

ניתוח תוצאות של בחינת הבגרות בכימיה 3 יחידות לימוד על פי התוכנית החדשה שאלון 37303 תש"ע

הוכן על-ידי: בוגרי תקורסים להכשרת מורים מובילים
במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה

בראשות: זיוה בר-דב

צוות הכתיבה: אסתר ברקוביץ

ידידה גוטליב

מוחמד גרה

אורית מולוידזון

אלה פרוטקין-זילברמן

מיכאל קויפמן

עדינה שינפלד

נאוה תמם

יעוץ מדעי ופדגוגי: ד"ר ניצה ברנע, מפמ"ר כימיה

פרופ' אבי הופשטיין

ד"ר רחל ממלוק-נעמן

דצמבר 2010



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים



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



המרכז הארצי למורי הכימיה



המחלקה להוראת המדעים

ניתוח תוצאות של בחינת הבגרות בכימיה תש"ע

על פי התוכנית החדשה, שאלון 37303

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות נעשה השנה על ידי מורים מנוסים, בעלי ניסיון רב בהכנה ובהגשה לבגרות, בוגרי הקורסים להכשרת מורים 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 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 המכילה 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).

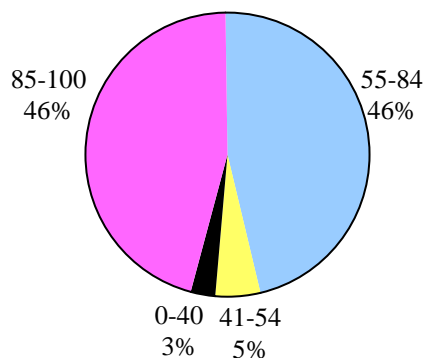
ניתוח השאלות הפתוחות מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני תת-סעיפים) ועל טעויות אופייניות שאותרו על-ידי מעריכי בחינת הבגרות.

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

השנה ניגשו לבחינה על פי התוכנית החדשה **4031** תלמידים. על-פי הממצאים של מכון סאלד:

ציון ממוצע של הבחינה **79**, ציון שנתי ממוצע **85** וציון סופי ממוצע **82**.

התפלגות ציוני בחינה על-פי הממצאים של מכון סאלד



ניתוח תוצאות של שאלה 1 - החלק הרב ברירתי

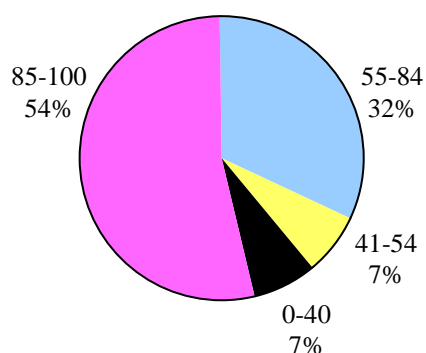
בבחינת הבגרות תש"ע

על פי התוכנית החדשה

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 **79**.

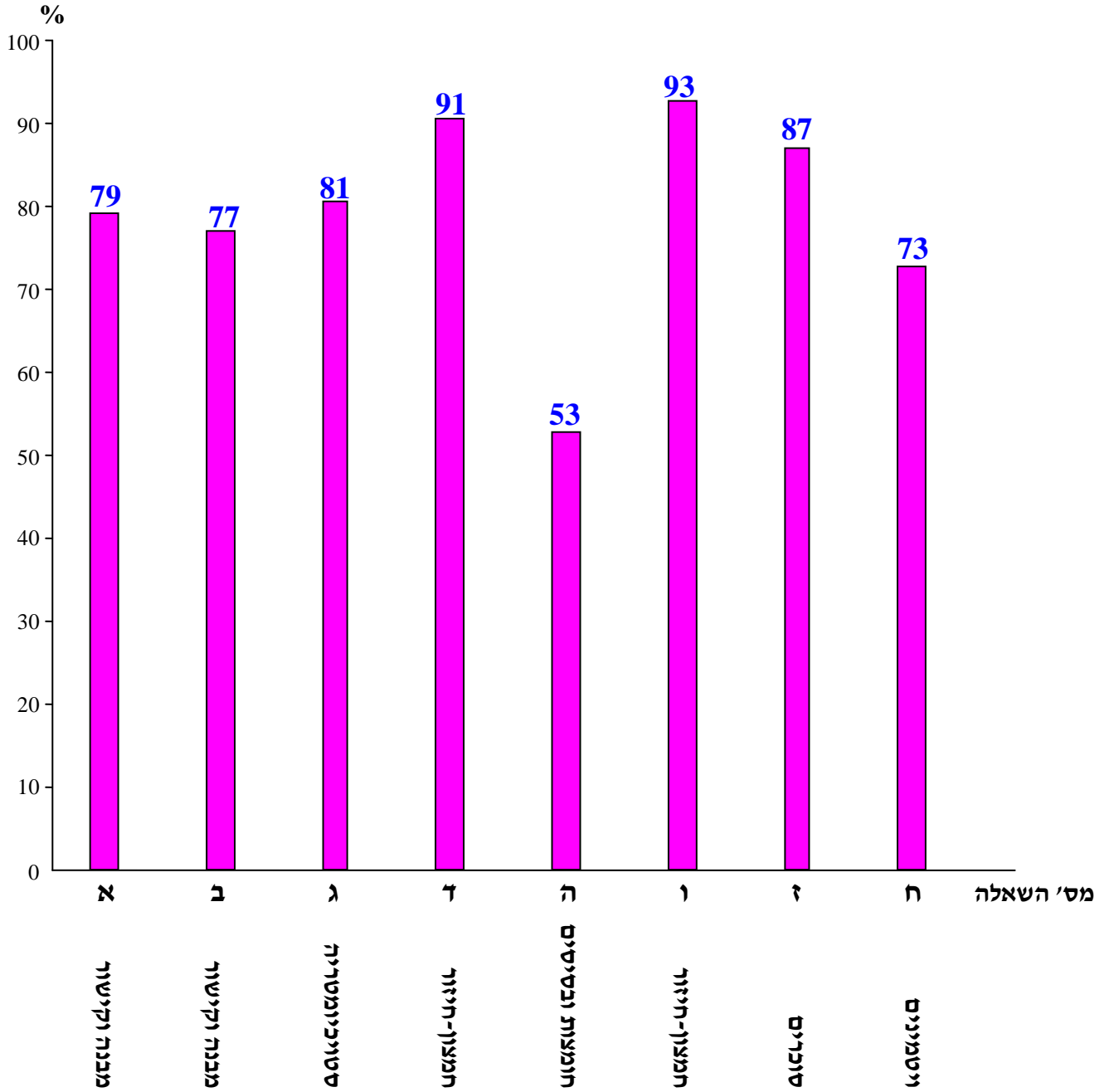
פיזור ציונים על-פי הממצאים של מכון סאלד



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

נושא	מבנה האטום	מבנה וקישור	סטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור	חומצות ובסיסים	סוכרים	ויטמינים
סעיף	א	ב	ג	ד	ה	ז	ח
ציון	79	77	81	91	93	87	73

ציונים ממוצעים לכל אחד מהסעיפים של שאלה 1



שאלה 1

ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 79

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

רמת חשיבה לפי בלום	סעיף
יישום	א
יישום	ב
יישום	ג
יישום	ד
יישום	ה
אנליזה	ו
יישום	ז
יישום	ח

סעיף א'

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על חמישה אטומים שסומנו באופן שרירותי באותיות a, b, c, f, g .

