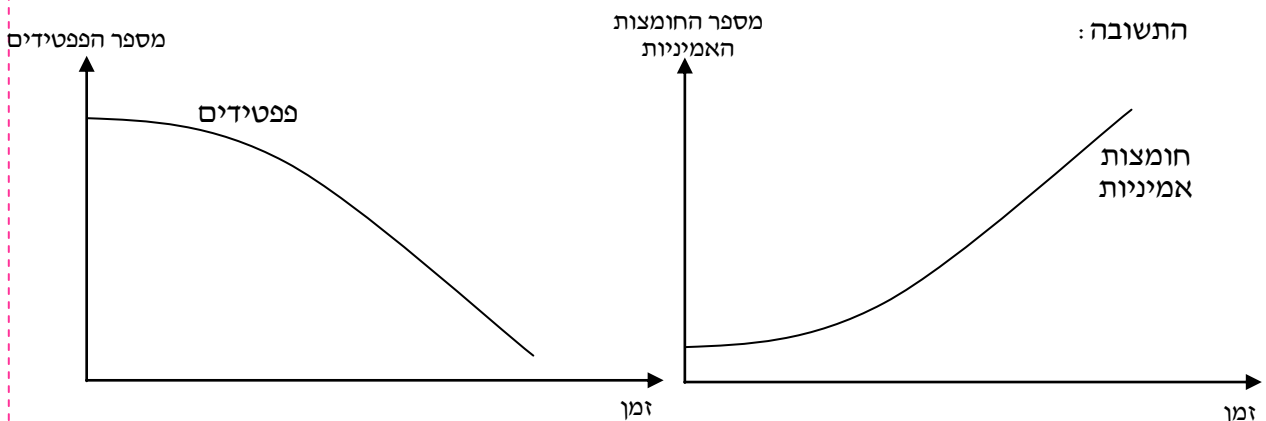
שינויים עיקריים אותם עובר החלבון שנאכל ונטמע בגופנו

שלב מס'	שינוי	מגיבים	תוצרים	תהליך	הערות
1	עיכול חלקי בקיבה	חלבונים	פפטידים (שרשרות קצרות)	הידרוליזה	
2	סיום העיכול במעי	פפטידים	חומצות אמיניות	הידרוליזה	
3	ספיגה מהמעיים לדם ומעבר מהדם לתאים	-	-	-	חומצות אמיניות לא יוצרות פפטידים או חלבונים
4	היווצרות חלבונים בתאים	חומצות אמיניות	חלבונים	דחיסה	באמצעות אנזימים מתאימים

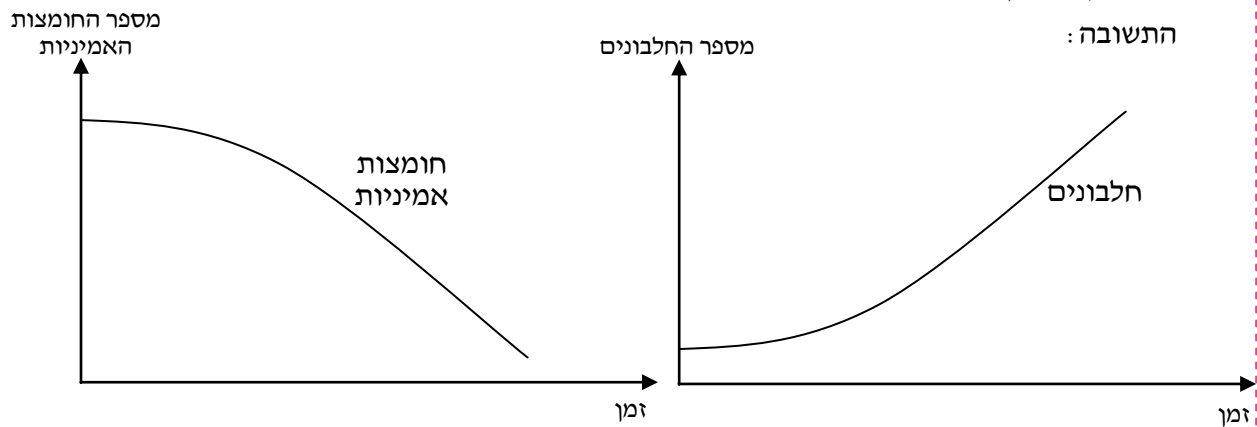
א. רשמו תיאור סכמתי של השתנות מספר החלבונים ושל השתנות מספר הפפטידים בקיבה, במהלך עיכול חלקי (שלב 1).



ב. רשמו תיאור סכמתי של השתנות מספר הפפטידים ושל מספר החומצות האמיניות במעי, במהלך סיום העיכול (שלב 2).

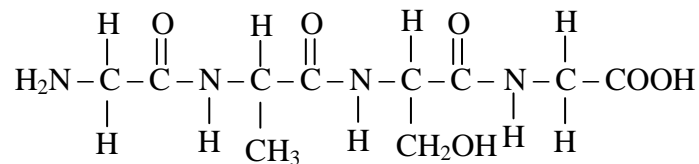


ג. רשמו תיאור סכמתי של השתנות מספר החומצות האמיניות ושל השתנות מספר החלבונים בתאים, במהלך היווצרות החלבונים (שלב 4).



שאלה נוספת לתרגול:

נתון טטראפפטיד:



ביצעו חמישה תהליכי הידרוליזה שבכל אחד מהם התפרקו קשרים פפטידיים באופן שונה (קשר אחד או יותר בכל מולקולה של טטראפפטיד).

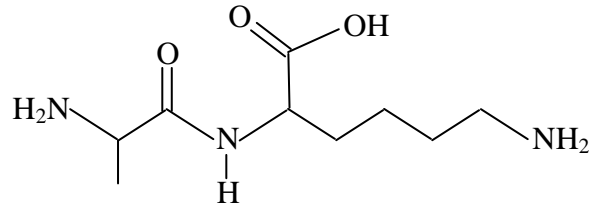
התוצרים שהתקבלו בכל אחד מתהליכי ההידרוליזה:

1. מולקולות של חומצה אמינית ושל טרי-פפטיד.
2. מולקולות של חומצה אמינית ושל דו-פפטיד.
3. מולקולות של שתי חומצות אמיניות ושל דו-פפטיד.
4. מולקולות של שני דו-פפטידים.
5. מולקולות של שלוש חומצות אמיניות.

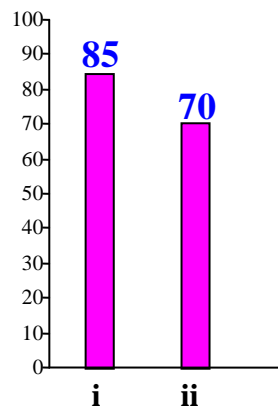
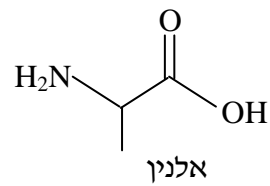
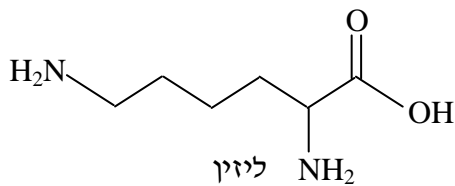
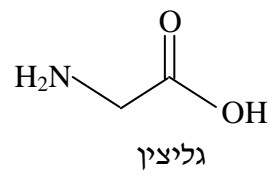
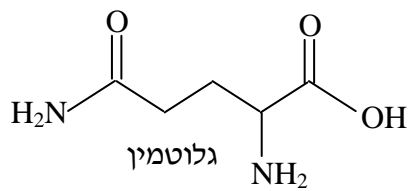
מספרו את הקשרים הפפטידיים במולקולה של הטטרא-פפטיד וקבעו עבור התוצרים של כל אחד מתהליכי ההידרוליזה, איזה קשר פפטידי או אילו קשרים פפטידיים בטטרא-פפטיד התפרקו במהלך ההידרוליזה. נמקו.

סעיף ב' (הציון 76)

במהלך ההידרוליזה של חלבון פגום מתקבל בין היתר דו-פפטיד A.
לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של דו-פפטיד A:



לפניך ייצוג מקוצר לנוסחאות מבנה של ארבע חומצות אמיניות:



תת-סעיף i (הציון 85)

שיירים של אילו שתי חומצות אמיניות קשורים זה לזה בדו-פפטיד A ?

התשובה:

שיירים של אלנין וליזין.

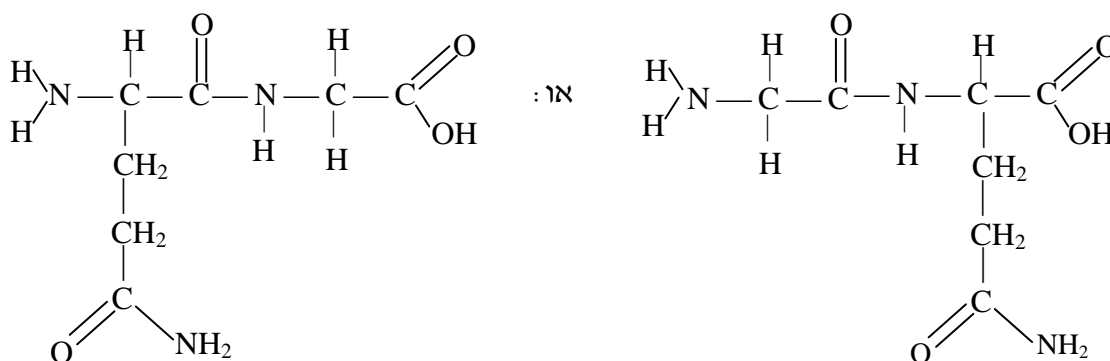
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

הציון גבוה. תלמידים מעטים טעו בקביעת השיירים. היו תלמידים שרשמו נוסחאות מבנה של חומצות אמיניות במקום שמותיהן.

תת-סעיף ii (הציון 70)

דו-פפטיד B מורכב משיירים של שתיים מהחומצות האמיניות הנתונות, שאינם נמצאים בדו-פפטיד A. רשום ייצוג מלא לנוסחת מבנה של דו-פפטיד B.

התשובה:



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

הטעויות האופייניות שהופיעו בתת-סעיף זה הן:

- ♦ בחירה שגויה של חומצות אמיניות ליצירת דו-פפטיד.
 - ♦ רישום שגוי של קשר פפטידי.
 - ♦ דוגמאות לרישום שגוי:
- $$\begin{array}{c} \text{O} & & \text{O} \\ || & & || \\ -\text{C}-\text{C}-\text{OH}-\text{OH}-\text{C}- \\ | & & \\ \text{NH}_2 & & \end{array}$$
 - $$\begin{array}{c} \text{O} & & \text{O} \\ || & & || \\ -\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H}_2\text{N}-\text{C}- \\ | & | & \\ \text{NH}_2 & \text{H} & \end{array}$$
 - $$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{OH}-\text{H}-\text{N}- \\ | \\ \text{H} \end{array}$$
- ♦ רישום ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של דו-פפטיד.
 - ♦ רישום נוסחת מבנה של דו-פפטיד ללא אטומי מימן.
 - ♦ רישום נוסחה עם קשר פפטידי דרך קבוצת צד - R של גלוטמין.

כדי להתגבר על קשיי התלמידים ברישום קשר פפטידי ונוסחאות של פפטידים מומלץ לתרגל תהליכים שונים של דחיסה - יצירת קשר פפטידי, ושל הידרוליזה - פירוק קשר פפטידי. קישורים לאנימציות הממחישות היווצרות קשר פפטידי :

<http://student.ccbcmd.edu/~gkaiser/biotutorials/proteins/peptide.html>

http://www.youtube.com/watch?v=va0DNJId_CM

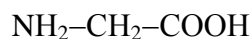
<http://www.johnkyrk.com/aminoacid.html>

<http://intro.bio.umb.edu/111-112/111F98Lect/PeptideBond.html>

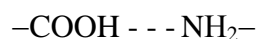
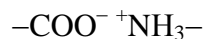
על מנת להימנע מהטעות הנפוצה - יצירת קשר פפטידי דרך קבוצת צד - R , מומלץ להדגיש שחלבונים מורכבים רק מחומצות אמיניות מסוג α , כלומר קבוצת אמינו וקבוצה קרבוקסילית מחוברות לאותו אטום פחמן - α . לכן הדבר הראשון שעל התלמיד לעשות הוא לזהות את הפחמן- α ולאחר מכן לרשום את נוסחת הפפטיד. מומלץ לא להסתפק בבחינה של הקשרים אלא לרשום נוסחת מבנה, בפרט באזור הקשר הפפטידי. כך לא ייווצר מצב של מספר גדול מדי או קטן מדי של קשרים.

שאלות לתרגול:

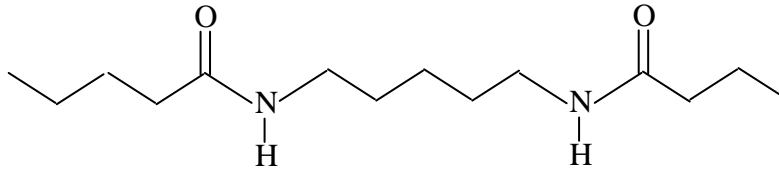
1. אילו מהתרכובות הבאות יכולות לשמש כמרכיבים של חלבון. נמק.



2. איזו מהנוסחאות הבאות מייצגת קשר פפטידי?

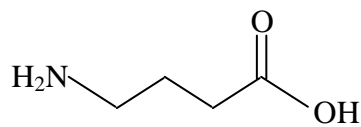


3. נתון קטע משרשרת הפולימר ניילון.



- א. במה דומה ובמה שונה מבנה המולקולה של פולימר זה למבנה המולקולה של חלבון?
ב. האם ניילון הוא סוג של חלבון? נמק.

4. אמינלון הוא חומר חשוב לפעילות מערכת העצבים ומשמש כתרופה למחלות הקשורות לאספקת דם למוח. נוסחת מבנה של אמינלון:



האם אפשר לקבל חלבון מאמינלון? נמק.

5. מצא בטבלה של חומצות אמיניות את החומצות האמיניות שבכל מולקולה שלהן יש 6 אטומי פחמן. רשום ייצוג מקוצר של נוסחאות מבנה לשני דו-פפטידים טבעיים המורכבים משיירים של חומצות אמיניות שמצאת.

6. רשום ייצוג מלא של נוסחאות מבנה לשני דו-פפטידים שנוסחתם המולקולרית $C_5H_{10}N_2O_3$.

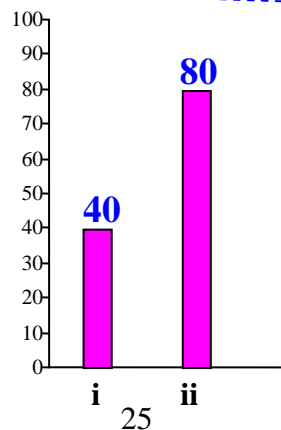
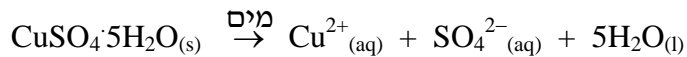
סעיף ג' (הציון 60)

החומר נחושת גפרתית חמש הידרט, $CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$, מכיל יונים ומולקולות מים.

במעבדה נערך ניסוי שבו גיבשו $CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$ מתמיסה מימית.

בשלב ראשון המיסו 90 גרם אבקת $CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$ במים. נפח התמיסה שהתקבלה היה

200 מיליליטר. לפניך ניסוח תהליך ההמסה של המוצק:



תת-סעיף i (הציון 40)

תאר באופן מילולי ברמה המיקרוסקופית את התמיסה שהתקבלה.

התשובה:

התמיסה מכילה יוני Cu^{2+} ויוני SO_4^{2-} המוקפים בחלק ממולקולות המים בתמיסה (יונים ממוימים). חלק ממולקולות המים אינן מקיפות וממיימות את היונים. בין מולקולות המים לבין היונים פועלים כוחות משיכה חשמליים. הקוטב החיובי של מולקולת המים - אטומי המימן - נמשך ליון השלילי, והקוטב השלילי של מולקולת המים - אטום החמצן - נמשך ליון החיובי. בין מולקולות המים יש קשרי מימן. החלקיקים בתמיסה הם ניידים.

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

הציון נמוך מאוד. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא תשובות חלקיות: ציון יונים - ללא התייחסות לכך שהם ממוימים, חוסר התייחסות לכוחות הפועלים בין היונים לבין מולקולות המים, לניידות החלקיקים, לקשרי מימן בין מולקולות המים:

• "בתמיסה יש יוני Cu^{2+} ויוני SO_4^{2-} ."

• "הפכה ההמסה התפרק החומר ליוני חיוניים ופולימרים."

כמו כן הופיעו תיאורים שגויים:

♦ תיאור שגוי של כוחות הפועלים בין היונים לבין מולקולות המים או תיאור המים כחומר המתפרק ליונים:

• "יוני Cu^{2+} מוקפים ביוני פולימרים Fe מימי, ויוני SO_4^{2-} מוקפים ביוני חיוניים Fe מימי."

• "במימי יון חיובי H^+ פנק SO_4^{2-} ויון O^{2-} פנק Cu^{2+} ."

• "סביב יוני נחושת נמצאות מולקולות מימי עקב קשרי מימן."

♦ חוסר הבחנה בין תמיסה של חומר לחומר במצב נוזל:

• "יוני נחושת מימי במצב נוזלי."

• "התמיסה הפכה לנולימית עם משיכה, החומר הפך לנולימי לא אחיד."

♦ טעויות ובלבול במושגי יסוד:

• "מולקולות Fe $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$."

• "מולקולות Fe יון SO_4^{2-} ."

• "מולקולות חיוניים ומולקולות פולימרים."

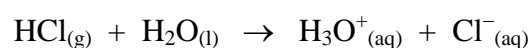
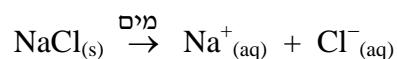
• "מולקולות מימי Cu^{2+} ומולקולות מימי SO_4^{2-} ."

♦ התייחסות לפירוק תרכובת ליונים כאל תהליך חמצון-חיזור:

• "חומר Cu מוסר לחומר SO_4 מימי אלקטרונים, זהו תהליך חמצון-חיזור."

- ♦ אי-הבחנה בין סוגי הכוחות הפועלים בין חלקיקים :
- ♦ *"בתמיסה התפרקו קשרי ון-דר-ואלס שהיו ב- $CuSO_4$."*
- ♦ *"התמיסה שהתקבלה היא יוניט חיוביים Fe^{2+} ביט אלקטרוניט Fe^{2-} SO_4 ואולקולות מיט."*
- ♦ היו תלמידים שלא הבינו מהי רמה מיקרוסקופית ותיארו את התמיסה ברמה מאקרוסקופית :
- ♦ *"הואט חואר מוצק במיט. התקבלה תמיסה מימית."*

מומלץ לתרגל תהליכי המסה במים של חומרים שונים ולרשום את ניסוחי התהליכים בליווי הסבר מפורט של המתרחש בעת ההמסה ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית. מומלץ לרשום את התיאור המיקרוסקופי בנקודות כמו במחווך. זה עשוי לתרום לבניית תבנית חשיבה לתלמידים. מומלץ להשוות בין תהליך המסה במים של חומר יוני, שבו משתחררים יונים, לבין המסה במים של חומר מולקולרי המגיב עם מים תוך היווצרות יונים. למשל :



מפורט של המתרחש בעת ההמסה ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית. מומלץ לרשום את התיאור המיקרוסקופי בנקודות כמו במחווך. זה עשוי לתרום לבניית תבנית חשיבה לתלמידים. מומלץ להשוות בין

קישורים לאנימציות הממחישות את המסת חומר יוני במים :

<http://programs.northlandcollege.edu/biology/Biology1111/animations/dissolve.html>

<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/molvie1.swf>

http://academic.cengage.com/biology/discipline_content/animations/dissolving_salt.html

שאלה לתרגול:
השלם את הטבלה שלפניך.

תמיסה	חלקיקי המומס	חלקיקי הממס	כוחות הפועלים בין חלקיקי המומס לבין חלקיקי הממס	כוחות הפועלים בין חלקיקי הממס	מוליכות חשמלית	יונים ניידים
NaCl מומס במים	$\text{Na}^+(\text{aq})$ $\text{Cl}^-(\text{aq})$ יונים ממוימים	מולקולות מים	כוחות משיכה חשמליים. הקוטב החיובי של מולקולת המים - אטומי המימן - נמשך ליון השלילי, והקוטב השלילי של מולקולת המים - אטום החמצן - נמשך ליון החיובי.	קשרי מימן (בנוסף לאינטר-דר-וואלס)	גבוהה	יש
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ מומס במים	מולקולות $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	מולקולות מים	קשרי מימן (בנוסף לאינטראקציות ון-דר-וואלס)	קשרי מימן (בנוסף לאינטראקציות ון-דר-וואלס)	זניחה	אין
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ מומס ב- C_6H_{14}						
C_6H_{14} מומס ב- $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$						
CH_3COCH_3 מומס במים						
NH_4Cl מומס במים						
תמיסה המתקבלת בהמסת HCl במים						
תמיסה המתקבלת בהמסת NH_3 במים						

מומלץ לבקש מהתלמידים לציין את סוג הכוחות הפועלים בתוך החומרים (ובמקרה של חומרים מולקולריים גם בתוך המולקולות) לפני הכנת התמיסה.

תת-סעיף ii (הציון 80)

מהו הריכוז הכולל של כל היונים בתמיסה שהתקבלה? פרט את חישוביך.
נתון: המסה המולרית של המוצק היא 249.5 גרם למול.

התשובה:

$$\frac{90 \text{ gr}}{249.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.36 \text{ mol}$$

מספר המולים של המוצק שהוכנס למים:

יחס בין מספר המולים של המוצק $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ ובין מספר המולים של יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$

ולבין מספר המולים של יוני $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ הוא 1:1:1.

לכן מספר המולים של יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ בתמיסה הוא 0.36 mol,

ומספר המולים של יוני $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ בתמיסה הוא 0.36 mol.

מספר המולים הכולל של כל היונים ב- 200 מיליליטר תמיסה:

$$0.36 \text{ mol} + 0.36 \text{ mol} = 0.72 \text{ mol}$$

$$\frac{0.72 \text{ mol}}{0.2 \text{ liter}} = 3.6 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = 3.6 \text{ M}$$

הריכוז הכולל של כל היונים בתמיסה:

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

רוב התלמידים ידעו לקשר בין מספר המולים של חומר יוני שהוכנס למים לבין הריכוז הכולל של כל היונים בתמיסה. יחד עם זאת אותרו טעויות אחדות בחישובים:

- ♦ התייחסות ל- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ כאל חומר יוני רגיל.
- ♦ חישוב של ריכוז המים והתייחסות אליו כאל חלק מהריכוז הכולל של היונים.
- ♦ חישוב הריכוזים של היונים ללא חיבור של ריכוזים אלה.
- ♦ אי-ציון יחידות.

מומלץ לתת לתלמידים תרגילים שבהם מופיעים גבישים.
שאלות לדוגמה:

שאלה 1

- א. כמה מול מים וכמה מול של כל אחד מסוגי היונים נמצאים ב-1 מול של $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}_{(s)}$?
- ב. כמה מול מים וכמה מול של כל אחד מסוגי היונים נמצאים ב-3 מול של $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}_{(s)}$?
- ג. כמה מול מים וכמה מול של כל אחד מסוגי היונים נמצאים ב- 96.6 גרם של $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}_{(s)}$?
- ד. כמה גרם מים וכמה גרם של כל אחד מסוגי היונים נמצאים ב- 96.6 גרם של $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}_{(s)}$?
- ה. כמה מולקולות מים וכמה יונים מכל סוג נמצאים ב- 96.6 גרם של $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}_{(s)}$?

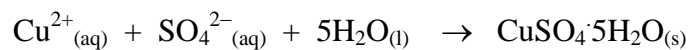
שאלה 2

- א. חשב ריכוז של כל אחד מסוגי היונים בתמיסה שהוכנה על ידי המסה במים של 0.3 מול $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$.
- ב. חשב ריכוז של כל אחד מסוגי היונים בתמיסה שהוכנה על ידי המסה במים של 42.6 גרם $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$.
- ג. חשב ריכוז של כל אחד מסוגי היונים בתמיסה שהוכנה על ידי המסה במים של 0.3 מול $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{s})$.
- ד. חשב ריכוז של כל אחד מסוגי היונים בתמיסה שהוכנה על ידי המסה במים של 96.6 גרם $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{s})$.
- ה. חשב את המסה של $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ ואת מסת המים הדרושות להכנת 2 ליטר תמיסת $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ בריכוז 0.3M.

סעיף ד' (הציון 52)

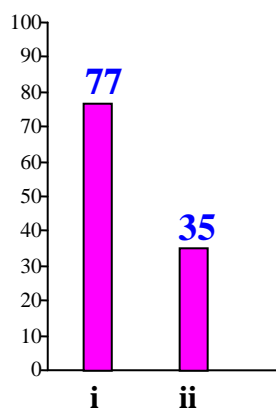
לאחר שבוע התאדה חלק מהמים ונוצר גביש גדול.

לפניך ניסוח התהליך המתאר את קבלת הגביש של $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$:



הגביש הוצא מהתמיסה, ובתמיסה נותרו, בין היתר, 0.06 מול יוני $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.

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



תת-סעיף i (הציון 77)

במהלך אידוי המים מתגברים כוחות המשיכה בין היונים.

התשובה:

נכון.

במהלך אידוי המים פוחת מספר מולקולות המים המפרידות בין יוני Cu^{2+} חיוביים לבין יוני SO_4^{2-} שליליים. היונים מתקרבים וכוחות המשיכה החשמליים ביניהם מתגברים.

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

רוב התלמידים ידעו לקשר בין תהליך אידוי המים לבין חוזק כוחות המשיכה בין היונים. יחד עם זאת אותרו טעויות הנובעות בעיקר מחוסר התייחסות לתמיסה כאל מערכת מורכבת והתייחסות לכל מרכיב בנפרד. הטעויות האופייניות הן:

- ♦ התעלמות מתהליך האידוי כגורם לאיבוד מים מהתמיסה ושימוש ב"הסברים אנרגטיים":
"לא נכון, מפני שבמהלך אידוי המים טמפרטורה צולה וזה אומר ליונים לנוצ יותר מהר. לכן הם מתרחקים זה מזה ולכן משיכה חלשה יותר."
התלמיד פה תופס את המילה אידוי, כאילו חיממו לטמפרטורת הרתיחה. לכן הוא כותב על טמפרטורה עולה והתגברות התנועה.
- ♦ התייחסות לכוחות הפועלים בין מולקולות המים:
"במהלך האידיוי מולקולות המים מתרחקות והכוחות ביניהן נחלשים."
"כאשר מים מתאדים הם הופכים לזלז, ובמצב זה כוחות משיכה נחלשים."
- ♦ קביעה שגויה של סוג הכוחות הפועלים בין יונים:
"לאחר שמים התאדו המשיכה בין היונים המנואדים חלשה יותר, כי קשרי ון-דר-ואלס מתחלשים."
"יונים מתקרבים ויוצרים מולקולות."
חוסר הבנה - מה מתרחש כשמאדים מים מהתמיסה:
"במהלך אידוי המים המאס מתאבש, ז.א. כוחות משיכה בין היונים נחלשים והם שוב נצטים על אחד - אביס."
"אידיוי מחליש את היונים, מפרק אותם וכך הם נהפכים למזקק."

מומלץ לטפל בבעיות שנתגלו בתת-סעיף זה על ידי המחשת תהליכים ברמה מיקרוסקופית, בעזרת מודלים, ציורים, אנימציות.

תת-סעיף ii (הציון 35)

מסת הגביש שהוצא היא 15 גרם.

התשובה:

לא נכון.

(מספר המולים של יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ בתמיסה, לפני אידוי המים, היה 0.36 mol.)

מספר המולים של יוני Cu^{2+} הגביש שהוצא:

$$0.36 \text{ mol} - 0.06 \text{ mol} = 0.3 \text{ mol}$$

יחס המולים בין מספר המולים של יוני Cu^{2+} ובין מספר המולים של החומר $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ הוא 1:1,

לכן מספר המולים של החומר שהתגבש הוא 0.3 mol.

$$249.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.3 \text{ mol} = 74.85 \text{ gr}$$

מסת הגביש שהוצא:

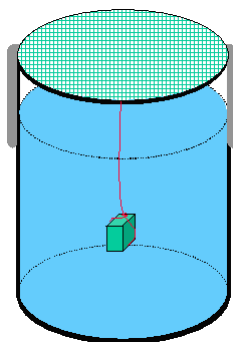
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא נישום.

הציון נמוך במיוחד. התלמידים התקשו במיוחד בשימוש בחוק שימור המסה, שנלמד בכיתה יוד ולא מתורגל מספיק בהמשך לימודי הכימיה.

טעות אופיינית נוספת היא חישוב שגוי של מסת הגביש על פי מספר המולים של יוני נחושת שנשארו בתמיסה:

- $249.5 \times 0.3 = 15 \text{ gr}$

על מנת להמחיש שימוש בחוק שימור החומר בתמיסות, ניתן לערוך ניסוי של גידול גבישים מהתמיסה ו"ללוות" את הניסוי במספר תרגילים רלוונטיים תוך עלייה הדרגתית ברמת הקושי שלהם.



שאלה 1

- הכינו 250 מ"ל תמיסת סוכרוז $C_{12}H_{22}O_{11(s)}$ בריכוז 2M . השאירו את התמיסה בכלי פתוח. לאחר שבוע נתגלו בכלי גבישים לבנים.
- מהו התהליך שהתרחש? אידוי? התנדפות?
 - מהו ההרכב הכימי של הגבישים?
 - נסחו תהליך שבו נוצרו הגבישים.
 - מדוע נוצרו הגבישים?
 - לאחר שבוע הוציאו את הגבישים, ייבשו ושקלו. המסה שלהם הייתה 20 גרם. מהי מסת החומר המומס שנשאר בתמיסה?

שאלה 2

- הכינו 250 מ"ל תמיסת מלח בישול $NaCl_{(s)}$. הריכוז הכולל של חלקיקים בתמיסה היה 4M . השאירו את התמיסה בכלי פתוח. לאחר שבוע נתגלו בכלי גבישים לבנים.
- מהו ההרכב הכימי של הגבישים?
 - נסחו תהליך שבו נוצרו הגבישים.
 - מדוע נוצרו הגבישים?
 - לאחר שבוע הוציאו את הגבישים, ייבשו ושקלו. המסה שלהם הייתה 20 גרם. מהי מסת החומר המומס שנשאר בתמיסה?

שאלה 3

- הכינו 1 ליטר תמיסת נחושת גפרתית, $CuSO_{4(s)}$, שבה הריכוז הכולל של חלקיקי המומס בתמיסה היה 2 M . השאירו את התמיסה בכלי פתוח. לאחר שבוע נתגלו בכלי גבישים כחולים שהרכבם הכימי היה $CuSO_4 \cdot 5H_2O_{(s)}$.
- נסחו תהליך שבו נוצרו הגבישים.
 - מדוע נוצרו הגבישים?
 - לאחר שבוע הוציאו את הגבישים, ייבשו ושקלו. המסה שלהם הייתה 100 גרם. מהי מסת החומר המומס שנשאר בתמיסה?

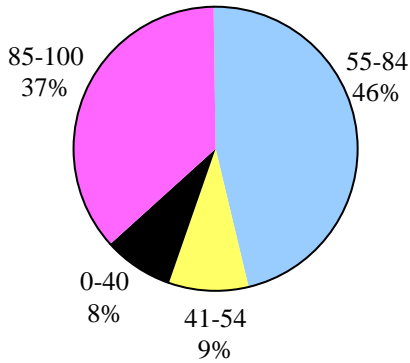
מומלץ לבצע ניסוי חקר "נוסחת הידרט" מהתוכנית "כימיה בגישה חוקרת", מכון ויצמן למדע:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/heker>

שאלה 3

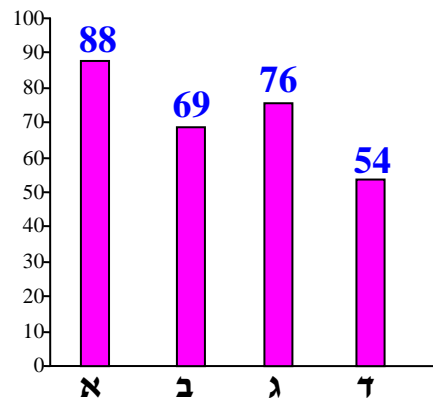
מבנה וקישור

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 71% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 74

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ⌄ תכונות חומרים מסוגים שונים : מתכתיים, מולקולריים, אטומריים.
- ⌄ הבדלים בין מבנה חומרים מסוגים שונים ברמה מיקרוסקופית.
- ⌄ רישום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות.
- ⌄ גורמים המשפיעים על חוזק קשר קוולנטי בין אטומים במולקולה.
- ⌄ רישום ניסוחים של תגובות חומצה-בסיס, שבהן מים מתפקדים כבסיס.
- ⌄ תנאים לקיום מוליכות חשמלית בתמיסות.
- ⌄ ריקוע כתכונה האופיינית למתכות - הסבר ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית.
- ⌄ מבנה מיוחד של גרפיט - הסבר תכונות ברמה מיקרוסקופית, כולל מוליכות חשמלית.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

לפניך ארבעה היגדים I-IV, שכל אחד מהם נוגע לתכונות של אחד החומרים:

ברום, Br_2 ; מימן ברומי, HBr ; גרפיט, C ; כסף, Ag .

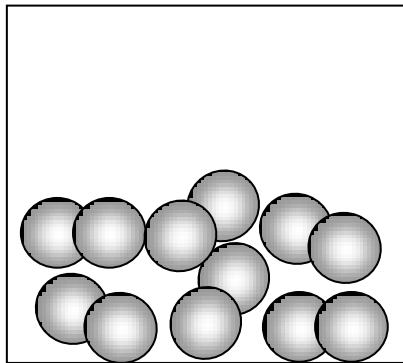
I החומר מוליך חשמל במצב נוזל ובמצב מוצק, וניתן לריקוע.

II החומר מגיב עם מים, והתמיסה המימית מוליכה חשמל.

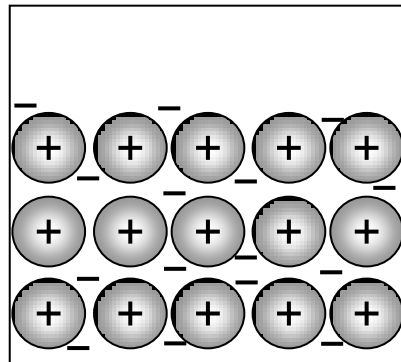
III החומר אינו מוליך חשמל במצב נוזל ובמצב מוצק, ומסיסותו במים נמוכה.

IV החומר מוליך חשמל במצב מוצק ואינו מתמוסס במים.

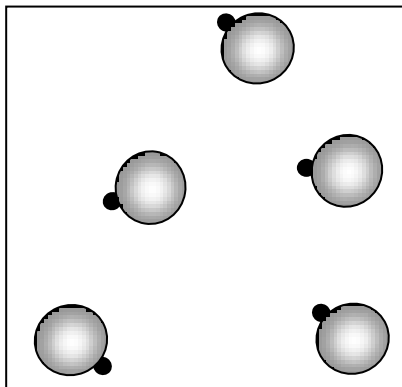
כמו כן נתונים האיוורים d-a המתארים בצורה סכמטית את מבנה החומרים.



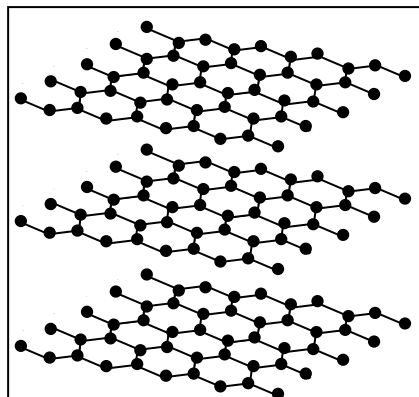
b



a

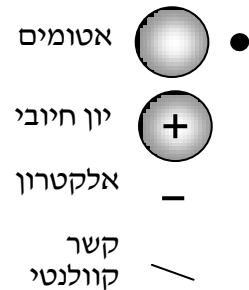


d



c

מקרא:



סעיף א' (הציון 88)

העתק את הטבלה שלפניך למחברת הבחינה והשלם אותה.

מספר ההיגד המתאים לחומר (IV - I)	האות המסמלת את האיור המתאים לחומר (d - a)	מצב הצבירה של החומר כפי שמתואר באיור	החומר
			ברום
			מימן ברומי
			גרפיט
			כסף

התשובה:

מספר ההיגד המתאים לחומר	האות המסמלת את האיור המתאים לחומר	מצב הצבירה של החומר כפי שמתואר באיור	החומר
III	b	נוזל	ברום
II	d	גז	מימן ברומי
IV	c	מוצק	גרפיט
I	a	מוצק	כסף

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

הציון גבוה. רוב התלמידים הכירו תכונות של חומרים מסוגים שונים ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית, ידעו לזהות את החומרים הנתונים.