האטום	מספר אטומי	מספר מסה
a	10	20
b	11	24
c	12	24
f	16	32
g	16	35

מהי הקביעה הנכונה?

- 7% אנרגיית היינון הראשונה של אטום **a** היא הנמוכה ביותר.
- 2% האטומים **b** ו-**c** הם איזוטופים.
- 12% המטען הגרעיני של אטום **f** קטן מהמטען הגרעיני של אטום **g**.
- 79% **לאטומי f ו-g יש אותו רדיוס.**

הנימוק:

התשובה הנכונה - 4 .

אטומי f ו-g הם איזוטופים. המטען הגרעיני שלהם זהה - בגרעינים שלהם יש מספר זהה של פרוטונים ובאטומים - מספר זהה של אלקטרונים ומספר שווה של רמות אנרגיה. לכן לאטומים אלה יש אותו רדיוס אטומי - המרחק בין האלקטרונים שברמת האנרגיה החיצונית לבין הגרעין זהה. השוני הוא במספר הנויטרונים (מספר מסה שונה).

מסיח 1 אינו נכון.

מיקום האטומים הנתונים במערכת המחזורית:

							$^{20}_{10}\text{a}$
$^{24}_{11}\text{b}$	$^{24}_{12}\text{c}$				$^{32}_{16}\text{f}$ $^{35}_{16}\text{g}$		

אנרגיית היינון הראשונה של אטום a היא הגבוהה ביותר בין האטומים הנתונים, כי המרחק בין גרעין האטום לאלקטרון שעוזב את האטום כתוצאה מהשקעת אנרגיית יינון, הוא הקטן ביותר (אלקטרון זה נמצא ברמת האנרגיה השנייה). לכן כוחות המשיכה בין הגרעין לבין אלקטרון זה חזקים ביותר. מסיח 2 אינו נכון. האטומים b ו-c אינם איזוטופים, כי מספר הפרוטונים בגרעינים שלהם שונה. מסיח 3 אינו נכון. אטומי f ו-g הם איזוטופים - בגרעינים שלהם יש מספר זהה של פרוטונים, ז.א. המטען הגרעיני שלהם זהה.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ המושג "רדיוס אטומי".
- ◀ גורמים המשפיעים על רדיוס אטומי.
- ◀ המושג "איזוטופים".
- ◀ מהי אנרגיית יינון ראשונה של אטום.
- ◀ גורמים המשפיעים על ערך אנרגיית יינון.
- ◀ מושגים הקשורים למבנה האטום: מטען גרעיני של אטום - מספר פרוטונים בגרעין - מספר אטומי, מספר נויטרונים בגרעין, מספר מסה, אלקטרונים - היערכות אלקטרונים באטום על פי רמות אנרגיה.
- ◀ חוק קולון.
- ◀ מבנה המערכת המחזורית ועקרון מחזוריות שעליו המערכת מבוססת.

סיבות אפשריות לטעויות:

12% מהתלמידים בחרו במסיח 3. הם התקשו בהבנת המושג "מטען גרעיני" והתייחסו למספר מסה. הם ידעו שהמסה של אטום מרוכזת בעיקר בגרעין ולכן התבלבלו בינה לבין מטען גרעיני.

7% מהתלמידים בחרו במסיח 1. טעות זו נובעת מקושי ביישום של עקרון המחזוריות או לחלופין בהתמצאות בטבלה המחזורית על פי מספר אטומי. תלמידים אלה לא ידעו ולא הבינו מהם הגורמים המשפיעים על ערך אנרגיית יינון. סיבה אפשרית נוספת לטעות זו היא התייחסות למטען הגרעיני - בלי לשייך את יסוד a לטור 8, ולתלות של אנרגיית היינון במטען הגרעיני על פי חוק קולון.

2% מהתלמידים, שבחרו במסיח 2, לא הבינו את המושג "איזוטופים". הם סברו שהמטען הגרעיני של האטום תלוי במספר השנויטרוניים בגרעין.

סעיף ב'

בטבלה שלפניך מוצג מידע על ארבע מולקולות.

BF ₃	NF ₃	CF ₄	C ₂ F ₂	המולקולה
מישורית משולשת	פירמידה משולשת	טטראהדר	קווית	המבנה המרחבי של המולקולה

לאיזו/לאילו מבין המולקולות הנתונות יש דו-קוטב קבוע?

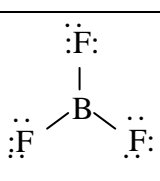
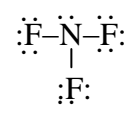
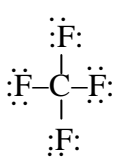
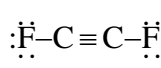
77% 1. ל- NF₃ בלבד.

16% 2. ל- NF₃ ו- BF₃ בלבד.

3% 3. ל- BF₃, NF₃ ו- C₂F₂ בלבד.

4% 4. לכל ארבע המולקולות.

הנימוק:

BF ₃	NF ₃	CF ₄	C ₂ F ₂	המולקולה
מישורית משולשת	פירמידה משולשת	טטראהדר	קווית	המבנה המרחבי של המולקולה
				נוסחת ייצוג אלקטרונית של המולקולה
מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחד	מולקולה לא סימטרית, פיזור מטען אינו אחד	מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחד	מולקולה סימטרית, פיזור מטען אחד	פיזור מטען במולקולה
אין דו-קוטב קבוע	יש דו-קוטב קבוע	אין דו-קוטב קבוע	אין דו-קוטב קבוע	קוטביות המולקולה

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ מבנה מרחבי של מולקולות, פיזור מטען במולקולה.
- ◀ נוסחת מבנה ונוסחת ייצוג אלקטרונית של מולקולה.
- ◀ מיקום היסוד, שהאטום שלו הוא האטום המרכזי במולקולה, במערכה המחזורית.
- ◀ מושג האלקטרושליליות.
- ◀ מהו קשר קוולנטי טהור ומהו קשר קוולנטי קוטבי.
- ◀ לקבוע את קוטביות המולקולה על פי מבנה מרחבי נתון.

סיבות אפשריות לטעויות:

כל התלמידים שטעו לא התייחסו מיקום היסוד, שהאטום שלו הוא האטום המרכזי במולקולה, במערכה המחזורית. למיקום זה יש חשיבות רבה לקיעה של צורת המולקולה (כאן הצורות נתונות) ובקביעת קוטביות המולקולה.

16% מהתלמידים בחרו במסיח 2. טעות זו נובעת מחוסר הבחנה בין שני מבנים של מולקולות: פירמידה משולשת ומבנה משולש מישורי. תלמידים אלה התייחסו למולקולות NF_3 ו- BF_3 , שהנוסחה המולקולרית שלהן דומה, כאל מולקולות בעלות אותו מבנה.

7% מהתלמידים, שבחרו במסיחים 3 ו-4, אינם מבחינים כלל בין מבנים שונים של מולקולות. התלמידים שטעו דלגו על שני שלבים של פתרון: ציור נוסחות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות ובדיקה אם המולקולה סימטרית או לא ואיך מתפזר המטען במולקולה. 3% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3, סבורים שרק במבנה של טטראהדר יש פיזור אחיד של צפיפות אלקטרוניים ולכן רק במולקולה זו אין דו-קוטב קבוע.