הטעויות המעטות שאותרו מצביעות על קושי בקביעת מצבי צבירה של חומרים על פי מודלים:

- "ברום - מוצק".
 - "מימן ברומי - נוזל".
 - "גרפיט - נוזל".
- היו תלמידים שטעו בזיהוי חומרים:
- "ברום - a"
 - "מימן ברומי - a"
 - "כסף - b"

שאלה לתרגול בנושא תכונות חומרים :

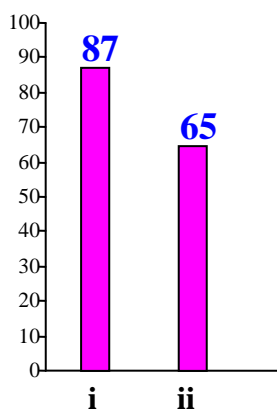
לפניכם שמות של מספר חומרים : מימן כלורי, מגנזיום, אמוניה, כלור, יוד, יהלום, אשלגן ברומי, אתאנול.

א. היעזרו במערכה המחזורית ובספר נתונים והשלימו את הטבלה הבאה :

שם החומר	נוסחת החומר	מצב הצבירה של החומר בתנאי החדר	מוליכות חשמלית בתנאי החדר	מסיסות במים ו/או תגובה עם מים	תחום ה-pH של התמיסה המימית
מימן כלורי					
מגנזיום					
אמוניה					
כלור					
יוד					
יהלום					
אשלגן ברומי					
אתאנול					

- ב. תאר ברמה מאקרוסקופית את המבנה של כל אחד מהחומרים בתנאי החדר.
- ג. תאר ברמה מיקרוסקופית את המבנה של כל אחד מהחומרים בתנאי החדר : באופן מילולי ובעזרת איור. הצג את המגבלות של כל אחד מהמודלים המתואר באיור. (תשובה לשאלה זו תסייע להבנת ההולכה החשמלית שלא ניתן לראות באיור, אלא רק באנימציה - ראה קושי בסעיף ד').
- ד. תאר ברמה מיקרוסקופית את כל אחת מהתמיסות המימיות של החומרים : באופן מילולי ובעזרת איור. הצג את המגבלות של כל אחד מהמודלים המתואר באיור.

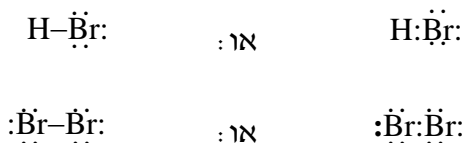
סעיף ב' (הציון 69)



תת-סעיף i (הציון 87)

רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית לכל אחת מהמולקולות HBr ו-Br₂.

התשובה:



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

הציון גבוה. רוב התלמידים יודעים לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות פשוטות.

יחד עם זאת הופיעו טעויות אחדות הנובעות מחוסר ידע של כללי הרישום:

- ♦ אי-רישום אלקטרונים לא קושרים.
- ♦ ייצוג אלקטרונים קושרים גם בקו וגם בשתי נקודות - כפילות: $\text{H} \div \ddot{\text{Br}}:$
- ♦ חוסר הבחנה בין מולקולות ליונים: $[\text{H}]^+ [\text{:}\ddot{\text{Br}}:]^-$

שאלה לתרגול של רישום נוסחות ייצוג אלקטרוניות:

א. הסבירו את ההבדלים בין הסימונים:

בין H ו- H•

בין F, F₂, F₂, F₇ ו- $\ddot{\text{F}}:$

ב. השלימו את הטבלאות הבאות:

נוסחת מולקולרית	נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של כל אחד מהאטומים שבמולקולה	נוסחת מולקולרית
		HF
		O ₂
		H ₂ O
		HCN
		CH ₂ O
		NH ₃

תת-סעיף ii (הציון 65)

הקשר הקוולנטי בין אטומי H ו-Br במולקולה HBr חזק מהקשר הקוולנטי בין אטומי Br במולקולה Br₂. ציין שתי סיבות להבדל בחוזק הקשרים. הסבר.

התשובה:

סיבה ראשונה:

הקשר בין אטומי ברום במולקולת ברום הוא קשר קוולנטי טהור. הקשר בין אטום מימן לאטום ברום במולקולת מימן ברומי הוא קשר קוולנטי קוטבי (בקשר קוולנטי קיימת משיכה חשמלית בין גרעיני האטומים לאלקטרוני הקשר). בקשר קוולנטי קוטבי, בנוסף למשיכה בין גרעיני האטומים לאלקטרוני הקשר, פועלים כוחות משיכה בין הדו-קטבים, ולכן פועלים יותר כוחות משיכה והקשר חזק יותר.

סיבה שנייה:

הרדיוס של אטום המימן קטן מהרדיוס של אטום הברום. המרחק בין אלקטרוני הקשר לגרעינים קטן יותר, לכן כוח המשיכה בין אלקטרוני הקשר לגרעינים במולקולת מימן ברומי גדול יותר. (לפיכך תידרש אנרגיה רבה יותר לניתוק הקשר).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון נמוך יחסית. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא היעדר הסברים או הסברים שגויים. רוב התלמידים ציינו נכון את הסיבות להבדל בחוזק הקשרים, אך חלק מהתלמידים לא הסבירו את הסיבות לכך וכתבו רק:

- "הקשר בין אטומי ברום במולקולת ברום הוא קוולנטי טהור, וקשר בין אטומי מימן וברום במולקולת מימן ברומי הוא קוולנטי קוטבי."
- "אטומי ברום גדולים בהרבה מאטומי מימן."

הטעות העיקרית בהסברים היא התייחסות למשיכה בין אטומים במקום למשיכה בין גרעיני האטומים לאלקטרוני הקשר.

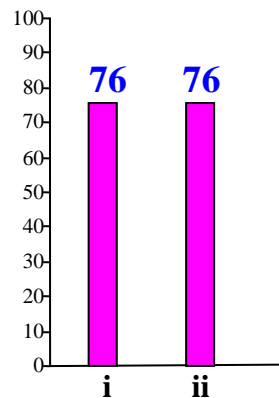
כמו כן היו תלמידים שטעו בקביעת סיבות להבדל בחוזק הקשרים:

- ♦ טעויות בקביעת סוג הקשר במולקולת HBr:
- "ג- HBr קשר יוני שהוא חלק מקשר קוולנטי ג- Br₂."
- "ג- HBr יש קשר יוני בין יון H⁺ ליון Br⁻."
- ♦ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים בתוך מולקולה לבין כוחות בין מולקולריים:
- "במולקולת HBr קשרי ון-דר-ואלס חזקים יותר."

היו תלמידים שציינו קוטביות המולקולה והבדל באלקטרושליליות של אטומים כשתי סיבות.

בתרגול שאלות מסוג זה מומלץ תחילה לתת לתלמידים דוגמאות שבהן יש רק סיבה אחת להבדל בחוזק הקשרים ולאחר מכן דוגמאות שבהן יש שתי סיבות ויותר. מומלץ להשתמש במילים שונות לתיאור הקשרים: קשר קוולנטי, כוחות ון-דר-ואלס.

סעיף ג' (הציון 76)

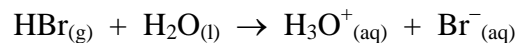


תת-סעיף i (הציון 76)

נסח את התהליך המתרחש כאשר מוסיפים למים את החומר שהיגד II מתאים לו.

התשובה:

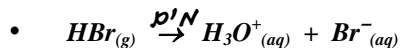
(החומר, שהיגד II מתאים לו, הוא מימן ברומי.)



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

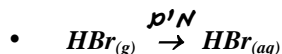
רוב התלמידים ידעו לנסח תגובת חומצה-בסיס המתרחשת כשמוסיפים גז מימן ברומי למים. יחד עם זאת אותרו טעויות אחדות:

♦ רישום מים על החץ - חוסר התייחסות למים כאל מגיב בתגובה:

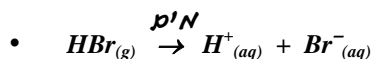


בניסוח שגוי שכזה, מומלץ להדגיש את חוק שחומר החומר, שאינו מתקיים פה.

♦ רישום ניסוח המסה במים של חומר מולקולרי שאינו מגיב עם מים:



♦ רישום יוני $\text{H}^+_{(aq)}$ - התייחסות למים כאל ממס בלבד והתעלמות מהיווצרות יוני הידרוניום:



תת-סעיף ii (הציון 76)

הסבר מדוע התמיסה שמתקבלת בתת-סעיף ג' i מוליכה חשמל.

התשובה:

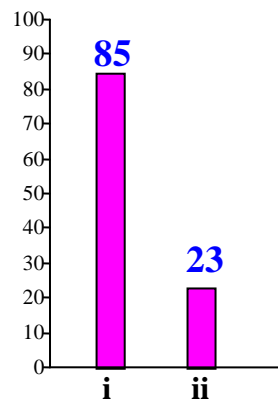
התמיסה מוליכה חשמל, כי היא מכילה יונים ניידים.

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

רוב התלמידים ידעו שבתמיסה יש יונים. הטעות העיקרית שאותרה היא אי-ציון של ניידות היונים - תשובות חלקיות:

- "תמיסה מכילה יונים, לכן היא מוליכה חשמל."
- טעות נוספת היא ציון אלקטרונים כגורם למוליכות:
- "בתמיסה קיימים אלקטרונים ניידים."
- "אלקטרונים נעים בתמיסה בין יון שלילי לחיובי ולהפך."

סעיף ד' (הציון 54)



תת-סעיף i (הציון 85)

החומר, שהיגד I מתאים לו, ניתן לריקוע. הסבר מדוע.

התשובה:

(החומר שהיגד I מתאים לו הוא כסף). כאשר מפעילים לחץ על המתכת, השכבות של יונים חיוביים מחליקות זו על גבי זו, ולכן ניתן לרקע כסף. (הפעלת הלחץ אינה גורמת לשינוי המבנה המתכתי.)

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו מהו ריקוע והסבירו ברמה מיקרוסקופית תכונה זו של מתכת. יחד עם זאת הופיעו הסברים חלקיים המצביעים על חוסר הבנה - איך צריך להסביר תכונה האופיינית לחומר:

- "כסף ניתן לריקוע, כי הוא מתכת."
- "ריקוע הוא תכונה האופיינית למתכות."

חשוב להדגיש לתלמידים שבשאלה מסוג זה חייבים להתייחס לרמה המיקרוסקופית במתן ההסבר.

תת-סעיף ii (הציון 23)

החומר, שאיור c מתאים לו, מוליך חשמל במצב מוצק. הסבר מדוע.

התשובה:

(החומר שאיור c מתאים לו הוא גרפיט). מבנה הגרפיט הוא מבנה ענק של אטומי פחמן. בגרפיט כל אטום פחמן קשור בקשרים קוולנטיים לשלושה אטומי פחמן אחרים. האלקטרון הרביעי בכל אטום פחמן אינו קשור. האלקטרונים שאינם קשורים חופשיים לנוע (בשכבות הגרפיט).

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

הציון נמוך במיוחד. תלמידים רבים אינם מבינים את המבנה המיוחד של גרפיט. ניתן למיין את הטעויות האופייניות למספר סוגים:

- ♦ ציון סוג החומר במקום הסבר:
- ♦ "בגראף גרפיט יש מבנה של חומר אטומרי."
- ♦ "זהו חומר אטומרי יוצא דופן."
- ♦ קביעה שגויה של סוג החומר:
- ♦ "גרפיט היא מתכת - מוליכה חשמל במצב מוצק."
- ♦ חוסר ידע והבנה - מהם התנאים למוליכות חשמלית:
- ♦ "בגרפיט יש הרבה קשרים קוולנטיים, מכאן המוליכה חשמלית."
- ♦ "יש משיכה חזקה בין יוני חיוביים ליוני שליליים, המרכיבה מוליכות חשמלית."
- ♦ "הסיבה למוליכות - קשרי ון-דר-ואלס."

מומלץ לדון עם התלמידים בתנאים לקיום מוליכות חשמלית בליווי דוגמאות של חומרים מסוגים שונים, בליווי אנימציות והדמיות מתאימות, במצבי צבירה שונים ובתמיסות. לאחר הדיון אפשר לבקש מהתלמידים לענות על שאלות מסכמות. שאלות לדוגמה:

שאלה 1 - מוליכות במתכות

- תאר ברמה מיקרוסקופית את מבנה המתכת במצב מוצק.
- צייר באופן סכמתי את המודל המציג מבנה של מתכת מגנזיום, $Mg_{(s)}$.
- תאר ברמה מיקרוסקופית את השינויים המתרחשים במתכת בזמן שהיא מוליכה חשמל.
- הסבר מדוע מתכת מוליכה חשמל גם במצב נוזל.
- חפש באינטרנט אנימציה הממחישה את המודל להולכת חשמל של מתכת. שלח במייל למורה.

שאלה 2 - מוליכות בגרפיט

- תאר ברמה מיקרוסקופית את מבנה הגרפיט במצב מוצק.
- צייר באופן סכמתי את המודל המציג מבנה של גרפיט, $C_{(s)}$.
- תאר ברמה מיקרוסקופית את השינויים המתרחשים בגרפיט בזמן שהוא מוליך חשמל.
- חפש באינטרנט אנימציה הממחישה את המודל להולכת חשמל של גרפיט. שלח במייל למורה.

שאלה 3 - מוליכות בחומרים יוניים

- תאר ברמה מיקרוסקופית את המבנה של חומר יוני במצב מוצק.
- צייר באופן סכמתי את המודל המציג מבנה של חומר יוני אשלגן כלורי, $KCl_{(s)}$.
- תאר ברמה מיקרוסקופית את המבנה של חומר יוני במצב נוזל.
- חומרים יוניים אינם מוליכים חשמל במצב מוצק, אך מוליכים חשמל במצב נוזל. הסבר מדוע.
- תאר ברמה מיקרוסקופית את השינויים המתרחשים בחומר יוני במצב נוזל, בזמן שהוא מוליך חשמל.
- חפש באינטרנט אנימציה הממחישה את המודל להולכת חשמל של חומר יוני נוזל. שלח במייל למורה.

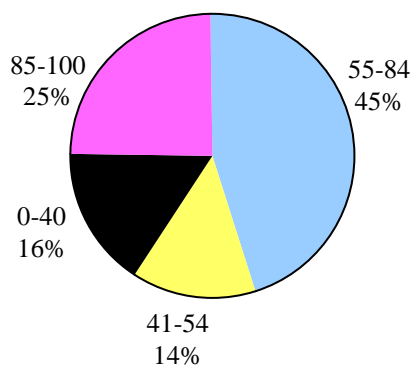
שאלה 4 - מוליכות בתמיסות מימיות

- תמיסות מימיות מוליכות חשמל רק אם הן מכילות יונים.
- תאר ברמה מיקרוסקופית את מבנה התמיסה המימית של אשלגן כלורי, $KCl_{(aq)}$.
 - צייר באופן סכמתי את המודל המציג את מבנה התמיסה המימית של אשלגן כלורי, $KCl_{(aq)}$.
 - תאר ברמה מיקרוסקופית את השינויים המתרחשים תמיסת $KCl_{(aq)}$ בזמן שהיא מוליכה חשמל.
 - חפש באינטרנט אנימציה הממחישה את המודל להולכת חשמל של תמיסה המכילה יונים. שלח במייל למורה.

שאלה 4

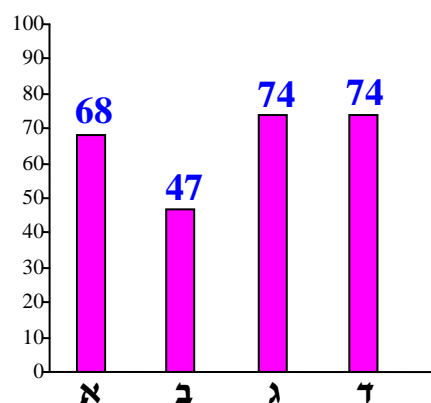
מבנה וקישור

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 45% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 66

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- לרשום נוסחאות מבנה ונוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות.
- לתאר ברמה מיקרוסקופית חומרים מולקולריים במצב מוצק ובמצב נוזל.
- לציין הבדלים מיקרוסקופיים במבנה של אותו חומר מולקולרי במצבי צבירה שונים.
- המושג אלקטרושליליות.
- לקבוע על אילו אטומים במולקולה יש מטען חיובי חלקי ועל אילו - מטען שלילי חלקי.
- גורמים המשפיעים על חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות של חומרים מולקולריים.
- קשר קוולנטי טהור וקשר קוולנטי קוטבי.
- לקבוע בין אילו אטומים במולקולה קיים קשר קוולנטי טהור ובין אלו - קשר קוולנטי קוטבי.
- גורמים המשפיעים על אורך קשרים קוולנטיים בין אטומים במולקולות.
- המושג איזומריה, איזומרים.
- כללי המסה של חומרים מולקולריים, אינטראקציות הנוצרות בין מולקולות המומס לבין מולקולות הממס.
- לנסח תהליכי המסה של חומרים מולקולריים בממס אורגני.

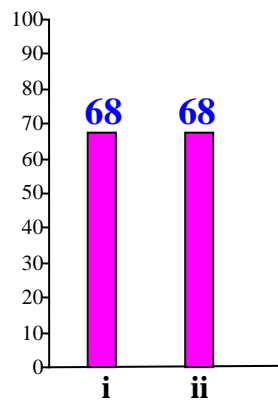
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

פראונים המתאימים לשימוש במקררים ובמזגנים הם גזים בתנאי החדר.
לפניך נוסחאות של שלושה פראונים:



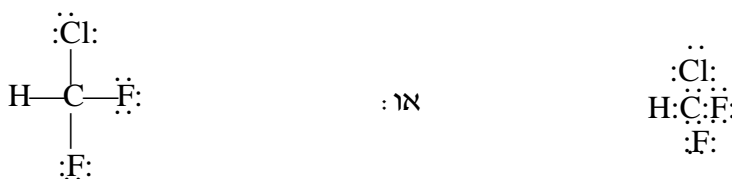
סעיף א' (הציון 68)



תת-סעיף i (הציון 68)

רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית למולקולה CHClF_2 .