בתרגול עם מודלים מומלץ לעמוד על מיקום של אטומי היסודות במערכה המחזורית, וכתוצאה מכך על ההבדלים בין הצורות השונות של המולקולות, תוך הדגשת ההבדלים בין פירמידה משולשת למשולש מישורי, בין צורה קווית לצורה זוויתית, בין טטראהדר לפירמידה משולשת.

סעיף ג'

רופאים ממליצים להגביל את הצריכה של מלח בישול, $\text{NaCl}_{(s)}$, לכן מייצרים מוצר המכיל בנוסף ל- $\text{NaCl}_{(s)}$ גם אשלגן כלורי, $\text{KCl}_{(s)}$.

100 גרם של מוצר זה מכילים 49 גרם $\text{NaCl}_{(s)}$, 49 גרם $\text{KCl}_{(s)}$ ותוספות שונות. מהי הקביעה הנכונה?

1. 6% 100 גרם של מוצר מכילים 24.5 גרם יוני נתרן, Na^+ , בקירוב ו- 24.5 גרם יוני אשלגן, K^+ , בקירוב.

2. 81% 100 גרם של מוצר מכילים 19 גרם יוני נתרן, Na^+ , בקירוב ו- 26 גרם יוני אשלגן, K^+ , בקירוב.

3. 10% 100 גרם של מוצר מכילים 49 גרם יוני כלור, Cl^- , בקירוב.

4. 3% 100 גרם של מוצר מכילים 98 גרם יוני כלור, Cl^- , בקירוב.

הנימוק:

התשובה הנכונה - 2.

מספר המולים של $\text{NaCl}_{(s)}$ ב- 100 גרם מוצר : $\frac{49 \text{ gr}}{58.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.84 \text{ mol}$

מספר המולים של $\text{KCl}_{(s)}$ ב- 100 גרם מוצר : $\frac{49 \text{ gr}}{74.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} = 0.66 \text{ mol}$

בכל מול של $\text{NaCl}_{(s)}$ יש מול יוני Na^+ ומול יוני Cl^- , לכן מספר המולים של יוני Na^+ ויוני Cl^- ב- 49 גרם $\text{NaCl}_{(s)}$ הוא 0.84 מול של כל אחד מהיונים.

בכל מול של $\text{KCl}_{(s)}$ יש מול יוני K^+ ומול יוני Cl^- , לכן מספר המולים של יוני K^+ ויוני Cl^- ב- 49 גרם $\text{KCl}_{(s)}$ הוא 0.66 מול של כל אחד מהיונים.

המסה של יוני Na^+ : $23 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.84 \text{ mol} = 19.26 \text{ gr}$

המסה של יוני K^+ : $39 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 0.66 \text{ mol} = 25.65 \text{ gr}$

מסיחים 3 ו- 4 אינם נכונים, כי המסה של יוני כלור, Cl^- , ב- 100 גרם מוצר :

$35.5 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times (0.84 \text{ mol} + 0.66 \text{ mol}) = 53.25 \text{ gr}$

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- מושג המול.
- מסה מולרית.
- הבדל בין מול תרכובת יונית לבין מול יונים מסוג מסוים שהתרכובת מכילה.
- חישובים סטויכיומטריים: מעבר ממסה למול ולהפך.
- להבחין בין תרכובת לתערובת.
- הבדל בין יחסי המולים של היונים המרכיבים תרכובת יונית לבין יחסי המסה.
- קשר בין נוסחה אמפירית של תרכובת יונית לבין יחסי המולים של היונים המרכיבים את התרכובת.
- חישובים הקשורים בתערובת חומרים.

סיבות אפשריות לטעויות:

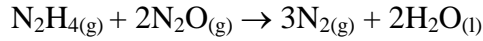
הבעיה העיקרית בשאלה זו היא אי-הבחנה בין יחסי המולים של היונים המרכיבים תרכובת יונית לבין יחסי המסה, התייחסות למסה של תרכובת יונית ושל יונים המרכיבים אותה כאל מספר המולים. 19% מהתלמידים טעו, מכיוון שהשוו בין מסות של יונים בתרכובות יוניות ולא חישבו את מספר המולים של תרכובות יוניות ושל היונים המרכיבים תרכובות אלה.

כדי להבהיר לתלמידים מהו ההבדל בין מול תרכובת יונית לבין מספר המולים של יונים המרכיבים את התרכובת, מומלץ לבקש מהתלמידים להשלים את הטבלה הבאה:

המסה של יונים שליליים במדגם	המסה של יונים חיוביים במדגם	מספר המולים של יונים שליליים במדגם	מספר המולים של יונים חיוביים במדגם	מספר המולים של התרכובת במדגם	המסה של המדגם	התרכובת
					50 גרם	BaO _(s)
				0.03 מול		NaOH _(s)
		0.5 מול				MgCl _{2(s)}
			0.2 מול			Al ₂ O _{3(s)}
	0.8 גרם					Ca(OH) _{2(s)}
0.995 גרם						KClO _{4(s)}
					100 גרם תערובת, המכילה 50 גרם Al ₂ (SO ₄) _{3(s)} ו-50 גרם של MgSO _{4(s)}	Al ₂ (SO ₄) _{3(s)} + MgSO _{4(s)}

סעיף ד'

לפניך תגובת חמצון-חיזור.



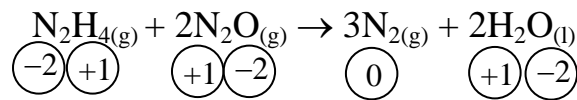
מהי הקביעה הנכונה בנוגע לאלקטרונים שעוברים במהלך התגובה?

- 0% 1. האלקטרונים עוברים מאטומי החמצן שבמולקולות $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ אל אטומי המימן שבמולקולות $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$.
- 2% 2. האלקטרונים עוברים מאטומי המימן שבמולקולות $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ אל אטומי החמצן שבמולקולות $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$.
- 91% 3. האלקטרונים עוברים מאטומי החנקן שבמולקולות $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ אל אטומי החנקן שבמולקולות $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$.
- 7% 4. האלקטרונים עוברים מאטומי החנקן שבמולקולות $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ אל אטומי החנקן שבמולקולות $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$.

הנימוק:

התשובה הנכונה - 3.

דרגות חמצון של אטומי חנקן, חמצן, ומימן במגיבים ובתוצרים:



במהלך התגובה חל שינוי בדרגות חמצון של אטומי החנקן בלבד.

דרגת החמצון של אטומי החנקן שב- $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ ירדה מ- (+1) ל- (0), לכן הם המחמצן.

דרגת החמצון של אטומי החנקן שב- $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ עלתה מ- (-2) ל- (0), לכן הם המחזור.

האלקטרונים עוברים ממחזור למחמצן, לכן האלקטרונים עברו מאטומי החנקן שבמולקולות $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$

לאטומי החנקן שבמולקולות $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ⌄ מושג האלקטרושליליות והשימוש בו לקביעת דרגות חמצון של אטומים במולקולה.
- ⌄ כללים לקביעת דרגות חמצון.
- ⌄ מהי תגובת חמצון-חיזור.
- ⌄ מחמצן ומחזור בתגובת חמצון-חיזור.
- ⌄ קביעת הכיוון של מעבר אלקטרונים בתגובת חמצון-חיזור.

סיבות אפשריות לטעויות:

הבעיה העיקרית בשאלה זו היא בלבול בין מחזור למחמצן, בין מחמצן לחמצון, בין מחזור לחיזור.
7% מהתלמידים שבחרו במסיה 4 התקשו בקביעת הכיוון של מעבר אלקטרונים בתגובת חמצון-חיזור.
2% מהתלמידים שבחרו במסיה 2 התקשו בקביעה מהם האטומים במולקולה אשר משמשים מחמצן או מחזור.

סעיף ה'

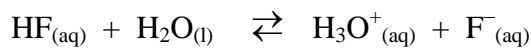
כשממיסים מימן פלואורי, $\text{HF}_{(g)}$, במים מתקבלת תמיסה של חומצת מימן פלואורי, $\text{HF}_{(aq)}$.
חומצה זו חלשה והיא מגיבה עם זכוכית, לכן אפשר בעזרתה לצייר על זכוכית.

מהי הקביעה הנכונה בנוגע לחלקיקים הנמצאים בתמיסת $\text{HF}_{(aq)}$ (בנוסף למולקולות המים)?

- 18% בתמיסה יש יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ ויוני $\text{F}^-_{(aq)}$, ואין בה מולקולות $\text{HF}_{(aq)}$.
- 29% בתמיסה יש בעיקר יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ ויוני $\text{F}^-_{(aq)}$, וכמות קטנה של מולקולות $\text{HF}_{(aq)}$.
- 53% בתמיסה יש בעיקר מולקולות $\text{HF}_{(aq)}$, וכמויות קטנות של יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ ויוני $\text{F}^-_{(aq)}$.
- 0% בתמיסה יש בעיקר יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$, וכמויות קטנות של מולקולות $\text{HF}_{(aq)}$ ויוני $\text{F}^-_{(aq)}$.

הנימוק:

מימן פלואורי, $\text{HF}_{(g)}$, מתמוסס היטב במים, אך לא מגיב עד תום עם המים, לכן נוצרת תמיסה של חומצה חלשה.



בתמיסת $\text{HF}_{(aq)}$ יש גם יונים ממוימים וגם מולקולות.

בתמיסה של חומצה חלשה יש בעיקר מולקולות ממוימות ולכן ריכוז היונים נמוך.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ← מושג חומצה.
- ← הבדל בין חומצה חזקה לחומצה חלשה.
- ← לנסח תהליכים המתרחשים כשממיסים חומצה חלשה במים.
- ← להבחין בין סוגי חלקיקים בתמיסה.
- ← מצב שיווי-משקל.
- ← יחס כמותי בין סוגים שונים של החלקיקים בתמיסה.

סיבות אפשריות לטעויות:

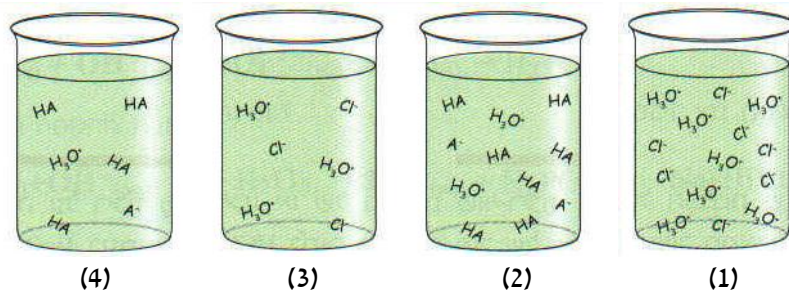
הציון נמוך. הנושא "חומצות ובסיסים חלשים" נלמד לפני הלימוד היסודי של נושא "שיווי-משקל", ולכן תלמידים רבים מתקשים בהבנת התהליכים המתרחשים כשממיסים במים חומצה חלשה או בסיס חלש.

29% מהתלמידים שבחרו במסיח 2 ידעו שבתמיסה יש גם מולקולות של מימן פלואורי וגם יונים, אך התקשו לקבוע מהו היחס בין כמות המולקולות לכמות היונים בתמיסה.

18% מהתלמידים שבחרו במסיח 1 התקשו בהבחנה בין התנהגות במים של חומצה חזקה לזו של חומצה חלשה. הם התייחסו למימן פלואורי כאל חומצה חזקה.

מומלץ להיעזר בהסברים על חומצות חזקות וחלשות (וגם על בסיסים חזקים וחלשים) בפרק ד' "שמירה על איזון - זה כל העניין!" בספר לימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד ודינה רפפורט, מכון ויצמן למדע.

אפשר לנצל את הציור שבעמוד 94 בספר ולפתור עם התלמידים תרגילים כגון:
לפניך ארבעה איורים (1)-(4) המתארים באופן סכמתי תמיסות מימיות של חומצות.



קבע עבור כל אחד מהאיורים (1)-(4) איזו תמיסה הוא מתאר:

- תמיסה מרוכזת של חומצה חזקה
- תמיסה מרוכזת של חומצה חלשה
- תמיסה מהולה של חומצה חזקה
- תמיסה מהולה של חומצה חלשה

נמק את קביעתך.

סעיף ו'

לפניך נוסחאות של ארבעה יונים :



באילו מבין היונים עשויים אטומי הגפרית, S, להגיב הן כמחמצן והן כמחזור?

1%	1. ביוני HS^- וביוני SO_4^{2-} בלבד
6%	2. ביוני HS^- וביוני SO_3^{2-} בלבד
0%	3. ביוני $S_2O_3^{2-}$ וביוני SO_4^{2-} בלבד
93%	4. ביוני $S_2O_3^{2-}$ וביוני SO_3^{2-} בלבד

הנימוק:

דרגת החמצון המרבית של גפרית היא $(+6)$, ודרגת החמצון המזערית של גפרית היא (-2) , כי לאטום הגפרית 6 אלקטרונים ברמת האנרגיה החיצונית.

חלקיק עשוי לשמש כמחמצן אם במהלך התגובה דרגת החמצון שלו יכולה לרדת.

חלקיק עשוי לשמש כמחזור אם במהלך התגובה דרגת החמצון שלו יכולה לעלות.

לכן חלקיק שדרגת החמצון של אטומי הגפרית שבו היא $(+6)$, יכול לשמש רק כמחמצן,

חלקיק שדרגת החמצון של אטומי הגפרית שבו היא (-2) , יכול לשמש רק כמחזור,

חלקיק שדרגת החמצון של אטומי הגפרית שבו נמוכה מ- $(+6)$ וגבוהה מ- (-2) , יכול לשמש גם כמחמצן וגם כמחזור.

אם ביון המורכב לאטום הגפרית קשור אטום חמצן, שהאלקטרושליליות שלו גבוהה מזו של אטום הגפרית, המשיכה של אלקטרוני הקשר על ידי אטום החמצן חזקה יותר, ולכן דרגת החמצון של אטום הגפרית היא חיובית.

אם ביון המורכב לאטום הגפרית קשור אטום מימן, שהאלקטרושליליות שלו נמוכה מזו של אטום הגפרית, המשיכה של אלקטרוני הקשר על ידי אטום הגפרית חזקה יותר, ולכן דרגת החמצון של אטום הגפרית היא שלילית.

דרגת החמצון של אטומי הגפרית ביוני HS^- היא (-2) , לכן הם עשויים לשמש רק כמחזור.

דרגת החמצון של אטומי הגפרית ביוני SO_4^{2-} היא $(+6)$, לכן הם עשויים לשמש רק כמחמצן.

דרגת החמצון של אטומי הגפרית ביוני SO_3^{2-} היא $(+4)$, לכן הם עשויים לשמש גם כמחמצן

וגם כמחזור.