התשובה:



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

הטעות העיקרית שאותרה בתת-סעיף זה היא אי-רישום אלקטרונים לא קושרים. טעות זו נובעת מחוסר הבחנה בין נוסחת מבנה לבין נוסחת ייצוג אלקטרונית של מולקולה. טעות נוספת היא רישום נוסחאות גזיות המצביעות על חוסר ידע והבנה של כללי קישור בין אטומים בתוך מולקולה:



מומלץ לתרגל רישום של נוסחאות ייצוג אלקטרוניות לאורך לימוד של כל נושאי הסילבוס, לבחור מולקולות המכילות אטומי חמצן, חנקן, הלוגנים.

תת-סעיף ii (הציון 68)

ציין שני הבדלים ברמה המיקרוסקופית בין $\text{CHClF}_2(\text{g})$ לבין $\text{CHClF}_2(\text{l})$.

התשובה:

שניים מבין ההבדלים:

- במצב גז המרחקים בין מולקולות החומר גדולים בהרבה מהמרחקים בין מולקולות החומר במצב נוזל.
- במצב גז למולקולות החומר יש יותר סוגי תנועה מאשר למולקולות החומר במצב נוזל.
- במצב גז האינטראקציות בין מולקולות החומר חלשות בהרבה מהאינטראקציות בין מולקולות החומר במצב נוזל.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

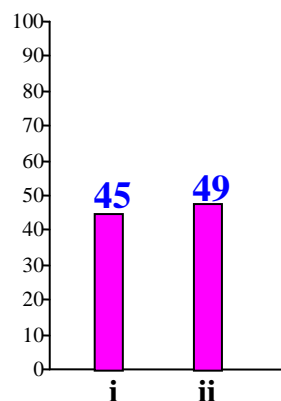
ניתן למיין את הטעויות שאותרו בתת-סעיף זה למספר סוגים:

- ♦ חוסר הבחנה בין רמת המאקרו לבין רמת המיקרו:
- ♦ "כל אטומי חמצן ואטומי חנקן באים."
- ♦ "במצב גז הנפח נקבע על ידי הכלי ובמצב נוזל החומר תופס רק חלק מנפח הכלי."

- ♦ התייחסות לאותו חומר במצב מוצק ובמצב נוזל כאל שני חומרים שונים. טעות זו גורמת לטעויות נוספות בתיאור של תכונות החומר :
- ♦ "גלגל טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר מלול של גל".
- ♦ "בין מולקולות הגל יש כוחות ון-דר-ואלס ובין מולקולות הנוזל יש כוחות ון-דר-ואלס וקשרי מימן."
- ♦ "חומר במצב נוזל מתמוסס במים ובמצב גל לא מתמוסס."
- ♦ חוסר הבחנה בין אטומים למולקולות :
- ♦ "במצב גל האטומים מרוחקים יותר מאשר במצב נוזל."
- ♦ "במצב גל האטומים נעים במהירות ובחופשיות."
- ♦ התייחסות למולקולה אחת כאל צבר מולקולות :
- ♦ "המרחק בין אטומי המולקולה גדול יותר בגל. הנוזל קשרים בין אטומי המולקולה חזקים יותר."
- ♦ "בין אטומי המולקולה $CHClF_{2(g)}$ קיים ריק והאטומים אינם מרוכזים במצב מסודר. אטומי המולקולה $CHClF_{2(l)}$ בעלי מבנה יותר צפוף ובעלי יכולת לקבל את צורת הכדור."
- ♦ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין אינטראקציות בין מולקולריות :
- ♦ "האטומים היוצרים אינטראקציות קוולנטיות במולקולות הגל חלשים יותר מאשר האינטראקציות הנוצרות במולקולות הנוזל."
- ♦ "במצב גל קשרים קוולנטיים בין האטומים חלשים יותר."
- ♦ חזרה על נתוני השאלה במקום תשובה.
- ♦ "האחד נוזל והשני גל".

סעיף ב' (הציון 47)

למולקולות של שני הפראונים : $CHClF_{2(g)}$ ו- $CCl_2F_{2(g)}$ צורה מרחבית של טטראדר. קבע עבור כל אחד מההיגדים ii-I אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 45)

האלקטרושליליות של אטומי הפלואור, F, גבוהה מהאלקטרושליליות של אטומי הכלור, Cl, לכן על אטומי הכלור במולקולה CCl_2F_2 יש מטען חלקי חיובי.

התשובה:

לא נכון.
(אטומי הפלואור ואטומי הכלור במולקולה לא קשורים זה לזה.) כל אחד מאטומי הכלור והפלואור קשור לאטום הפחמן. האלקטרושליליות של אטום הכלור גבוהה מהאלקטרושליליות של אטום הפחמן, לכן על אטומי הכלור יש מטען חלקי שלילי.

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

הציון נמוך. רוב התלמידים שטעו לא התייחסו לנוסחת המבנה של המולקולה, ולכן לא הבחינו בכך שאטומי פלואור וכלור אינם קשורים ביניהם. כתוצאה מכך הם הגיעו למסקנה שגויה:

- "הה'י' נכון. לאטום F אלקטרושליליות גבוהה יותר, ולכן הוא מושך בחולקה את האלקטרוני הקשה."
- "הה'י' נכון. האלקטרושליליות של פלואור גבוהה יותר מזו של כלור, ולכן על אטום כלור יש מטען חלקי חיובי."

תת-סעיף ii (הציון 49)

בין המולקולות של $CCl_2F_2(l)$ יש אינטראקציות חזקות יותר מהאינטראקציות שבין המולקולות של $CHClF_2(l)$.

התשובה:

נכון.
ענני האלקטרוניים של מולקולות $CCl_2F_2(l)$ גדולים יותר מענני האלקטרוניים של מולקולות $CHClF_2(l)$, המטען החלקי בדו-קוטב רגעי גדול יותר (אנ): הסיכוי להיווצרות דו-קוטב רגעי גדול יותר, לכן אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של $CCl_2F_2(l)$ חזקות יותר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלוס היא יישום

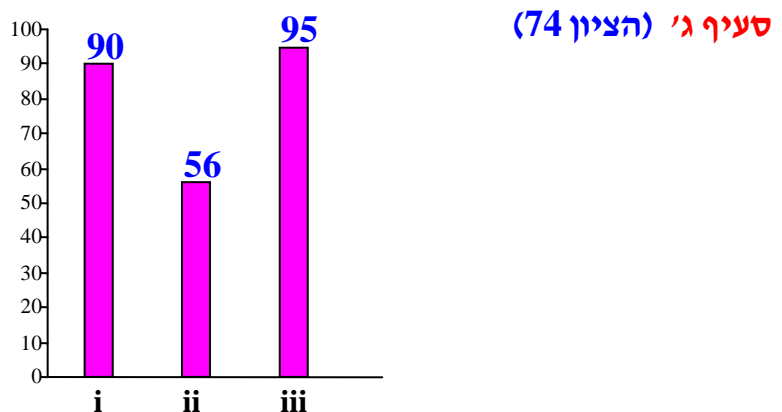
הציון נמוך. רוב הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מכך שתלמידים לא ראו את כל התמונה אלא חלקים ממנה. נוכחות אטומי פלואור במולקולות הסיתה כנראה את דעתם של התלמידים

לעניין הקוטביות והם לא התייחסו לגודל ענני אלקטרונים של מולקולות. הדבר התבטא בשני סוגים של תשובות:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "ההינדף לא נכון. $CCl_2F_{2(l)}$ פחות קוטבי מ- $CHClF_{2(l)}$, כי ב- $CCl_2F_{2(l)}$ אין דו-קוטב קבוע - המולקולות סימטריות."
 - " $CHClF_{2(l)}$ קוטבי יותר כי אטום כלור הוחלף באטום מימן."
2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
 - " $CCl_2F_{2(l)}$ יותר קוטבי, לכן אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של חומר זה חזקות יותר."

טעויות נוספות שאותרו הן:

- ♦ קביעה שבין המולקולות של $CHClF_{2(l)}$ יש קשרי מימן - כנראה בגלל נוכחות אטומי מימן במולקולות:
- "לא נכון, כי בין המולקולות של $CHClF_{2(l)}$ יש קשרי מימן."
- ♦ התייחסות למסה מולרית של חומרים במקום גודל ענני אלקטרונים של מולקולות.



תת-סעיף i (הציון 90)

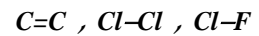
קבע עבור כל אחד מהקשרים הקוולנטיים בין האטומים במולקולה $CClF_2CClF_2$, אם הוא טהור או קוטבי.

התשובה:

C-C	קשר קוולנטי טהור
C-F	קשר קוולנטי קוטבי
C-Cl	קשר קוולנטי קוטבי

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקבוע אם קשר קוולנטי מסוים הוא טהור או קוטבי. התלמידים המעטים שטעו לא התייחסו למבנה של מולקולה ולכן ציינו קשרים שלא קיימים בה :



היו תלמידים שהתייחסו לקוטביות המולקולה במקום קוטביות הקשר :

• "המולקולה לא סימטרית, ולכן היא קוטבית."

תת-סעיף ii (הציון 56)

איזה קשר ארוך יותר: C-C או C-F? נמק.

התשובה:

קשר C-C ארוך יותר מקשר C-F.

בקשר קוולנטי קוטבי C-F, (בנוסף לכוחות המשיכה שבין אלקטרוני הקשר לשני הגרעינים), פועלים כוחות משיכה בין הדו-קטבים ולכן פועלים כוחות משיכה חזקים יותר (אנ: רבים יותר).
(אנ: הרדיוס של אטום F קטן מהרדיוס של אטום C והקשר קצר יותר. אנ: המרחק בין אלקטרוני הקשר לגרעינים קטן יותר, כוחות המשיכה חזקים יותר, והמרחק בין הגרעינים יהיה קטן יותר.)

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון נמוך. הטעות האופיינית העיקרית שאותרה בתת-סעיף זה היא התעלמות מקוטביות הקשר C-F וניסיונות למצוא נימוקים לקביעה - לעיתים נכונה ולעיתים לא נכונה. טעות זו נובעת מחוסר ידע והבנה - מהם הגורמים המשפיעים על אורך קשר :

• "הקשר C-C ארוך יותר, כי יש צלילי זוג אלקטרוניי בלתי קושרים אחד וצף קשר C-C נני זוגות. ככל שיש פחות זוגות אלקטרוניי בלתי קושרים הקשר ארוך יותר."

• "הקשר C-F ארוך יותר, כי הכוחות בין אטומים חלשים יותר."

• "הקשרים שווים באורכם כי לאטומים יש אותו רדיוס."

חלק מהנימוקים מצביעים על בלבול בין קשרים קוולנטיים בין אטומים במולקולה לבין כוחות בין מולקולריים :

• "הקשר C-C ארוך יותר, כי כוחות ון-דר-ואלס חזקים יותר."

טעויות נוספות: התייחסות לא נכונה לאלקטרושליליות של אטומים :

• "הקשר C-F אלקטרושליליות גבוהה יותר, לכן הוא ארוך יותר."

בשאלות מסוג זה התלמיד צריך לדעת שאורך קשר (הקשור לאנרגיית קשר המבטאת ברוב המקרים את חוזק הקשר), תלוי במספר גורמים:

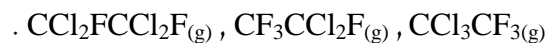
- ◆ סדר קשר
 - ◆ מרחק בין אלקטרוני הקשר לגרעינים (רדיוסים של אטומים)
 - ◆ קשר קוולנטי קוטבי לעומת קשר קוולנטי שאינו קוטבי
 - ◆ מידת הקוטביות.
- התלמיד צריך לבדוק את כל אחד מהגורמים ולהחליט אילו מהם מתאימים לנתוני השאלה. במקרה הנתון הגורם המשפיע ביותר על אורך הקשר הוא:
- ◆ הקשר C-F הוא קשר קוולנטי קוטבי, הקשר C-C הוא קשר קוולנטי טהור. בקשר קוטבי פועלים, בנוסף לכוחות המשיכה בין אלקטרוני הקשר לגרעינים, גם כוחות משיכה בין הדו-קטבים, ולכן פועלים כוחות משיכה חזקים יותר.

גורם נוסף:

- ◆ המרחק בין אלקטרוני הקשר לגרעינים: בקשר C-F המרחק בין אלקטרוני הקשר לגרעינים קטן יותר (לאטום F רדיוס קטן מזה של אטום C) ולכן יפעלו כוחות חזקים יותר, והקשר יהיה קצר יותר.
- הוראת הנושא "מבנה וקישור" מבוססת על המעבר מרמה המיקרוסקופית לרמה המאקרוסקופית. כלומר, קודם כל מומלץ ללמד את מבנה המולקולה - קשרים קוולנטיים, ורק לאחר מכן לעבור לרמת הצבר. בצבר ניתן להבחין בין המבנה ברמה המיקרוסקופית לבין התכונות ברמה המאקרוסקופית. תכונות החומר כגון מצב צבירה בתנאים מסוימים, מוליכות חשמלית, מסיסות בממסים שונים, אפשר להסביר רק בעזרת המבנה המיקרוסקופי של החומר.

תת-סעיף iii (הציון 95)

לפניך נוסחאות של שלוש תרכובות:



קבע איזו מהתרכובות היא איזומר של התרכובת $CClF_2CClF_2_{(g)}$. נמק את קביעתך.

התשובה:

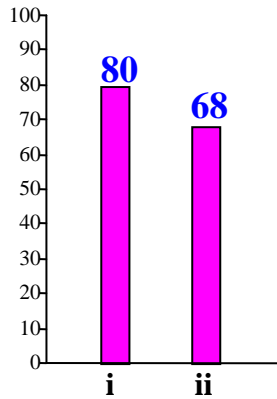


לשני החומרים: $CClF_2CClF_2_{(g)}$ ו- $CF_3CCl_2F_{(g)}$ יש אותה נוסחה מולקולרית: $(C_2Cl_2F_4)$.

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו מהי איזומריה וזיהו איזומרים. כמעט ולא היו טעויות.

סעיף ד' (הציון 74)



תת-סעיף i (הציון 80)

פראון $\text{CCl}_2\text{F}_2(\text{g})$ מתמוסס בשמן מינרלי שנוסחתו $\text{C}_{18}\text{H}_{38}(\text{l})$. הסבר עובדה זו.

התשובה:

במהלך ההמסה בין מולקולות הפריאון $\text{CCl}_2\text{F}_2(\text{g})$ למולקולות השמן המינרלי $\text{C}_{18}\text{H}_{38}(\text{l})$ נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

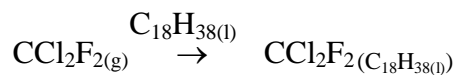
רוב התלמידים ידעו את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים. הטעויות שהופיעו בתת-סעיף זה נובעות מכך שהמס אינו מים והאינטראקציות בין מולקולות המומס לבין מולקולות הממס הן לא קשרי מימן אלא אינטראקציות ון-דר-ואלס בלבד:

- "בתמיסה נוזלית קשרי מימן, כי יש מוקדים להיווצרות קשרי מימן."
- "אטומי פלואור בפריאון יוצרים קשרי מימן עם השמן."
- "פריאון יש אטומי פלואור ובשמן יש אטומי מימן, לכן יוצרים קשרי מימן בין פריאון ושמן."

תת-סעיף ii (הציון 68)

נסח את תהליך ההמסה של פראון $\text{CCl}_2\text{F}_2(\text{g})$ בשמן המינרלי.

התשובה:



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

הטעות הנפוצה בתת-סעיף זה היא רישום מצב צבירה שגוי לפריאון המומס בשמן:

- ♦ מצב נוזל: $\text{CCl}_2\text{F}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{C}_{18}\text{H}_{38}(\text{l})} \text{CCl}_2\text{F}_2(\text{l})$
- ♦ מומס במים: $\text{CCl}_2\text{F}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{C}_{18}\text{H}_{38}(\text{l})} \text{CCl}_2\text{F}_2(\text{aq})$

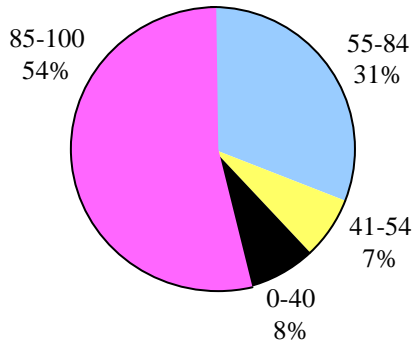
טעויות נוספות הן רישום ממס במגיבים ופירוק המומס ליונים או למולקולות.

שאלה 5

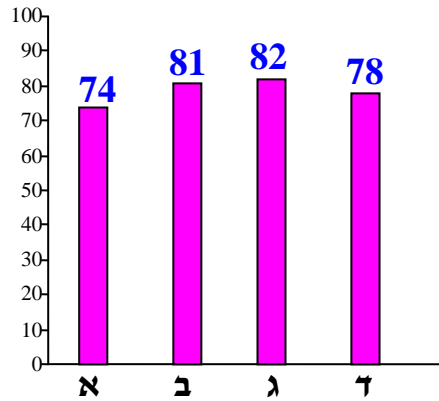
חמצון-חיזור וסטויכיומטריה

ציון ממוצע על פי מכון סאלד: **79**

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 56% מהתלמידים



ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- רמות הבנה בכימיה עבור מתכות : רמה מיקרוסקופית ורמה מאקרוסקופית.
- תכונות של מתכות.
- דרגות חמצון וכללים לקביעתן.
- קביעת דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומי יסוד מסוים.
- המושגים : חמצון וחיזור, מחמצן ומחזור.
- קביעה מהו המחמצן ומהו המחזור בתגובת חמצון-חיזור.
- חישובים סטויכיומטריים

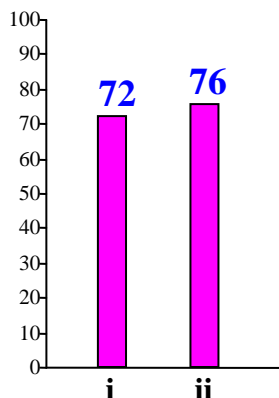
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

נְצִלָה גַם הוּא יִלְדָה אֶת תּוֹבֵל קִין
 לִטֵּשׁ כָּל חֲרָשׁ נְחֹשֶׁת וּבְרָזָל
 (בראשית, ד, כ"ב)

כבר בתקופת המקרא השתמשו בכלי נחושת, וגם
 היום יש לנחושת ולמלחי הנחושת שימושים רבים.

סעיף א' (הציון 74)



תת-סעיף i (הציון 72)

תאר ברמה מיקרוסקופית את מבנה הנחושת, $\text{Cu}_{(s)}$.