דרגת החמצון של אטומי הגפרית ביוני $S_2O_3^{2-}$ היא $(+2)$, לכן הם עשויים לשמש גם כמחמצן

וגם כמחזור.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

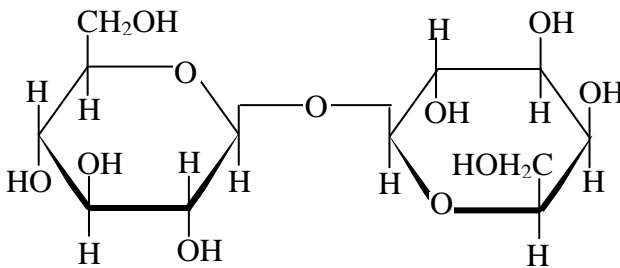
- ◀ לקבוע דרגות חמצון של אטומים ביונים מורכבים.
- ◀ דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומי יסוד.
- ◀ מהו מחמצן ומהו מחזור בתגובת חמצון-חיזור.

סיבות אפשריות לטעויות:

הציון גבוה מאוד. 7% מהתלמידים שטעו לא הבינו את הקשר בין מיקום היסוד במערכת המחזורית לבין דרגת החמצון המרבית והמזערית של אטומי יסוד זה, או לא ידעו לקבוע דרגות חמצון של אטומים ביונים מורכבים - לא לקחו בחשבון את מטען היון.

סעיף ז'

לפניך נוסחת היוורת של דו-סוכר A:



מהי הקביעה הנכונה?

- | | |
|-----|--|
| 87% | 1. בתמיסה מימית של דו-סוכר A לא מתרחשת מוטרוטציה. |
| 5% | 2. דו-סוכר A לא עובר הידרוליזה. |
| 5% | 3. הקשר הגליקוזידי במולקולה של דו-סוכר A הוא בין אטום C-1 לבין אטום C-4. |
| 3% | 4. מולקולה של דו-סוכר A קיימת גם בצורת השרשרת הפתוחה שלו. |

הנימוק:

הקשר הגליקוזידי בדו-סוכר A מתקיים בין אטומי פחמן C-1 שבשתי הטבעות. בתמיסה מימית של דו-סוכר A לא מתרחשת מוטרוטציה (מעבר מאנומר α לאנומר β ולהפך דרך השרשרת הפתוחה), כי התנאי להתרחשותה במקרה של דו-סוכר הוא שאטום פחמן אנומרי C-1 באחת מהטבעות יהיה חופשי - לא קשור בקשר גליקוזידי. על פי הסבר זה ברור שמסיחים 3 ו-4 לא נכונים. מסיח 2 לא נכון, כי דו-סוכר A כן יכול לעבור הידרוליזה בתנאים מתאימים. בתהליך זה מולקולות של דו-סוכר מתפרקות למולקולות של חד-סוכרים.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ למספר את אטומי הפחמן בטבעת של חד-סוכר ושל דו-סוכר.
- ◀ נוסחת היוורת של סוכרים.
- ◀ לזהות קשר גליקוזידי בדו-סוכר.
- ◀ לקבוע עמדות קישור על פי נוסחת היוורת נתונה של דו-סוכר.
- ◀ מהו תהליך המוטרוטציה ומהם התנאים להתרחשותו.
- ◀ מהו תהליך הידרוליזה של דו-סוכר.

סיבות אפשריות לטעויות:

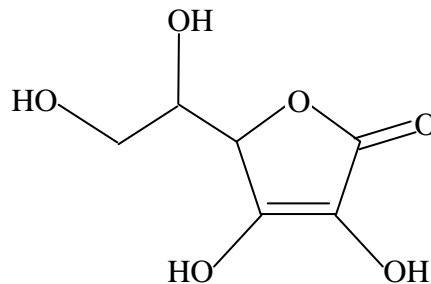
הציון גבוה. 8% מהתלמידים בחרו במסיחים 3 ו-4. טעויות אלה נובעות מחוסר הבנה - מהו תהליך המוטרוטציה ומהם התנאים להתרחשותו. יתכן שתלמידים אלה לא ידעו למספר את אטומי הפחמן בטבעות של דו-סוכר A (במיוחד בטבעת מסובבת) ולקבוע עמדות קישור על פי נוסחת היוורת נתונה. 5% מהתלמידים שבחרו במסיח 2 לא מכירים את תהליך ההידרוליזה של דו-סוכר.

מומלץ לתרגל עם התלמידים פענוח נוסחות היוורת של דו-סוכרים הכוללים טבעות מסובבות והפוכות על פניהן. מומלץ לבצע פעילות זו יחד עם שימוש במודלים של דו-סוכרים. מומלץ להיעזר במצגת בנושא "סוכרים" המצורפת.

סעיף ח'

ויטמין C (חומצה אסקורבית) הוא אנטיאוקסידנט.

נתונה נוסחת מבנה של ויטמין C.



לפניך ארבעה היגדים IV-I:

I. ויטמין C הוא מחמצן חזק.

II. צריכה מוגזמת של ויטמין C יכולה להעלות את החומציות בקיבה.

III. ויטמין C מגיב בתגובת חמצון-חיזור עם רדיקלים חופשיים.

IV. המסיסות של ויטמין C במים נמוכה מאוד.

מה הם ההיגדים הנכונים?

3%	1. היגדים I ו-II בלבד.
73%	2. היגדים II ו-III בלבד.
1%	3. היגדים III ו-IV בלבד.
23%	4. היגדים I, II ו-III בלבד.

הנימוק:

היגד II נכון: נתון שוויטמין C הוא חומצה אסקורבית. לכן צריכה מוגזמת שלו גורמת לעליית הריכוז

של יוני H_3O^+ (aq) ולעליית החומציות בקיבה.

היגד III נכון: ויטמין C הוא אנטיאוקסידנט, המגיב כמחזור בתגובת חמצון-חיזור עם רדיקלים

חופשיים ובכך מנטרל את פעולתם. מאותה סיבה היגד I לא נכון.

היגד IV לא נכון: המסיסות של ויטמין C במים גבוהה, כי נוצרים קשרי מימן רבים בין המולקולות

של ויטמין C לבין מולקולות המים.

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

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ הוספת חומצה לתמיסה מימית מעלה את חומציות התמיסה.
- ◀ מהו אנטיאוקסידנט וכיצד הוא מגיב בתגובת חמצון-חיזור עם רדיקלים חופשיים.
- ◀ מהו מחמצן ומהו מחזור בתגובת חמצון-חיזור.
- ◀ כללי המסיסות של חומרים מולקולריים במים.

סיבות אפשריות לטעויות:

- 23% מהתלמידים בחרו במסח 4 . תלמידים אלה קבעו שגם היגד I נכון, כי לא ידעו מהו אנטיאוקסידנט ומה תפקידו בתגובות חמצון-חיזור עם רדיקלים חופשיים.
- גם 3% מהתלמידים שבחרו במסח 1 , קבעו שהיגד I נכון. הם גם קבעו שהיגד III לא נכון. הסיבה לקביעות שגויות אלה היא חוסר ידע והבנה מהו אנטיאוקסידנט וכיצד הוא מגיב בתגובות חמצון-חיזור עם רדיקלים חופשיים.
- 1% מהתלמידים בחרו במסח 3 . הם ידעו מהו אנטיאוקסידנט ומה תפקידו בתגובות חמצון-חיזור עם רדיקלים חופשיים, ולכן קבעו שהיגד III נכון, אך לא התייחסו לזיוטמין C כאל חומצה וקבעו שהיגד II לא נכון. כמו כן תלמידים אלה אינם יודעים את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים במים ולכן קבעו שהיגד IV נכון.