התשובה:

במצב מוצק המתכת נחושת מורכבת מיונים חיוביים (Cu^{2+}) (עם יוני Cu^+) בתוך "ים אלקטרונים" - אלקטרוני ערכיות נעים בין היונים. במתכת פועלים כוחות משיכה חשמליים בין האלקטרונים לבין היונים החיוביים - קשר מתכתי.

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

רוב התלמידים ידעו שנחושת היא מתכת, אך הופיעו טעויות בתיאור המבנה של נחושת ברמה מיקרוסקופית. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

- ♦ חוסר הבחנה בין אטום מתכת לחומר מתכתי - תיאור המבנה של אטום נחושת אחד:
- ♦ "הנחושת היא מתכת הפנויה מלרצין, שבו ישנם פרוטונים ונויטרונים, האוקסיגן פאלקטרוני. ישנה משיכה בין הלרצין החיובי לפאלקטרוני."
- ♦ התייחסות למבנה של נחושת כאל מבנה של חומר יוני:
- ♦ "הנחושת פנויה מיוני חיוביים ויוני שליליים."
- ♦ "הנחושת יוני שליליים נציט סביב יוני חיוביים."

- ♦ חוסר הבנה - מהו קשר מתכתי. ציון קשרים הקיימים בחומרים מסוגים אחרים:

- "סריג מתכתי בצל קשרים קוולנטיים."
- "בין אטומי נחושת קיימים קשרים קוולנטיים טהורים."
- "במבנה של נחושת יש קשרי ון-דר-ואלס."
- "בין יוני נחושת קיימים קשרים יוניים."

♦ ציון תכונות מאקרוסקופיות של נחושת :

- "הנחושת מוליכה חשמל."
- "צבע הנחושת הוא כתום."

תת-סעיף ii (הציון 76)

ציין שתי תכונות של נחושת.

התשובה:

שתיים מתכונות הנחושת :

- מוליכה חשמל
- מוליכה חום
- ניתנת לריקוע
- מבריקה
- טמפרטורת היתוך גבוהה (או : טמפרטורת רתיחה גבוהה)

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

רוב התלמידים ידעו את התכונות של נחושת, אך הופיעו גם טעויות :

- "נחושת מתמוססת במים."
- "לנחושת צבע כחול" - בלבול בין נחושת לבין יוני נחושת בתמיסה מימית.

היו תלמידים שניסו לתאר מבנה של אטום נחושת :

- "לנחושת ארבע רמות אנרגיה."

ניתן להבחין שחלק מהתלמידים מתקשים בהטמעת מושגים אחדים מתוכנית הלימודים החדשה בכימיה, כגון רמות הבנה. אנו ממליצים ללמד את רמות ההבנה ולשלבן בכל נושאי הסילבוס. מומלץ להיעזר בדגם הוראה שפותח במכון ויצמן, הנמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=500>

מומלץ להרבות בהמחשת המבנים של החומרים השונים בעזרת שימוש במודלים, אנימציות שונות, סרטונים ומצגות. לדוגמה:
סרטון על נחושת:

<http://www.youtube.com/watch?v=kop1sWzTK-I>

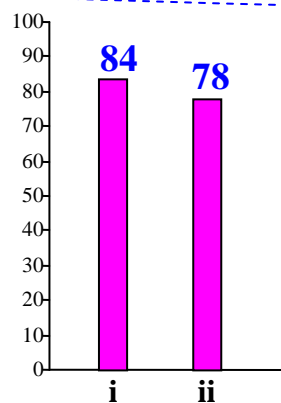
מתכות - מצגת של אילנה זהר:

<http://www.jerusalem.muni.il/education/manchi/guidecenter/madaim/chimya/yud/yud.html>

סעיף ב' (הציון 81)

נחושת מצויה בטבע בתרכובות שונות.

לפיך נוסחאות של חמש תרכובות המכילות נחושת:



תת-סעיף i (הציון 84)

קבע את המטען של יוני הנחושת בכל אחת מהתרכובות.

התשובה:

נוסחת החומר	מטען יוני הנחושת	אָן: נוסחת יוני הנחושת
$\text{CuS}_{(s)}$	2+	Cu^{2+}
$\text{Cu}_2\text{S}_{(s)}$	1+	Cu^+
$\text{CuCl}_{2(s)}$	2+	Cu^{2+}
$\text{CuO}_{(s)}$	2+	Cu^{2+}
$\text{Cu}_2\text{O}_{(s)}$	1+	Cu^+

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקבוע את מטעני היונים בתרכובות יוניות. הטעות האופיינית היא רישום מטען $1+$ בתרכובות $\text{CuS}_{(s)}$ ו- $\text{CuO}_{(s)}$. הסיבה לטעות זו היא כנראה היחס בין יונים 1:1. סיבה נוספת לטעות זו היא חוסר התייחסות לקשר בין מיקומו של חמצן במערכה המחזורית לבין המטען של יון חמצן שלפיו קובעים את המטען של יון נחושת.

תת-סעיף ii (הציון 78)

קבע באיזו/באילו מהתרכובות יוני הנחושת יכולים לפעול גם כחמצן וגם כמחזור. נמק את קביעתך.

התשובה:

ב- $\text{Cu}_2\text{O}_{(s)}$ וב- $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)}$ יוני הנחושת יכולים לפעול גם כחמצן וגם כמחזור. דרגת החמצון של יוני Cu^+ היא בין דרגות החמצון המקסימלית לדרגת החמצון המינימלית, לכן הם יכולים לעבור חמצון (ולחפוף ליוני Cu^{2+}), וגם לעבור חיזור (ולחפוף לאטומי נחושת).

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

רוב התלמידים קבעו נכון את התרכובות שבהן יוני הנחושת יכולים לפעול גם כחמצן וגם כמחזור. יחד עם זאת הופיעו טעויות הנובעות מחוסר התייחסות לתהליכי חמצון וחיזור שיכולים לעבור יוני הנחושת:

- "רק $\text{CuO}_{(s)}$ ו- $\text{Cu}_2\text{O}_{(s)}$ כי הם מחזרים Cu^+ ."
 - "רק תרכובות יוני הנחושת לא יכולים לפעול כחמצן או כמחזור."
- היו תלמידים שקבעו נכון את התרכובות, אך לא הסבירו את קביעתם.

מומלץ לתת לתלמידים דוגמאות של תרכובות שונות המכילות יונים של אותו יסוד במטענים שונים. על מנת לטפל בטעויות כאלה וגם בטעויות אחרות שקשורות להבנת התהליכים של חמצון-חיזור, אפשר להתייחס למחזרים ומחמצנים הנפוצים במעבדה ובתעשייה הכימית, ולדון עם התלמידים על כל אחד מהם: מדוע הוא משמש כחמצן או כמחזור, והאם הוא יכול לשמש גם כחמצן וגם כמחזור. אנו מביאים טבלאות שבהן מוצגים מחמצנים ומחזרים אחדים ודוגמאות לתגובות, שבהן חומרים אלה משתתפים, עם סימון מעבר האלקטרונים ממחזור למחמצן.

מחמצנים

דוגמאות לתגובות אופייניות ושימושים	דוגמאות למחמצנים	סוגי מחמצנים
$\begin{array}{c} 2 \text{ mol } e^- \\ \downarrow \\ \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Br}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{l}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \end{array}$ <p style="text-align: right;">הפקת הלוגנים :</p>	<p>הלוגנים</p> <p>כלור</p> <p>$\text{Cl}_2(\text{g})$</p>	אל-מתכות
$\begin{array}{c} 8 \text{ mol } e^- \\ \downarrow \\ 4\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{CCl}_4(\text{l}) + 4\text{HCl}(\text{g}) \end{array}$ <p style="text-align: right;">הפקת תרכובות פחמן שהמולקולות שלהם מכילות אטומי הלוגנים :</p>		
$\begin{array}{c} 8 \text{ mol } e^- \\ \downarrow \\ 2\text{O}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{l}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \end{array}$ <p style="text-align: right;">שריפת פחמימנים :</p>	<p>חמצן</p> <p>$\text{O}_2(\text{g})$</p>	
$\begin{array}{c} 16 \text{ mol } e^- \\ \downarrow \\ \text{S}_8(\text{s}) + 2\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{CS}_2(\text{l}) + 4\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \end{array}$ <p style="text-align: right;">הפקת ממס פחמן דו-גופרי :</p>	<p>גופרית</p> <p>$\text{S}_8(\text{s})$</p>	
$\begin{array}{c} 2 \text{ mol } e^- \\ \downarrow \\ 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \end{array}$ <p style="text-align: right;">עיבוד פני שטח של מוצרי נחושת :</p>	<p>יוני ברזל</p> <p>Fe^{3+}</p>	קטיונים של מתכות בדרגת חמצון מרבית
$\begin{array}{c} 60 \text{ mol } e^- \\ \downarrow \\ 10\text{KClO}_3(\text{s}) + 3\text{P}_4(\text{s}) \rightarrow 6\text{P}_2\text{O}_5(\text{s}) + 10\text{KCl}(\text{s}) \end{array}$ <p style="text-align: right;">תגובה שמתרחשת בעת הדלקת גפרור :</p>	<p>כלורט</p> <p>אשלגן</p> <p>$\text{KClO}_3(\text{s})$</p>	חומרים יוניים המכילים יונים מורכבים, שבהם יש אטומי אל-מתכת בדרגת חמצון חיובית
$\begin{array}{c} 3 \text{ mol } e^- \\ \downarrow \\ \text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{Au}(\text{s}) + 4\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \end{array}$ <p style="text-align: right;">עיבוד מוצרי זהב (גם מוצרי כסף ופלטינה) :</p>	<p>יונים חנקתיים</p> <p>NO_3^-</p>	יונים מורכבים המכילים אטומי אל-מתכת בדרגת חמצון גבוהה
$\begin{array}{c} 10 \text{ mol } e^- \\ \downarrow \\ 2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 6\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \\ 5\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 14\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \end{array}$ <p style="text-align: right;">הפקת חמצן במעבדה :</p>	<p>יוני פרמנגנט</p> <p>MnO_4^-</p>	יונים מורכבים המכילים אטומי מתכת בדרגת חמצון גבוהה

מחזרים

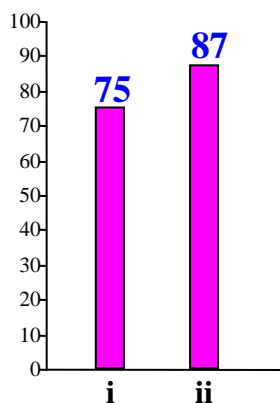
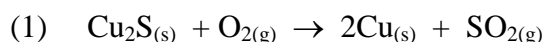
דוגמאות לתגובות אופייניות ושימושים	דוגמאות למחזרים	סוגי מחזרים
$\text{Zn}_{(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ <p style="text-align: center;">הפקת מימן במעבדה:</p> <p style="text-align: center;">2 mol e⁻</p>	מתכות: אבץ Zn _(s)	יסודות
$\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$ <p style="text-align: center;">שריפת פחם:</p> <p style="text-align: center;">4 mol e⁻</p>	אל-מתכות:	
$\text{C}_{(s)} + \text{CuO}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}_{(s)} + \text{CO}_{(g)}$ <p style="text-align: center;">הפקת נחושת:</p> <p style="text-align: center;">2 mol e⁻</p>	פחמן C _(s)	
$2\text{H}_{2(g)} + \text{GeO}_{2(s)} \rightarrow \text{Ge}_{(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ <p style="text-align: center;">הפקת גרמניום:</p> <p style="text-align: center;">4 mol e⁻</p>	מימן H _{2(g)}	
$2\text{Br}^-_{(aq)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow \text{Br}_{2(l)} + 2\text{Cl}^-_{(aq)}$ <p style="text-align: center;">הפקת הלוגנים:</p> <p style="text-align: center;">2 mol e⁻</p>	יוני הלוגנים יוני ברום Br ⁻	אניונים של אל-מתכות
$10\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2\text{MnO}_4^-_{(aq)} + 16\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \rightarrow 10\text{Fe}^{3+}_{(aq)} + 2\text{Mn}^{2+}_{(aq)} + 24\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ <p style="text-align: center;">חמצון יוני Fe²⁺ - תגובה שימושית בכימיה אנליטית:</p> <p style="text-align: center;">10 mol e⁻</p>	יוני ברזל Fe ²⁺	קטיונים של מתכות בדרגת חמצון מינימלית
$2\text{H}_2\text{S}_{(g)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{SO}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ <p style="text-align: center;">הפקת דו-תחמוצת גופרית:</p> <p style="text-align: center;">12 mol e⁻</p>	מימן גופרי H ₂ S _(g)	מולקולות המכילות אטומי אל-מתכת בדרגת חמצון מינימלית
$\text{SO}_3^{2-}_{(aq)} + \text{Br}_{2(l)} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} + 2\text{Br}^-_{(aq)}$ <p style="text-align: center;">פיתוח צילומים:</p> <p style="text-align: center;">2 mol e⁻</p>	יונים גופריתיים SO ₃ ²⁻	יונים מורכבים המכילים אטומי אל-מתכת בדרגת חמצון ביניים
$\text{CO}_{(g)} + \text{FeO}_{(s)} \rightarrow \text{Fe}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$ <p style="text-align: center;">הפקת ברזל:</p> <p style="text-align: center;">2 mol e⁻</p>	חד-תחמוצת פחמן CO _(g)	מולקולות המכילות אטומי אל-מתכת בדרגת חמצון ביניים

ידוע, שאחד מהקריטריונים שמעידים על הבנת החומר הוא היכולת של התלמיד לחבר תרגיל בעצמו. לאחר הדיון בטבלאות אפשר לבקש מהתלמידים לחבר תגובות נוספות בין המחמצנים לבין המחזרים שמופיעים בטבלאות ותגובות אחרות.

סעיפים ג ו-ד עוסקים בהפקת נחושת.

סעיף ג' (הציון 82)

הפקת הנחושת מ- $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)}$ נעשית על פי תגובה (1):



תת-סעיף i (הציון 75)

קבע אם הנחושת, $\text{Cu}_{(s)}$, בתגובה (1) היא תוצר של חמצון או תוצר של חיזור. נמק את קביעתך.

התשובה:

הנחושת, $\text{Cu}_{(s)}$, בתגובה (1) היא תוצר של חיזור.

בתגובה (1) יוני Cu^+ עברו חיזור והפכו לאטומי נחושת - דרגת החמצון ירדה מ- (+1) ל- (0).

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מבלבול בין המושגים: חמצון - מחמצן - תוצר של חמצון, חיזור - מחזר - תוצר של חיזור:

• " $\text{Cu}_{(s)}$ - תוצר Fe חמצון, מכיוון שהצגת חמצון יורדת מ- (+1) ל- (0).

תלמידים אלה הסבירו נכון על ירידה בדרגת חמצון, אך הגיעו למסקנה שגויה עקב בלבול בין מושגים.

תת-סעיף ii (הציון 87)

מהי המסה של נחושת שאפשר להפיק מ- 5000 מול $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)}$? פרט את חישוביך.

התשובה:

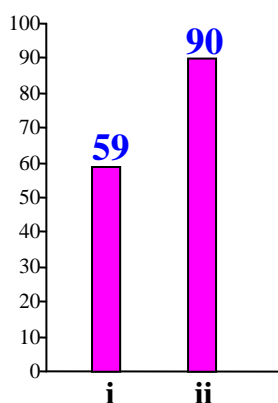
על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ-1 מול של $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)}$ מתקבלים 2 מול $\text{Cu}_{(s)}$,
לכן מספר המולים של $\text{Cu}_{(s)}$ שיתקבלו: $5000 \text{ mol} \times 2 = 10000 \text{ mol}$
(המסה המולרית של $\text{Cu}_{(s)}$): $63.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$
המסה של $\text{Cu}_{(s)}$: $63.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 10000 \text{ mol} = 635,000 \text{ gr} = 635 \text{ kg}$

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

הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את מסת הנחושת על פי יחס המולים בניסוח התגובה. אותרו טעויות מעטות - בעיקר טעויות חישוב.

סעיף ד' (הציון 78)

הפקת נחושת מתמיסה מימית המכילה יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ נעשית על פי תגובה (2)
(2) $3\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Fe}_{(s)} \rightarrow 3\text{Cu}_{(s)} + 2\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$



תת-סעיף i (הציון 59)

קבע אם מסת הנחושת המתקבלת מ-5000 מול יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$, שהגיבו עם כמות מספקת של $\text{Fe}_{(s)}$,
על פי תגובה (2), גדולה ממסת הנחושת שחישבת בתת-סעיף ג ii, קטנה ממנה או שווה לה.
נמק את קביעתך.

התשובה:

מסת הנחושת המתקבלת מ-5000 מול יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ על פי תגובה (2) קטנה ממסת הנחושת המתקבלת
על פי תגובה (1).
על פי יחס המולים בניסוח תגובה (1), מ-1 מול של $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)}$ מתקבלים 2 מול $\text{Cu}_{(s)}$,
ועל פי יחס המולים בניסוח תגובה (2), מ-1 מול של יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ מתקבל 1 מול $\text{Cu}_{(s)}$.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להסיק מסקנה נכונה מההשוואה בין יחסי המולים בשני הניסוחים של תגובות להפקת נחושת. רוב התלמידים שטעו ידעו לקבוע מהו יחס המולים בכל אחד מהניסוחים, אך לא הצליחו לקשר בין יחס המולים למסת הנחושת המתקבלת. היו תלמידים שדילגו על תת-סעיף זה.

תת-סעיף ii (הציון 90)

הריכוז של יוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$ בתמיסה שהתקבלה הוא 4 M. חשב את נפח התמיסה. פרט את חישוביך.

התשובה:

על פי יחס המולים בניסוח תגובה (2), מ-3 מול של יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ מתקבלים 2 מול יוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$.
לכן מספר המולים של יוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$:
$$\frac{5000 \text{ mol} \times 2 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = 3333.3 \text{ mol}$$

נפח התמיסה:
$$\frac{3333.3 \text{ mol}}{4 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = 833.3 \text{ liter}$$

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

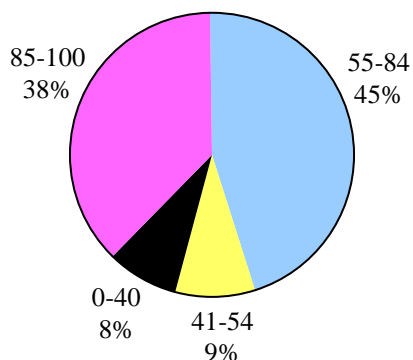
הציון גבוה. התלמידים ידעו לקבוע על פי הנתונים את הריכוז של יוני $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$ בתמיסה שהתקבלה. הטעויות המעטות שאותרו הן בעיקר טעויות חישוב. כמו כן היו תלמידים שהכפילו את נפח התמיסה פי 2 על פי המקדם לפני יוני $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ בניסוח התגובה.