ניתוח תוצאות של שאלות פתוחות

בבחינת הבגרות תש"ע

על פי התוכנית החדשה

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 4031 נבחנים.

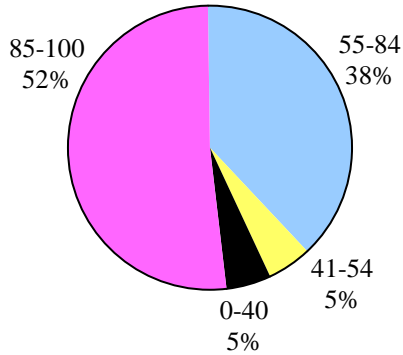
מס' שאלה	2	3	4	5	6	7	8
נושא	ניתוח קטע ממאמר מדעי	מבנה וקישור	סטויכיו-מטריה	חמצון-חיזור וסטויכיו-מטריה	מבנה וקישור וחומצות אמיניות	חומצות ובסיסים	סוכרים
ציון ממוצע	80	69	81	84	77	81	79
% תלמידים שבחרו בשאלה	100%	32%	41%	56%	59%	65%	46%
% תלמידים שציונם	85-100	27	55	56	45	57	42
	55-84	38	48	37	39	31	51
	0-54 (0-40)	10 (5)	25 (11)	11 (7)	7 (3)	16 (8)	12 (6)

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

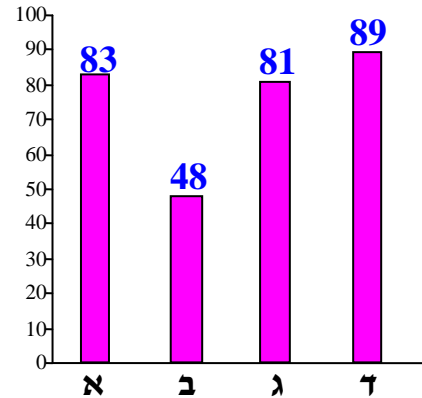
שאלה 2

ניתוח קטע ממאמר מדעי - חובה

פיזור ציונים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 80



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

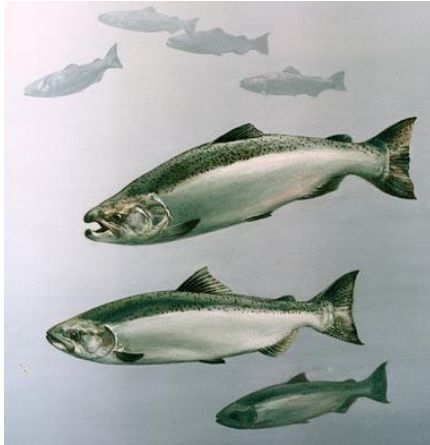
- ⌄ לעבוד עם טקסט מדעי.
- ⌄ ל יישם ידע מדעי שנלמד.
- ⌄ להסיק מסקנות מן הכתוב בטקסט.
- ⌄ י יצוג גרפי של נתונים.
- ⌄ לקשר בין pH של תמיסה לחומציות שלה.
- ⌄ מהו סוג הכוחות בין יונים ממוימים לבין מולקולות מים.
- ⌄ לנסח תגובה בין יוני HCO_3^- (aq) לבין יוני H_3O^+ (aq), תגובה זו נמצאת ברשימת התגובות שהתלמיד צריך להכיר ולנסח.
- ⌄ המונחים "מגיבים" ו"תוצרים".
- ⌄ מהו הקשר בין ריכוז יוני הידרוניום לחומציות התמיסה ול- pH של התמיסה.
- ⌄ מהו הקשר בין מידת המסיסות של פחמן דו-חמצני במים לבין הטמפרטורה של התמיסה.
- ⌄ מהו הקשר בין מידת המסיסות של פחמן דו-חמצני במים למידת החומציות של התמיסה.
- ⌄ לרשום יחסי מולים בניסוח תגובה ולחשב מספר מולים של חומר אחד על פי מספר מולים נתון של חומר אחר המשתתף בתגובה.
- ⌄ לחשב מסת החומר בניסוי על פי מספר מולים ומסה מולרית.
- ⌄ לחשב נפח גז על פי מספר מולים ונפח מולרי.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים שאחריו.

מה לסלמון באלסקה ולפליטת גז $\text{CO}_2(\text{g})$ לאטמוספירה?

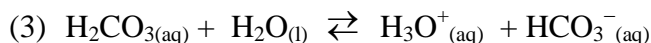
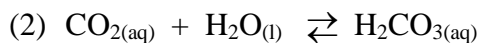
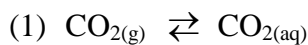


דייגים באלסקה מדווחים על ירידה בשלל דגי הסלמון. חוקרים מאוניברסיטת אלסקה מצאו במי מפרץ אלסקה רכיכות וסרטני ים כמעט ללא שריון הנחוץ לקיומם. אחד מסוגי הרכיכות - "פרפר ים" - הוא מרכיב חשוב במזון של דגי סלמון.

החוקרים סבורים, שהידלדלות השריון של הרכיכות היא תוצאה של עלייה בחומציות של מי מפרץ אלסקה.

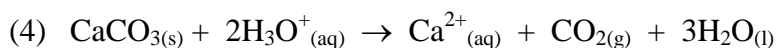
כשליש מהפחמן הדו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$, שנפלט לאטמוספירה בכל שנה, מתמוסס במי האוקיינוסים ונוצרת חומצה פחמתית,

$\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ (ראה תגובות (1)-(3)).



ליד חופי אלסקה העלייה בחומציות של מי האוקיינוס מהירה וגדולה יותר מאשר במקומות אחרים. הדבר נובע מתנאי האקלים הייחודיים, ביניהם הטמפרטורה הנמוכה של המים. ככל שטמפרטורת המים נמוכה יותר, המסיסות של $\text{CO}_2(\text{g})$ גדולה יותר.

השריון של רכיכות ושל סרטני ים בנוי בעיקר מסידן פחמתי, $\text{CaCO}_3(\text{s})$, המגיב עם החומצה על פי תגובה (4):



התרחשות תגובה זו גורמת להרס השריון.

החוקרים משערים שהפגיעה בשריון של הרכיכות מביאה לירידה בגודל האוכלוסייה שלהן, ולפיכך לצמצום במקורות המזון של דגי הסלמון.

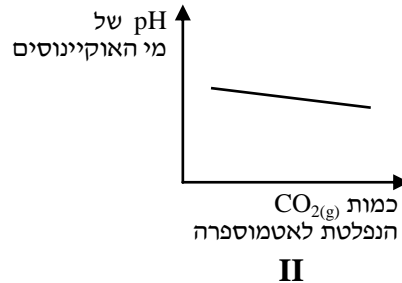
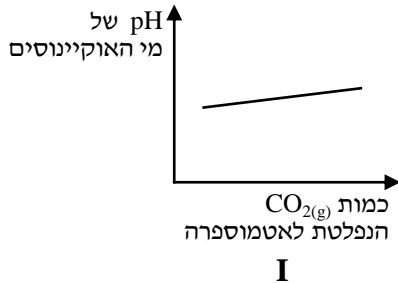
העלייה בחומציות של מי האוקיינוסים יכולה לגרום לתופעות נוספות, כגון האטה בהתפתחות אלמוגים, שהשלד שלהם בנוי אף הוא מסידן פחמתי.

שיתוף פעולה כלל עולמי בהקטנת הפליטה של $\text{CO}_2(\text{g})$ לאטמוספירה יעזור גם במניעת העלייה בחומציות של מי האוקיינוסים.

(מעובד על פי: <http://www.sfos.uaf.edu/oa/> (Jeremy Mathis, University of Alaska Fairbanks,

סעיף א' (הציון 83)

איזה מהגרפים II-I שלפניך, עשוי לתאר נכון, באופן סכמתי, את המגמה של שינוי ה-pH של מי מפרץ אלסקה כתלות בכמות ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ הנפלטת לאטמוספירה? נמק את בחירתך.



התשובה:

גרף II.

על פי הקטע, חומציות מי האוקיינוסים עולה כשגדלה כמות $\text{CO}_2(\text{g})$ הנפלטת לאטמוספירה. (חומציות היא מדד לריכוז יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, בתמיסה). ככל שחומציות התמיסה גבוהה יותר, ה-pH התמיסה נמוך יותר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

רוב התלמידים בחרו בגרף הנכון. הם ידעו לנתח את המידע שבקטע ולהסיק מסקנות.

יחד עם זאת אותרו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה. הסיבה העיקרית לטעויות היא בלבול בין pH התמיסה לבין חומציות התמיסה:

- "גרף I. ככל שנפלטת כמות גדולה יותר של $\text{CO}_2(\text{g})$ לאטמוספירה, מתאוסס במים ותוק 3 תגובות נוצרים יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, ובכך המים הופכים להיות יותר חומציים."
- "גרף I. כי הוא מתאר צלייה בחומציות כשיש $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלט לאטמוספירה. ככל שיש יותר $\text{CO}_2(\text{g})$ כך נפלט יותר $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, שמצפה חומציות."
- "גרף I. $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלט לאטמוספירה מתאוסס במי האוקיינוס ומביא להיווצרות חומצות חומתית, שמצפה את שיצור ה-pH, כמתואר בגרף I."

2. קביעה נכונה ללא נימוק או עם נימוק חלקי:

- "גרף II, כי ה-pH יורד."
- "גרף II, כי החומציות צולפה."

סעיף ב' (הציון 48)

אילו כוחות פועלים בין יוני סידן, $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$, שבתוצרים של תגובה (4) ובין מולקולות המים? הסבר.

התשובה:

בין יוני $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ לבין מולקולות המים פועלים כוחות משיכה חשמליים (אלקטרוסטטיים). קטבים שליליים של מולקולות המים נמשכים ליוני הסידן החיוביים.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים ניסו לסווג את הכוחות הפועלים בין יוני סידן לבין מולקולות המים לתוך אחת ה"משבצות" המוכרות להם. לכן הופיעו תשובות המכילות כמעט את כל סוגי הקשרים הקיימים בין חלקיקים. חלק מהתלמידים מבלבלים בין קשרים בין מולקולריים, קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים ובין קשרים יוניים. להלן דוגמאות להסברים:

- קביעה שהכוחות הם אינטראקציות ון-דר-ואלס:
- "כוחות ון-דר-ואלס הם בין δ^+ על מולקולה אחת ל- δ^- על מולקולה אחרת. היות הוא בפועל מטען חיובי נמשך לקצה השלילי של מולקולת המים."
- "כוחות ון-דר-ואלס בין היות הטען חיובית לקוטב השלילי על חמצן במולקולת המים."
- "כוחות ון-דר-ואלס, מכיוון שכוחות אלה פועלים בין כל סוגי החומרים."
- הופיעו גם הסברים המתארים נכון את אינטראקציות ון-דר-ואלס, ללא קשר למקרה הנתון.
- קביעה שהכוחות הם קשרי מימן:
- "קשרי מימן. בין מולקולות המים לבין Ca^{2+} , כי במולקולת המים יש אטום חמצן הקשור לאטומי מימן החשופים אלקטרוני."
- "קשרי מימן. יוני Ca^{2+} הם חיוביים ולכן יימשכו לזוג אלקטרוני שלילי קושר על אטום החמצן במולקולת המים."
- "אינטראקציות מסוג מימן, כי יוני סידן מתמוססים במים וצליהם ליצור אינטראקציות משותפות."
- קביעה שהכוחות הם קשרים יוניים:
- "קשרים יוניים. המים מורכבים מיוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ ויני $\text{OH}^-_{(aq)}$. יוני Ca^{2+} משיכים את המים ונוצרים קשרים יוניים על ידי מעבר אלקטרוני בין אטומי החומר."
- "קשרים יוניים. יוני Ca^{2+} בעלי מטען $+2$ נמשכים למטען שלילי -2 של אטום החמצן."
- קביעה שהכוחות הם קשרים קוולנטיים:
- "קשרים קוולנטיים בין יוני Ca^{2+} שכל אחד מהם צריך שני אלקטרוני להשלמת הרמה הצליונה לבין אטומי החמצן במולקולות המים שכל אחד מהם צריך להשלים את הרמה שלו."

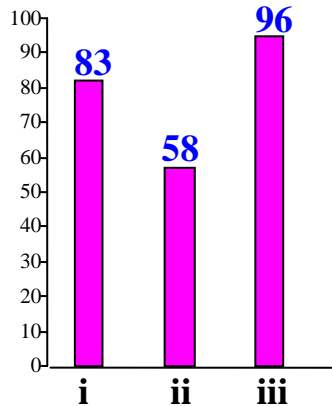
טעויות נוספות :

- התייחסות ליוני סידן ולמולקולות המים בנפרד :
- "בין יוני הסידן יש קשרים יוניים ובין מולקולות המים קיימים קשרי מימן."

הטבלה הבאה עשויה לעזור לתלמיד להבחין בין סוגים שונים של קשרים כימיים.

סוג הקשר	המטענים שביניהם פועלים כוחות משיכה חשמליים
יוני	בין יונים חיוביים ושלייליים
קוולנטי טהור	בין גרעינים לאלקטרוני קשר.
קוולנטי קוטבי	בין גרעינים לאלקטרוני קשר. בקשר זה יש כיווניות.
קשרי מימן	בין אטום מימן החשוף מאלקטרונים במולקולה אחת לזוג אלקטרונים לא קושרים על אטום אלקטרושלילי מאוד במולקולה סמוכה. בקשר זה יש כיווניות.
אינטראקציות ון-דר-ואלס	קטבים בעלי מטען חלקי חיובי לקטבים בעלי מטען חלקי שלילי (קוטביות רגעית מושרית או קוטביות קבועה)
אינטראקציות חשמליות בין יונים	יונים חיוביים נמשכים לקטבים בעלי מטען חלקי שלילי ויונים שליליים נמשכים לקטבים בעלי מטען חלקי חיובי. (יונים שליליים נדחים על ידי קטבים בעלי מטען חלקי שלילי ויונים חיוביים נדחים על ידי קטבים בעלי מטען חלקי חיובי)
באטום הבודד	בין פרוטונים בגרעין לאלקטרונים באורביטלים האטומיים

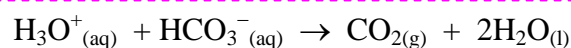
סעיף ג' (הציון 81)



תת-סעיף i (הציון 83)

התוצרים של תגובה (3) יכולים להגיב ביניהם. נסח תגובה זו.