במהלך התרגול של חישובים סטויכיומטריים מומלץ להדגיש לתלמידים, כי רק עבור גזים בתנאי טמפרטורה ולחץ זהים - יחס הנפחים שווה ליחס המולים.

שאלה 6

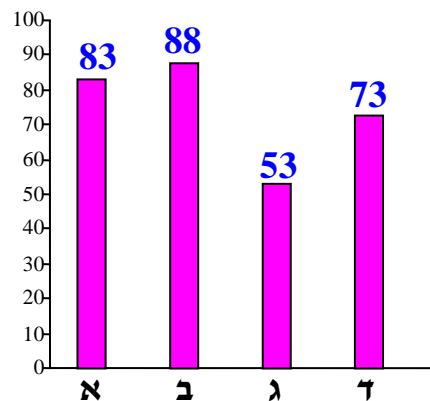
חמצון-חיזור

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 36% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 74

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- דרגת חמצון. כללים לקביעת דרגת חמצון.
- המושגים: חמצון, חיזור, מחמצן, מחזור.
- פירוש נתונים על כושר יחסי של מתכות לחזור ועל כושר יחסי של יוני מתכות לחמצן.
- חישובים סטויכיומטריים
- קורוזיה וגורמים המשפיעים על קורוזיה.
- שיטות הגנה בפני קורוזיה.

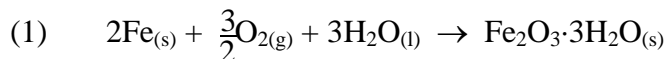
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

תחמוצת ברזל, $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$, היא המרכיב העיקרי של חלודה.

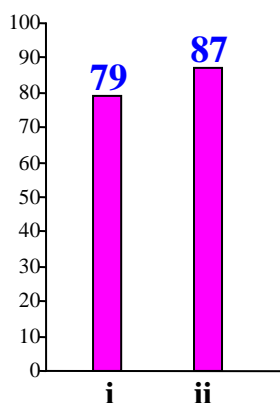
החלודה, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s})$, היא תוצר של תהליך הקורוזיה של ברזל, $\text{Fe}(\text{s})$.

החלודה נוצרת בתהליך חמצון-חיזור שבו הברזל מגיב עם חמצן ומים, על פי תגובה (1):



סעיף א' (הציון 83)

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



תת-סעיף i (הציון 79)

דרגת החמצון של הברזל בתחמוצת $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ היא $(+6)$.

התשובה:

לא נכון.

(התחמוצת $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ מורכבת מיוני ברזל, Fe^{3+} , ויוני חמצן, O^{2-}).

ליוני החמצן מטען -2 (או: דרגת החמצון (-2)). לפיכך, המטען של יוני הברזל $+3$ וגם דרגת החמצון שלהם היא $(+3)$.

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

רוב התלמידים ידעו לקבוע את דרגת החמצון של יוני ברזל בתרכובת. היו תלמידים שטעו - הכפילו את

דרגת החמצון ב-2, ז.א. במספר המולים של יוני ברזל במול תרכובת:

• "נכון. יש שני יוני ברזל, לכן דרגת החמצון היא $(+6) = 2 \times (+3)$."

טעות זו מצביעה על חוסר ידע והבנה של כללים לקביעת דרגות חמצון.

תת-סעיף ii (הציון 87)

בתגובה (1) הברזל עובר חמצון.

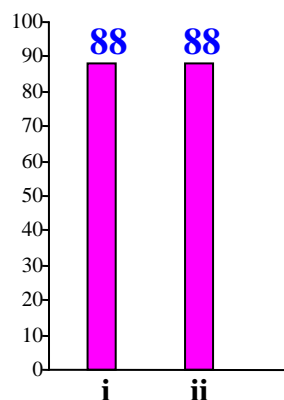
התשובה:

נכון.
בתגובה (1) הברזל "מאבד" אלקטרונים (אנ): דרגת החמצון של הברזל עולה מ-0 ל-+3).
הברזל עובר חמצון.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון שברזל עובר חמצון והסבירו את קביעתם. התלמידים המעטים שטעו הבינו שדרגת החמצון של ברזל עלתה, אך קבעו שזה תהליך חיזור - התבלבלו בין המושגים חמצון וחיזור.

סעיף ב' (הציון 88)



תת-סעיף i (הציון 88)

טבלו לוחיות ברזל בשני כלים II-I.
כלי I הכיל שמן.
כלי II הכיל מי ברז.
לאחר כמה שעות הופיעו כתמי חלודה על אחת משתי הלוחיות.
באיזה כלי הופיעו כתמי החלודה? נמק.

התשובה:

בכלי II.
בכלי II לוחית הברזל טבולה במי ברז. המים הם מגיב בתהליך הקורוזיה.

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

תת-סעיף ii (הציון 88)

טבלו לוחיות ברזל בשני כלים III-IV .
כלי III הכיל מי ברז שלתוכם הוזרם חמצן, $O_2(g)$.
כלי IV הכיל מי ברז שלתוכם הוזרם פחמן דו-חמצני, $CO_2(g)$.
לאחר כמה שעות הופיעו כתמי חלודה על אחת משתי הלוחיות.
באיזה כלי הופיעו כתמי החלודה? נמק.

התשובה:

בכלי III .
לכלי III מזרימים חמצן שהוא מגיב בתהליך הקורוזיה.

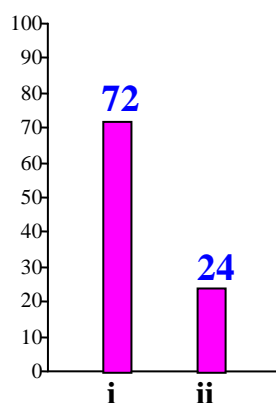
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

הציונים של שני הסעיפים גבוהים. רוב התלמידים הכירו את תהליכי הקורוזיה, ניתחו מידע הנתון בתחילת השאלה, וקבעו שתהליך הקורוזיה יתרחש בכלי שבו ברזל מגיב עם מים וחמצן. התלמידים המעטים שטעו לא הבינו מהו התהליך המתרחש בכלים, בחרו בכלים לא נכונים וניסו לנמק את בחירתם:

- "כפלי I. שאן יכול לזכור קשרים רבים יותר עם ברזל, לכן הקורוזיה בשאן חזקה יותר."
- "כפלי IV. $CO_2(g)$ מזרז את הקורוזיה."

סעיף ג' (הציון 53)

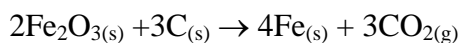
בימי הביניים, כאשר היה צורך להסיר כתמי חלודה מחרבות, הניח הנפח את הכלי החלוד על פחם, $C(s)$, לוהט. הפחם הגיב עם החמצן שבתחמוצת הברזל ונוצר פחמן דו-חמצני, $CO_2(g)$.



תת-סעיף i (הציון 72)

רשום ניסוח מאוזן לתגובה שבין תחמוצת הברזל, $Fe_2O_3(s)$, ובין הפחם, $C(s)$.

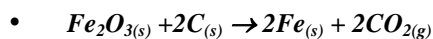
התשובה:



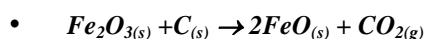
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

הטעויות האופייניות שאותרו הן:

♦ איזון שגוי של ניסוח התגובה, לדוגמה:



♦ רישום $\text{FeO}(\text{s})$ בתוצרים במקום $\text{Fe}(\text{s})$:



תת-סעיף ii (הציון 24)

על פי התגובה שניסחת בתת-סעיף ג i, כמה מול אלקטרונים עוברים בתגובה של 1 מול $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$? נמק.

התשובה:

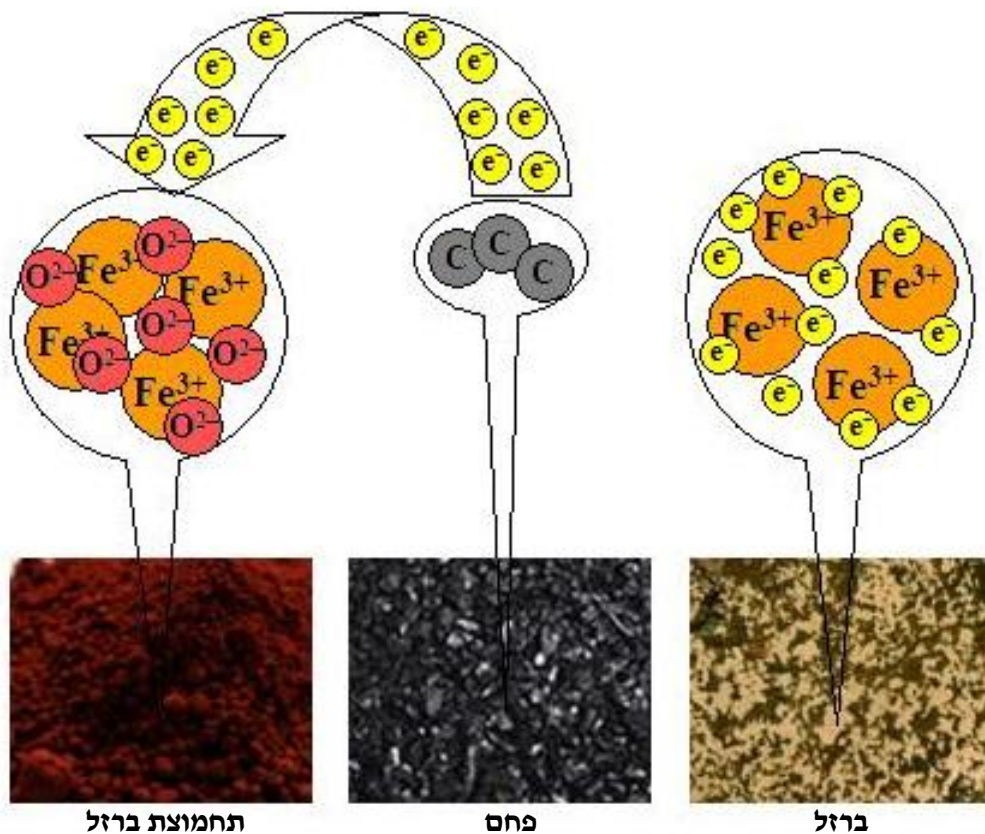
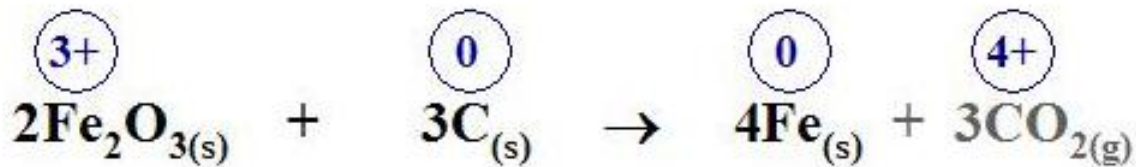
6 מול אלקטרונים.

במול תחמוצת יש 2 מול יוני Fe^{3+} . כל מול של יוני ברזל מושך 3 מול של אלקטרונים.

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

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים לא הצליחו לקבוע את מספר המולים של אלקטרונים העוברים בתגובה של מול תחמוצת. כמעט כל התלמידים שטעו קבעו שעוברים 3 מול אלקטרונים. הם לא הבחינו בכך שבכל מול תחמוצת יש שני מולים של יוני ברזל.

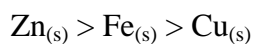
תרגילים מסוג זה קשים לחלק מהתלמידים. אחת הדרכים להמחיש את השינויים המתרחשים בתגובות מסוג זה היא בעזרת האיור הבא:

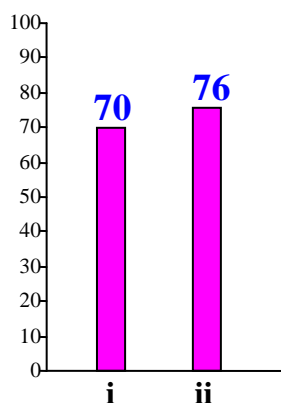


האיור מתאים לניסוח המאוזן של התגובה. אפשר לראות שבשני מול $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ יש ארבעה מול יוני Fe^{3+} והם מושכים 12 מול אלקטרונים. לכן מול אחד של $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ ימשוך 6 מול אלקטרונים.

סעיף ד' (הציון 73)

בימינו מגנים על הברזל מפני קורוזיה בשיטות שונות. כדי להגן על צינור ברזל מפני קורוזיה מחברים אליו לוח עשוי מתכת אחרת. לפניך נוסחאות של שלוש מתכות המדורגות על פי הכושר היחסי של המתכת לחזר:





תת-סעיף i (הציון 70)

באיזו מתכת - אבץ, $Zn_{(s)}$, או נחושת, $Cu_{(s)}$ - יש להשתמש כדי להגן על צינור הברזל מפני קורוזיה? נמק.

התשובה:

יש להשתמש בלוח אבץ. אבץ הוא מחזור טוב מברזל, ולכן האבץ יעבור חמצון במקום הברזל.

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מכך שחלק מהתלמידים לא ידעו לפרש נכון את הנתונים על הכושר היחסי של מתכת לחזר, ולקשר בין נתונים אלה להתרחשות או אי-התרחשות התגובות בין המתכת הנתונה לבין יוני המתכות הנוספות. הופיעו טעויות משני סוגים עיקריים:

- קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "יש להשתמש בנחושת, מפני שהיא מחזר טוב יותר מברזל."
 - "נחושת מתאימה, בגלל שהיא מחזר חלש יותר מאשר ברזל."
 - "יש להשתמש בנחושת, מפני שיוני נחושת מחמצנים את ברזל ובכך מונעים ממנו לעבור קורוזיה."
 - "נחושת, מפני שהיא מחמצנת יותר מברזל."
- קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי:
 - "יש להשתמש באבץ. כושר החיזור שלו גבוה יותר, ולכן הוא לא יאסור אלקטרונים בקלות."
 - "יש להשתמש באבץ, כי האמנה האישי שלו עובר קורוזיה בדומה לאמנה הברזל, ובכך תימנע קורוזיה נוספת."

הטעויות משני הסוגים מצביעות על בלבול במושגים: חמצון, חיזור, מחמצן, מחזור.

מומלץ לבצע עם התלמידים פעילות מתוקשבת "חמצון-חיזור לקביעת השורה האלקטרוכימיה"
<http://stwww.weizmann.ac.il/G-CHEM/animationsindex/Redox/home.html>
בנוסף לניסויים המופיעים בפרק הראשון בספר "כימיה... זה בתוכנו", מאת ד"ר דבורה קצביץ,
נעמי ארנסט, רונית ברד, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע.

תת-סעיף ii (הציון 76)

הצע שיטה נוספת להגנה על צינור הברזל מפני קורוזיה. הסבר כיצד השיטה שהצעת מונעת קורוזיה של הברזל.

התשובה:

שיטה אחת מבין:

- ציפוי הברזל בשכבה של צבע (או קרמיקה, או פולימר, או מתכת שהיא מחזור גרוע), המבודדת את הברזל מהסביבה ומונעת מגע עם חמצן ומים.
 - טיפול בסביבה - ייבוש האוויר שמונע מגע של ברזל עם המים.
 - ציפוי הברזל בשכבה של אבץ (גיליון). שכבת האבץ מבודדת את הברזל מהסביבה (וגם מגנה עליו).
 - יצירת סגסוגת (פלדה) על ידי הוספת מתכות כמו כרום וניקל.
- הסגסוגת מתכסה בשכבת התחמוצת $Cr_2O_3(s)$ שמונעת מגע של הסגסוגת עם חמצן ומים.

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

רוב התלמידים הכירו את השיטות להגנה על חפץ העשוי מברזל מפני קורוזיה, ידעו ליישם את הידע ולהציע שיטה מתאימה. יחד עם זאת חלק מהתלמידים הציעו שיטות לא הגיוניות - פעולות שלא מתאימות כלל להגנה מפני קורוזיה. דוגמאות להצעות שגויות:

- "לצפות את הצינור בחומצה או בקסוס, שיאילו את המים במקום הפרזל, וכך לא תיווצר תחמוצת ברזל".
- "הרחקת חומרים שאורמים לקורוזיה, לדוגמה - אוויר מהסביבה בה הוא N_2 א".
- "לצפות צינור בפחם לזהו שיאילו את החמצן לקבלת $CO_2(g)$ ".

הצעות אלה נובעות מחוסר ידע והבנה - איך אפשר להגן על חפץ העשוי מברזל מפני קורוזיה ומהם התהליכים המתרחשים או הנמנעים בכל אחת מהשיטות.

במדריך למורה לספר הלימוד מומלץ לבצע עם התלמידים פעילות בנושא הקרוזיה : ניסוי 44 - מסמרים וחלודה - מתוך מאגר הניסויים "כימיה בגישה חוקרת":

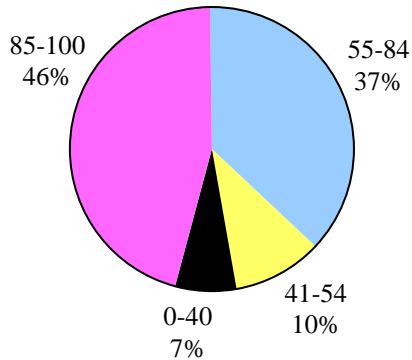
<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/heker/>

בניסוי עוקבים התלמידים אחר תהליך השיתוך של מסמרי ברזל. הניסוי מוצג כניסוי חקר פתוח, וניתן לעבד אותו לרמות חקר שונות ולבצע אותו בווריאציות שונות. איסוף התצפיות בניסוי נמשך כשלושה ימים ויש להיערך לכך מראש.

שאלה 7

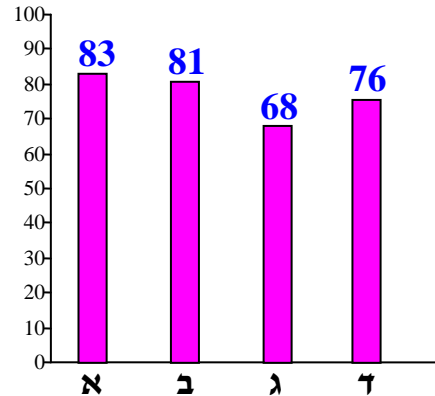
חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 37% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 77

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

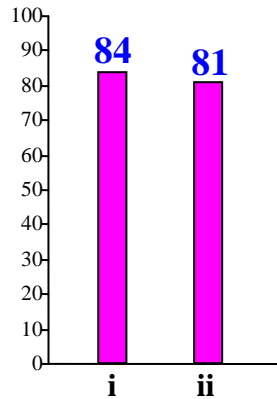
- ◀ חישובים סטויכיומטריים
- ◀ לנסח תגובה על פי תיאור מילולי.
- ◀ לתאר שינויים מאקרוסקופיים על פי ניסוח תגובה נתון.
- ◀ לקבוע את תחום ה-pH של התמיסה לאחר תגובת חומצה-בסיס, על פי הבדיקה אם יש עודף של אחד מהמגיבים.
- ◀ קביעה אם החומצה הנתונה היא חד-, דו- או תלת-פרוטית, על פי מספר המולים של יוני הידרוניום המתקבל בתמיסה ממול אחד של חומצה.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

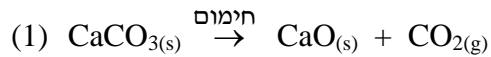
סיד שרוף - סידן חמצני, $\text{CaO}_{(s)}$ - הוא מרכיב חשוב של בטון, מלט וחומרי בנייה נוספים.
 סיד כבוי - סידן הידרוקסידי, $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$ - משמש לבנייה ולצביעה.

סעיף א' (הציון 83)



תת-סעיף i (הציון 84)

סיד שרוף מפיקים על ידי קלייה של אבן גיר - סידן פחמתי, $\text{CaCO}_{3(s)}$ - על פי תגובה (1):



מהי המסה של $\text{CaCO}_{3(s)}$ הדרושה להפקת 112 קילוגרם $\text{CaO}_{(s)}$? פרט את חישוביך.

התשובה:

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

המסה המולרית של $\text{CaO}_{(s)}$:

$$\frac{112,000 \text{ gr}}{56 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 2000 \text{ mol}$$

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

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ-1 מול של $\text{CaCO}_{3(s)}$ מתקבל 1 מול $\text{CaO}_{(s)}$,

לכן מספר המולים של $\text{CaCO}_{3(s)}$ שהגיבו הוא 2000 מול.

$$100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

המסה המולרית של $\text{CaCO}_{3(s)}$:

$$100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 2000 \text{ mol} = 200,000 \text{ gr} = 200 \text{ kg}$$

המסה של $\text{CaCO}_{3(s)}$ הדרושה:

או טבלה מסכמת לתת-סעיף א' i:

$\text{CaCO}_{3(s)} \xrightarrow{\text{חימום}} \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$		
100	56	מסה מולרית (גרם למול)
1	1	יחס המולים בניסוח תגובה
2000 ←	← 2000	מספר מולים נתון/נדרש בניסוי ספציפי
200,000	112,000	מסה נתונה/נדרשת בניסוי ספציפי (גרם)

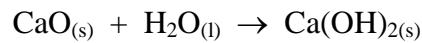
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

הציון גבוה. רוב התלמידים חישובו נכון את המסה של המגיב. הטעויות הופיעו בעיקר במעבר מגרמים לקילוגרמים. היו תלמידים שלא סיימו את החישוב - השאירו את התוצאה במולים ולא חישובו מסה.

תת-סעיף ii (הציון 81)

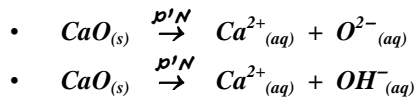
לקבלת סיד כבוי מגיבים סיד שרוף עם מים. נסח את התגובה.

התשובה:

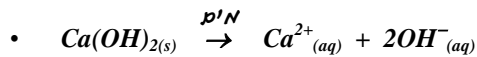


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.

רוב התלמידים ניסחו את התגובה על פי תיאור מילולי של המגיבים והתוצר. יחד עם זאת הופיעו טעויות הנובעות מחוסר הבנה של תפקיד המים - התייחסות למים כמו אל ממס ולא כאל מגיב:

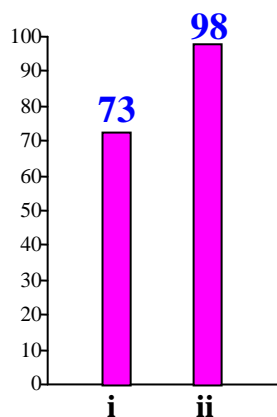


היו תלמידים שניסחו את תהליך ההמסה של התוצר:



סעיף ב' (הציון 81)

מי סיד צלולים, שהם תמיסת $\text{Ca(OH)}_{2(aq)}$, משמשים לזיהוי פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_{2(g)}$, על פי תגובה (2).



תת-סעיף i (הציון 73)

מהו השינוי הנראה לעין במי סיד צלולים המעיד על נוכחות $\text{CO}_{2(g)}$?

התשובה:

התמיסה נעשית עכורה (או: נוצר $\text{CaCO}_{3(s)}$).

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מאי-הבנה שרישום תוצר במצב מוצק בתוצרים - פירושו שהזיהוי של התרחשות התגובה נעשה על פי הופעת המוצק בתמיסה :

• "מצב Fe הא.י." •

• "מוצות Fe א.י. מ.ל." •

יתכן והתלמידים שטעו ביצעו רק ניסויים מעטים במעבדה ואינם רגילים לרשום תצפיות ולפרש אותם. חלק מהתלמידים לא מבחינים בין רמת המאקרו לבין רמת המיקרו :

• "כואיט את ה'ו'ניט האתקפ'יט." •

תת-סעיף ii (הציון 98)

הכינו תמיסת $Ca(OH)_{2(aq)}$ בריכוז 0.015 M. התמיסה הגיבה עם 1.188 גרם $CO_{2(g)}$. המגיבים הגיבו בשלמות. מה היה הנפח של תמיסת $Ca(OH)_{2(aq)}$ שהגיבה? פרט את חישוביך.

התשובה:

המסה המולרית של $CO_{2(g)}$:

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

$$\frac{1.188 \text{ gr}}{44 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.027 \text{ mol}$$

מספר המולים של $CO_{2(g)}$ שהגיבו :

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול $CO_{2(g)}$ מגיב עם 1 מול $Ca(OH)_{2(s)}$,

לכן מספר המולים של $Ca(OH)_{2(s)}$ שהגיבו הוא 0.027 מול.

הנפח של תמיסת $Ca(OH)_{2(aq)}$ לפני התגובה :

$$\frac{0.027 \text{ mol}}{0.015 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = 1.8 \text{ liter}$$

או טבלה מסכמת לתת-סעיף ב ii :

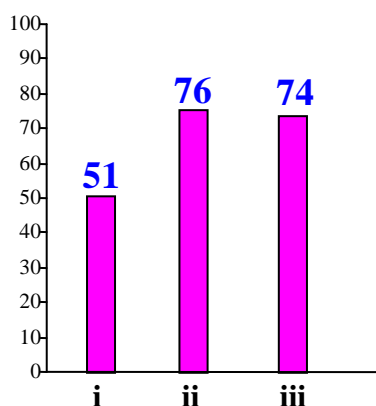
$Ca(OH)_{2(aq)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)} + H_2O(l)$				
	44			מסה מולרית (גרם למול)
1	1			יחס המולים בניסוח תגובה
0.027	← 0.027			מספר מולים נתון/נדרש בניסוי ספציפי
	↑ 1.188			מסה נתונה/נדרשת בניסוי ספציפי (גרם)
0.015				ריכוז מולרי של מומס בתמיסה (M)
↓ 1.8				נפח התמיסה (ליטר)

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה מאוד. התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים וקבעו את נפח התמיסה. לא אותרו טעויות.

סעיף ג' (הציון 68)

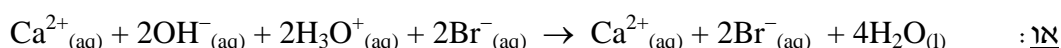
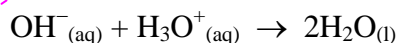
בכל אחד מהכלים I ו-II יש 200 מיליליטר תמיסת $\text{Ca(OH)}_{2(aq)}$ בריכוז 0.02 M. לכלי I הוסיפו 200 מיליליטר תמיסה מימית של חומצת מימן ברומי, $\text{HBr}_{(aq)}$, בריכוז 0.02 M. התרחשה תגובה.



תת-סעיף i (הציון 51)

נסח ואזן את התגובה שהתרחשה בכלי I.

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הציון נמוך, למרות שהשאלה קלה - ניסוח תגובת סתירה כשנתונים המגיבים: בסיס וחומצה. הופיעו ניסוחים שגויים המצביעים על חוסר ידע והבנה מהי תגובת סתירה ואיך מנסחים אותה:

- $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{Br}^-_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$

מומלץ לבצע עם התלמידים את הניסוי המתואר בשאלה, לבקש מהתלמידים לתאר ברמה מיקרוסקופית כל אחת מהתמיסות לפני התגובה ואת התמיסה המתקבלת לאחר התגובה, ואז לבקש לנסח את התגובה שהתרחשה - ניסוח יוני כולל וניסוח נטו.

תת-סעיף ii (הציון 76)

קבע אם ה-pH של התמיסה שהתקבלה בכלי I לאחר התגובה - גדול מ-7, שווה ל-7 או קטן מ-7. נמק את קביעתך.

התשובה:

pH התמיסה שהתקבלה לאחר התגובה גדול מ-7.

התמיסות הן שוות נפח ושוות ריכוז, אך 1 מול Ca(OH)_2 מכיל 2 מול יוני OH^-

ומ-1 מול HBr נוצר בתמיסה מימית 1 מול יוני H_3O^+ .

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול יוני H_3O^+ מגיב עם 1 מול יוני OH^- ,

לכן בתמיסה שהתקבלה לאחר התגובה יישארו יוני OH^- , ו-pH התמיסה יהיה גדול מ-7.

או:

מספר המולים של Ca(OH)_2 ב-200 מיליליטר תמיסת:

$$0.02 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.004 \text{ mol}$$

1 מול Ca(OH)_2 מכיל 2 מול יוני OH^- , מספר המולים של יוני OH^- ב-200 מיליליטר תמיסת:

$$0.004 \text{ mol} \times 2 = 0.008 \text{ mol}$$

מספר המולים של HBr ב-200 מיליליטר תמיסת:

$$0.02 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.004 \text{ mol}$$

מ-1 מול HBr נוצר בתמיסה מימית 1 מול יוני H_3O^+ , מספר המולים של יוני H_3O^+

$$0.004 \text{ mol}$$

ב-200 מיליליטר תמיסת:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול יוני H_3O^+ מגיב עם 1 מול יוני OH^- ,

לכן בתמיסה שהתקבלה לאחר התגובה יישארו יוני OH^- , ו-pH התמיסה יהיה גדול מ-7.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

רוב התלמידים, כולל חלק מאלה שטעו ברישום של ניסוח תגובה, הצליחו לקבוע, בעזרת החישוב, שבתמיסה

המתקבלת יש עודף יוני $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$. הטעויות שאותרו נובעות מחוסר הבנה - איך קובעים את תחום ה-pH

של התמיסה המתקבלת לאחר התרחשות של תגובת סתירה:

• "pH=7 כי זאת תגובת סתירה."

• "pH=7 כי כאילו התגובה הושלמה."

• "pH<7 כי הוסיפו חומצה."

מומלץ לבצע עם התלמידים את הניסוי המוצע בתת-סעיף i עם נפחים שונים של תמיסות בריכוזים שונים. לבקש מהתלמידים לקבוע מראש מה יהיה תחום ה-pH של התמיסה לאחר התגובה, ולבדוק את ה-pH התניסה לאחר כל בדיקה.

תת-סעיף iii (הציון 74)

לכלי II הוסיפו 200 מיליליטר תמיסה מימית של חומצת גפרתית, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ בריכוז 0.02 M. התרחשה תגובה. קבע אם ה-pH של התמיסה שהתקבלה בכלי II לאחר התגובה - גדול מ-pH התמיסה שהתקבלה בכלי I, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

התשובה:

pH התמיסה שהתקבלה לאחר התגובה נמוך מ-pH התמיסה, שהתקבלה בכלי I, הוא שווה ל-7. התמיסות הן שוות נפח ושוות ריכוז. 1 מול $\text{Ca}(\text{OH})_2$ מכיל 2 מול יוני OH^- ומ-1 מול H_2SO_4 נוצרים בתמיסה מימית 2 מול יוני H_3O^+ . על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול יוני H_3O^+ מגיב עם 1 מול יוני OH^- , לכן התמיסה שהתקבלה לאחר התגובה היא נייטרלית, ה-pH שלה שווה ל-7.

או:

מספר המולים של $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ב-200 מיליליטר תמיסת:

$$0.02 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.004 \text{ mol}$$

1 מול $\text{Ca}(\text{OH})_2$ מכיל 2 מול יוני OH^- , מספר המולים של יוני OH^- ב-200 מיליליטר תמיסת: 0.004

$$\text{mol} \times 2 = 0.008 \text{ mol}$$

מספר המולים של H_2SO_4 ב-200 מיליליטר תמיסת:

$$0.02 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2 \text{ liter} = 0.004 \text{ mol}$$

מ-1 מול H_2SO_4 נוצרים בתמיסה מימית 2 מול יוני H_3O^+ ,

מספר המולים של יוני H_3O^+ ב-200 מיליליטר תמיסת: 0.008 mol

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול יוני H_3O^+ מגיב עם 1 מול יוני OH^- ,

לכן התמיסה שהתקבלה לאחר התגובה היא נייטרלית, ה-pH שלה שווה ל-7.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלוס היא יישום

הטעויות שנתגלו בתת-סעיף זה דומות לאלה שהופיעו בתת-סעיף ii - יתכן שאותם התלמידים טעו בשני תת-סעיפים. תלמידים אלה לא ידעו איך קובעים את תחום ה-pH של התמיסה המתקבלת לאחר התרחשות

של תגובת סתירה. הם לא ערכו השוואה עם המערכת שבכלי הראשון וגם לא ביצעו חישובים, אלא קבעו את תחום ה-pH באופן שרירותי:

- "pH נ'טרלי, כיוון שהתרחשה תגובת סתירה."
- "pH < 7 כי הוסיפו חומצה."

סעיף ד' (הציון 76)

לאחר סיום העבודות באתר הבנייה נשאר 444 גרם סיד כבוי, $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$. נטרלו אותו באמצעות תמיסה מימית המכילה 6 מול חומצה A. התרחשה תגובה שבה המגיבים הגיבו בשלמות. קבע אם תמיסת החומצה A היא תמיסת $\text{HNO}_{3(aq)}$ או תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$. פרט את חישוביך ונמק.

התשובה:

תמיסת החומצה היא תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$.
 המסה המולרית של $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$:

$$74 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

$$\frac{444 \text{ gr}}{74 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 6 \text{ mol}$$

מספר המולים של $\text{Ca(OH)}_{2(s)}$ ב-444 גרם

1 מול Ca(OH)_2 מכיל 2 מול יוני OH^- , מספר המולים של יוני OH^- :

$$6 \text{ mol} \times 2 = 12 \text{ mol}$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול יוני OH^- מגיב עם 1 מול יוני H_3O^+ ,

לכן 12 מול יוני OH^- מגיבים עם 12 מול יוני H_3O^+ .

מספר המולים של יוני H_3O^+ הנוצרים בתמיסה מימית		חומצה
מ-6 מול חומצה	מ-1 מול חומצה	
6	1	HNO_3
12	2	H_2SO_4

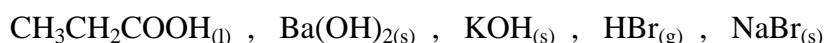
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

רוב התלמידים הצליחו לקבוע שזוהי תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ בעזרת חישוב מתאים. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מכך שתלמידים סבורים שממול אחד של כל חומצה נוצר בתמיסה מימית מול אחד של יוני הידרוניום, ולכן כתבו שאם יש 6 מול חומצה, אז היא חד-פרוטית.

שאלה לתרגול בנושא חומצות ובסיסים :

בשאלה נבחין בין חומצה חזקה לחומצה חלשה ונבדוק כיצד משתנה pH בערבוב תמיסות.

המיסו 0.1 מול מכל אחד מהחומרים הנתונים במים :



נפח של כל תמיסה היה 100 מ"ל.

א. נסח את התהליכים המתרחשים בעת המסה במים של כל אחד מהחומרים הנתונים.

ב. כל התמיסות שהתקבלו הן חסרות צבע.

הצע בדיקה שבאמצעותה אפשר להבחין :

i בין תמיסת $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}_{(\text{aq})}$ לבין תמיסת $\text{KOH}_{(\text{aq})}$

ii בין תמיסת $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}_{(\text{aq})}$ לבין תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$

iii בין תמיסת $\text{NaBr}_{(\text{aq})}$ לבין תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$

iv בין תמיסת $\text{Ba}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ לבין תמיסת $\text{KOH}_{(\text{aq})}$

ג. סדר את התמיסות של החומרים הנתונים על פי pH עולה. הסבר את הסדר שהצעת.

ד. מערבבים תמיסת $\text{Ba}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ עם תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$.

i נסח את התגובה.

ii מהו תחום ה-pH בתום התגובה : חומצי, ניטרלי או בסיסי? נמק את קביעתך.

ה. מערבבים תמיסת $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ עם תמיסת $\text{HBr}_{(\text{aq})}$.

i נסח את התגובה.

ii קבע אם pH התמיסה בתום התגובה יהיה גדול מ-pH התמיסה שתוארה בסעיף ד', קטן

ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

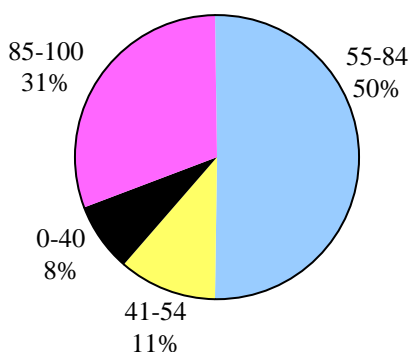
ו. אם מערבבים את תמיסת $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ עם אחת מהתמיסות הנתונות לעיל, ה-pH עולה.

קבע מהי התמיסה. הסבר.

שאלה 8

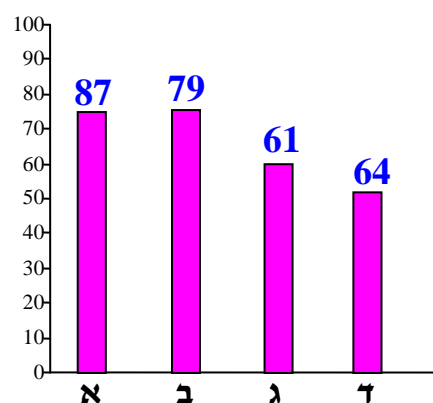
שומנים

פיזור ציונים
בחרו בשאלה 52% מהתלמידים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 72

ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- צורות ייצוג שונות של חומצות שומן וטריגליצרידים: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה ונוסחה מולקולרית.
- מושגים "רווי", "לא-רווי" וההבדל ביניהם.
- הבדלים בין חומצות שומן לבין טריגליצרידים.
- לנסח תהליך אסטור ליצירת טריגליצריד.
- להשוות חוזק אינטראקציות בין מולקולות של חומצות שומן מסוגים שונים.
- גורמים המשפיעים על חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס:
 - אורך השרשרות הפחמימניות (גודל ענני האלקטרונים),
 - מספר הקשרים הכפולים בכל מולקולה של חומצת שומן.
- אפשרויות ליצירת כוחות בין מולקולריים בין מולקולות הממס לבין מולקולות המומס.
- כללי מסיסות של חומרים מולקולריים ושל חומרים יוניים.
- תכונות החומרים - מולקולריים ויוניים.
- חלקיקים עם קצה הידרופילי וקצה הידרופובי.

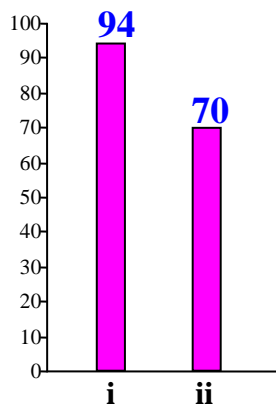
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

שמן זית הוא מרכיב חשוב בתזונה בארצות הים התיכון. הטריגליצריד טריאולאין הוא מרכיב עיקרי של שמן זית. טריאולאין נוצר בתגובה בין חומצה אולאית וגליצרול, $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$.

סעיף א' (הציון 87)

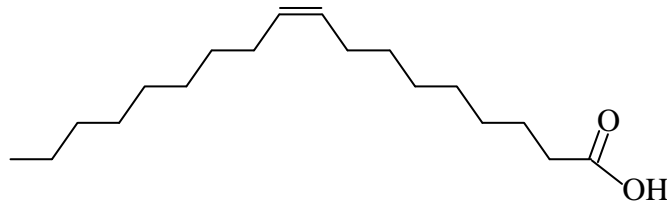
הרישום המקוצר של חומצה אולאית הוא: $\text{C18:1}\omega 9 \text{ cis}$



תת-סעיף i (הציון 94)

רשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה אולאית.

התשובה:



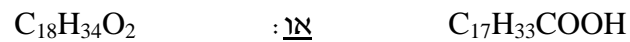
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו לרשום ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה אולאית. כמעט ולא אותרו טעויות. תלמידים בודדים לא ציינו קבוצה קרבוקסילית.

תת-סעיף ii (הציון 70)

רשום את הנוסחה המולקולרית של חומצה אולאית.

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא מספור שגוי של אטומי פחמן ואטומי מימן:

- $C_{17}H_{36}O_2$
- $C_{20}H_{40}O_2$

סעיף ב' (הציון 79)

הרישום המקוצר של חומצה סטארית הוא C18:0. קבע אם האינטראקציות בין המולקולות של חומצה אולאית חזקות מהאינטראקציות בין המולקולות של חומצה סטארית או חלשות מהן. נמק את קביעתך.

התשובה:

האינטראקציות בין מולקולות של חומצה אולאית חלשות מן האינטראקציות בין מולקולות של חומצה סטארית. למולקולות של חומצה סטארית ולמולקולות של חומצה אולאית ענני אלקטרוניים דומים (ומספר מוקדים שווה ליצירת קשרי מימן). קשר הכפול במולקולה של חומצה אולאית יוצר כיפוף במולקולה. לכן צפיפות האריזה תהיה קטנה יותר (המרחק בין המולקולות גדול יותר), אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות יותר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

רוב התלמידים ידעו להשוות חוזק אינטראקציות בין מולקולות של חומצות שומן מסוגים שונים. הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה הופיעו בעיקר בהסברים - גם לקביעה הנכונה וגם לקביעה השגויה. אפשר למיין טעויות אלה לשלושה סוגים עיקריים:

1. חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין אינטראקציות בין מולקולריות:

- "הקשרים fe חומצה סטארית חזקים יותר וקוטביים יותר. קשר $C-C$ פחות קוטבי מקשר $C-H$ ".

- "הקשרים שבוצאים במולקולה..."

- "בחומצה אולאית קשר כפול, לכן משיכה חזקה יותר."

- "בחומצה אולאית אינטראקציות חזקות יותר בגלל שיש לה קשר כפול."

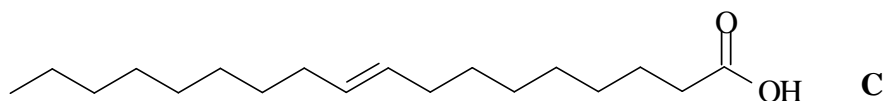
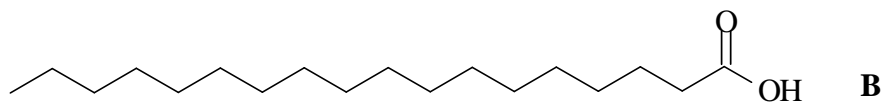
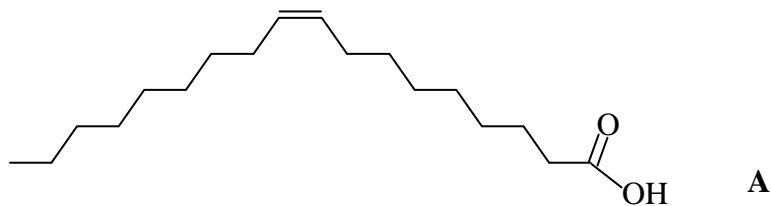
2. חוסר התייחסות לכך שגודל ענני האלקטרונים במולקולות של שתי החומצות דומה. היו תלמידים שתיארו את ענני האלקטרונים במולקולות של חומצה אולאית כקטנים יותר - פחות שני אטומי מימן במולקולה.

3. חוסר התייחסות לגורם של צפיפות האריזה והשפעתו על חוזק אינטראקציות בין מולקולריות. היו תלמידים שהזכירו את צפיפות האריזה, אך לא ידעו להסביר גורם זה:

- "חומצה סטארית רוויה, לכן אריזה צפופה."

שאלה לתרגול:

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחות מבנה של שלוש חומצות שומן A, B, C:



i. א. ציין לגבי כל אחת מהחומצות אם היא רוויה או לא רוויה. נמק.

ii קבע לגבי החומצות המתאימות אם הן מופיעות במבנה cis או במבנה trans. נמק.

iii רשום נוסחאות רישום מקוצרות לשלוש החומצות.

ב. i האינטראקציות בין מולקולות חומצה A חלשות מהאינטראקציות בין מולקולות חומצה C. הסבר מדוע.

ii האינטראקציות בין מולקולות חומצה C חלשות מהאינטראקציות בין מולקולות חומצה B. הסבר מדוע.

תשובות:

א i B - חומצת שומן רוויה. מולקולות של חומצת שומן רוויה לא מכילות קשרים כפולים. A ו-C - חומצות שומן לא רוויות. מולקולה של חומצת שומן לא רוויה מכילה קשר כפול אחד לפחות.

ii A מצויה במבנה cis ואילו C מצויה במבנה trans. במבנה cis אטומי המימן מופיעים באותו צד של הקשר הכפול C=C, ואילו במבנה trans אטומי המימן מופיעים משני הצדדים של הקשר הכפול.

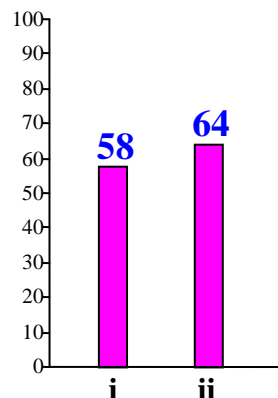
A C18:1 ω 9 cis iii

B C18:O

C C18:1 ω 9 trans

ב. i קיום קשר כפול גורם ליצירת אזור קשיח במולקולה, שאינו גמיש ויוצר כיפוף במולקולות. דבר זה מפריע להתקרבות המולקולות אחת לשנייה ויוצר אריזה פחות צפופה. המרחקים בין המולקולות של חומצה C יהיו גדולים יותר (בהשוואה ל-B) ולכן הכוחות הבין מולקולריים שביניהן - אינטראקציות ון-דר-ואלס, בנוסף לקשרי המימן, יהיו חלשים יותר. ii מולקולות של חומצות שומן לא רוויות בסידור ציס כפופות יותר מאשר מולקולות המצויות בסידור טראנס עם אורך שרשרת זהה, ולכן הן מתארגנות באריזה עוד פחות צפופה, אינטראקציות ון-דר-ואלס תהיינה עוד יותר חלשות.

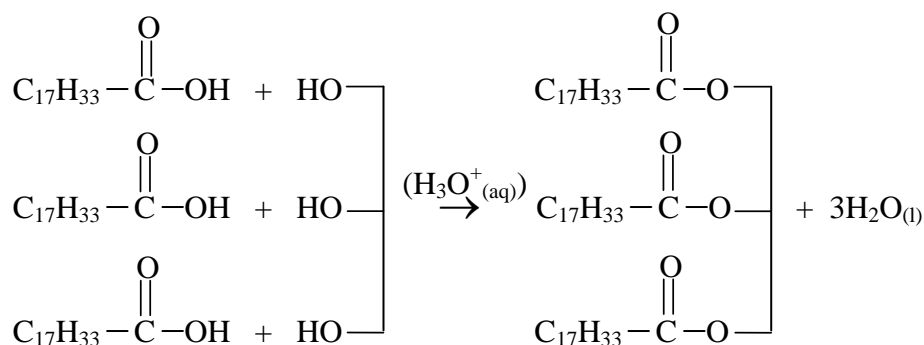
סעיף ג' (הציון 61)



תת-סעיף i (הציון 58)

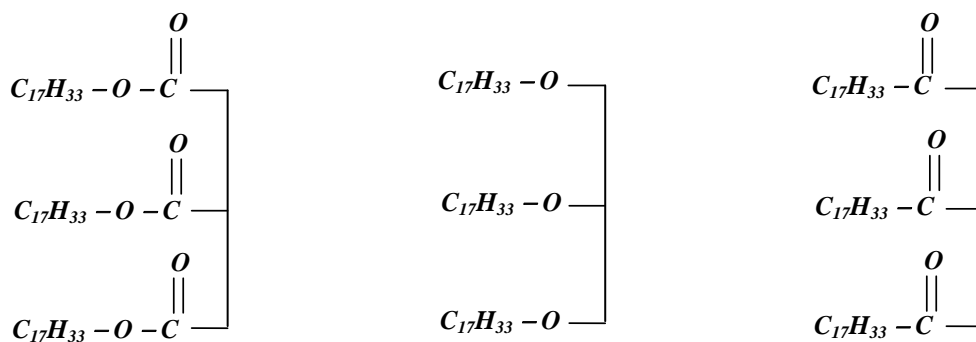
נסח את התגובה בין גליצרוֹל ובין חומצה אולאית ליצירת טריאולאין.

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלוס היא יישום

הציון נמוך. ניסוח תגובה ליצירת טריגליצריד היה קשה לתלמידים רבים. רוב הטעויות הופיעו ברישום קבוצות אסטר:



טעויות נוספות הן רישום שורות נפרדות עם קבוצות אסטר: $\text{C}_{17}\text{H}_{33}-\text{COO}-\text{CH}_2$

מומלץ לעבור עם התלמידים על המצגת: "שומנים ושמנים - עובדות מפתיעות" של ד"ר אורית הרשקוביץ וד"ר צבייה קברמן, הטכניון, חיפה:

<http://edu.technion.ac.il/chemical-education/yehidot/taste/presentations.html>

תת-סעיף ii (הציון 64)

לטריאולאין מסיסות זניחה במים. הסבר עובדה זו.

התשובה:

מולקולות טריאולאין הן מולקולות גדולות (ענני אלקטרוניים גדולים). אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות טריאולאין חזקות יחסית. מספר המוקדים ליצירת קשרי מימן במולקולות טריאולאין הוא קטן מאוד, לכן נוצרים מעט קשרי מימן בין מולקולות הטריאולאין לבין מולקולות המים. לכן לטריאולאין מסיסות זניחה במים.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון נמוך יחסית. תלמידים רבים לא ידעו להסביר מדוע המסיסות של טריאולאין במים זניחה. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר התייחסות להיווצרות או לאי-היווצרות של כוחות בין מולקולות המומס לבין מולקולות הממס. בהסברים הופיעו טעויות משלושה סוגים עיקריים:

- ♦ התייחסות לכוחות בין מולקולריים במומס ובממס בנפרד:
- ♦ "בין המולקולות של טריאולאין יש אינטראקציות ון-דר-ואלס."
- ♦ "במים יש קשרי מימן בין מולקולות."
- ♦ ציון של סוג החומר במקום הסבר:
- ♦ "טריאולאין לא מתמוסס במים, כי הוא שמן."
- ♦ "המסיסות של טריאולאין במים זניחה, כי זה חומר מולקולרי מוצק."
- ♦ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים:
- ♦ "במולקולות של טריאולאין פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס."
- ♦ "במים יש קשרי מימן במולקולות."

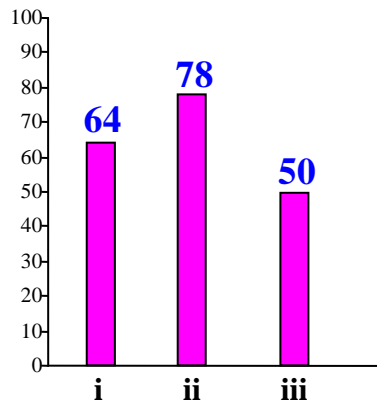
טעות נוספת היא חוסר התייחסות למספר המוקדים ליצירת קשרי מימן במולקולות טריאולאין שהוא קטן מאוד.

סעיף ד' (הציון 64)

שמן זית משמש גם לייצור סבון. הסבון מתקבל בתגובה בין טריאולאין ובין תמיסת $\text{NaOH}_{(aq)}$. נוסחת הסבון שנוצר היא:



אפשר להשתמש בסבון זה כדי לנקות כתמי שמן מבגדים. בשפשוף הבגד בסבון, הסבון נקשר אל הכתמים השומניים. להורדת הסבון והכתם שוטפים את הבגד במים. לפניך שלושה היגדים i-iii הנוגעים לסבון שמיוצר משמן זית. קבע עבור כל אחד מן ההיגדים אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.



תת-סעיף i (הציון 64)

הסבון הוא חומר מולקולרי.

התשובה:

לא נכון.

הסבון הוא חומר יוני הבנוי מיוני Na^+ ויונים שליליים של חומצה אולאית.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלוס היא יישום

הציון נמוך יחסית. הקביעה והנימוק דורשים ידע והבנה של תכונות החומרים - מולקולריים ויוניים, ושל קצה הידרופילי וקצה הידרופובי בחלקיקים מסוימים. חלק מהתלמידים מתבלבלים בין המושגים: מולקולה, יון, מתכת, חומר יוני, חומר מולקולרי. אותרו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

- קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
 - "נכון. זה חומר מולקולרי עם קשרי ון-דר-ואלס."
 - "נכון. סבון הוא חומר מולקולרי בעל מולקולות גדולות."
- קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי, הכולל ברוב המקרים התייחסות ליוני נתרן כאל מתכת נתרן:
 - "לא נכון. זה חומר יוני שמכיל מתכת."
 - "לא, סבון הוא חומר יוני, כי במולקולת Na^+ יש מתכת."
 - "לא נכון. סבון הוא חומר יוני, כי יש בו Na^+ - מתכת ויש בו C^{4+} , H^+ , O^{2-} - מתכות."

תת-סעיף ii (הציון 78)

בין הכתם השומני ובין הסבון נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס.

התשובה:

נכון.

היונים השליליים של הסבון מכילים שרשרות פחמימניות ארוכות שיכולות ליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס עם השרשרות הפחמימניות של חומצות השומן שבכתם.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

רוב התלמידים ידעו להסביר את התהליך המתרחש בין הכתם השומני לבין הסבון וקבעו שההיגד הוא נכון. יחד עם זאת הופיעו טעויות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה המלווה בנימוק המתייחס לחומרים יוניים "רגילים" שהיונים בהם אינם גדולים:

• "לא נכון. הסבון הוא חומר יוני ולכן לא יכול ליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס."

• "לא, אינטראקציות ון-דר-ואלס לא נוצרות בין יונים לבין מולקולות."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי הנובע מחוסר הבנה שאינטראקציות ון-דר-ואלס נוצרות בין היונים השליליים של הסבון שמכילים שרשרות פחמימניות ארוכות לבין השרשרות הפחמימניות של חומצות השומן שבכתם:

• "נוצרות קשרים בין הקטבים החיוביים של סבון לבין קטבים שליליים של הכתם."

• "אינטראקציות ון-דר-ואלס קיימות בין הכתם לבין יוני נתרן."

תת-סעיף iii (הציון 50)

כאשר שוטפים את הבגד המסובן במים, נוצרים כוחות משיכה חשמלית בין חלקיקי הסבון ובין מולקולות המים.

התשובה:

נכון.

כאשר מכניסים סבון למים נוצרת משיכה חשמלית בין יוני הנתרן החיוביים לאטומי החמצן, בעלי המטען החלקי השלילי במולקולות המים שמקיפות את היונים, ובין היונים השליליים שבקצות השרשרות ההידרופוביות של הסבון לאטומי המימן בעלי המטען החלקי החיובי במולקולות המים.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הבינו שנוצרים כוחות משיכה חשמליים בין יונים לבין מולקולות המים:

• "לא נכון. כוחות משיכה חשמליים פועלים בסריט היוני כאשר הוא מוצק והם ניתקים

כשממסים אותו. לא נוצרות קשרים חשמליים עם המים. בין מולקולות המים פועלים

קשרי מימן."

• "לא נכון. הסבון יש קבוצות הידרופוביות שאינן יכולות ליצור קשרי מימן עם המים."

• "לא נכון. לא נוצרות כוחות משיכה חשמליים עם מולקולות המים."

מומלץ להראות לתלמידים סרטון על פעילות הסבון :

<http://www.youtube.com/watch?v=nIqH34L-AC4&feature=related>

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה 2 מבחינת הברורות משנת תשס"ז - שאלון מפמ"ר. השאלון והמחווה נמצאים באתר המפמ"ר, בדף :

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/Haarac hatTalmidim/BchinotBagrutRagil/Sheelonim.htm