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

רוב התלמידים ניסחו נכון את התגובה שמופיעה ברשימת התגובות שהם חייבים לדעת.
יחד עם זאת הופיעו ניסוחים שגויים :

- $H_3O^+_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)} \rightarrow H_2CO_3^+_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
- $H_3O^+_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)} \rightarrow CO_3^{2-}_{(aq)} + H_2O_{(l)} + 2OH^-_{(aq)}$

מומלץ לתרגל עם התלמיד את התגובה בשילוב עם הדגמה של התגובה במעבדה, תוך הדגשה שבתגובה של יוני $HCO_3^-_{(aq)}$ עם חומצה מתקבל גז פחמן דו-חמצני.

תת-סעיף ii (הציון 58)

התרחשות של תגובה (4) שבקטע והתרחשות של התגובה שניסחת בתת-סעיף ג i, עשויות למתן את העלייה בחומציות של מי האוקיינוסים. הסבר מדוע.

התשובה:

בשתי התגובות יוני הידרוניום הם המגיבים, ולכן במהלך התגובה הריכוז שלהם יורד והחומציות קטנה.
אנ: בשתי התגובות נוצר $CO_2(g)$, שחלק ממנו (שאינו מתמוסס בחזרה במים) נפלט לאטמוספירה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לקשר בין הריכוז של יוני הידרוניום המגיבים בתגובה (4) לבין הירידה בחומציות של מי האוקיינוסים.
הטעות האופיינית העיקרית שאותרה בתת-סעיף זה היא התייחסות לתוצר התגובה - מים כאל חומר המוהל את התמיסה ומוריד את החומציות:

• "הפחמן נוצר מיט, אז הריכוז של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ קטן, כי הוא נמהל."

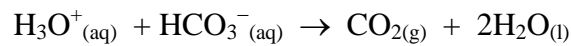
• "התגובה נוצר מיט, יש מיהול ולכן ה-pH יתקרב לנייטרל."

• "המים נוצר ידלל את התמיסה."

הבעיה הנוספת היא תשובות חלקיות: היו תלמידים שכתבו שבשתי התגובות יוני הידרוניום הם המגיבים, אך לא סיימו את הטיעון ולא הסבירו את הקשר בין הירידה בריכוז יוני הידרוניום לחומציות התמיסה.

מומלץ להבהיר לתלמידים שכמות המים הנוצרת בתהליך הסתירה קטנה באופן יחסי ואינה גורמת במידה משמעותית למיהול מי האוקיינוסים.
כדי למנוע את השגיאה לפיה המים שנוצרים מוהלים את מי האוקיינוסים כדאי לבצע עם התלמידים את החישוב הבא:

לליטר תמיסה מימית של יוני הידרוניום, $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$, בריכוז 1M הוסיפו ליטר תמיסה מימית של יוני $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ בריכוז 1M. התרחשה התגובה:



יחס המולים בניסוח התגובה בין יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ לבין $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ הוא 2:1,

לכן בתגובה נוצרים 2 מול מים.

המסה המולרית של $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$:

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

המסה של המים שנוצרו היא:

$$18 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 2 \text{ mol} = 36 \text{ gr}$$

צפיפות המים היא $1 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$, לכן נפח המים שנוצרו בתגובה הוא 36 מיליליטר.

תוספת המים לנפח הכולל של התמיסה (2 ליטר) היא קטנה ולא משמעותית.

כדי לפתור את הבעיה של הסברים חלקיים, מומלץ לאמן את התלמידים בכתיבת טיעון מלא:

מתרחשת תגובה, שבה משתתפים יוני הידרוניום ← ריכוז יוני הידרוניום בתמיסה קטן ←

החומציות יורדת ← pH התמיסה עולה.

תת-סעיף iii (הציון 96)

יש מדענים הטוענים שההתחממות של כדור הארץ (כולל מי האוקיינוסים) תמתן את העלייה בחומציות של מי האוקיינוסים שנובעת מהמסת $\text{CO}_2(\text{g})$. הסבר טענה זו על פי הקטע.

התשובה:

בקטע כתוב שככל שטמפרטורת המים נמוכה יותר, מסיסות $\text{CO}_2(\text{g})$ גדולה יותר.

אם מי האוקיינוסים יהיו חמים יותר, מסיסות $\text{CO}_2(\text{g})$ בהם תהיה נמוכה יותר, וחומציות של מי

האוקיינוסים תעלה פחות.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה מאוד. התלמידים הבינו את רעיון ההיפוך: בקטע נתון שבטמפרטורת המים נמוכה מסיסות $\text{CO}_2(\text{g})$ במים גבוהה, והתלמידים התייחסו לטמפרטורת מים גבוהה ומסיסות $\text{CO}_2(\text{g})$ במים נמוכה. היו תלמידים מעטים שכתבו זאת, אך לא הסבירו איך מסיסות נמוכה של $\text{CO}_2(\text{g})$ במים משפיעה על חומציות המים.

11

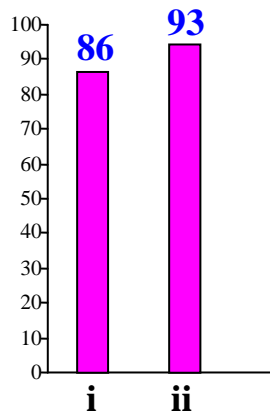
10

מומלץ לאמן את התלמידים בכתיבת טיעון מלא:

שינוי בטמפרטורה ← שינוי במסיסות פחמן דו-חמצני במים ← שינוי בריכוז של יוני הידרוניום ← שינוי בחומציות המים.

סעיף ד' (הציון 89)

25 מול של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ הגיבו עם סידן פחמתי שבשריון סרטני הים על פי תגובה (4).



תת-סעיף i (הציון 86)

חשב את המסה של $\text{CaCO}_3(\text{s})$ שהגיב בתגובה זו. פרט את חישוביך.

התשובה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה,

1 מול של $\text{CaCO}_3(\text{s})$ מגיב עם 2 מול של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$.

מספר המולים של $\text{CaCO}_3(\text{s})$ שגיבו עם 25 מול של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$:

$$\frac{25 \text{ mol} \times 1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 12.5 \text{ mol}$$

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

$$100 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 12.5 \text{ mol} = 1250 \text{ gr}$$

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

המסה של $\text{CaCO}_3(\text{s})$:

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

- הציון גבוה. תלמידים מעטים טעו בחישובים. הטעויות שאותרו:
- הכפלת מספר מולים נתון במקדם שבניסוח תגובה מאוזן.
- טעויות בקביעת יחס המולים בניסוח התגובה.
- שימוש בנוסחאות חישוב שגויות.

תת-סעיף ii (הציון 93)

חשב את הנפח של $\text{CO}_2(\text{g})$ שהתקבל בתגובה זו, בהנחה שנפח של מול גז בתנאים שבהם מתרחשת התגובה הוא 23.5 ליטר. פרט את חישוביך.

התשובה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה,
 כשמגיבים 2 מול של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, מתקבל 1 מול של $\text{CO}_2(\text{g})$.
 מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שיתקבל בתגובה שבה יגיבו 25 מול של יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$:

$$\frac{25 \text{ mol} \times 1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 12.5 \text{ mol}$$

$$23.5 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} \times 12.5 \text{ mol} = 293.75 \text{ liter} \quad \text{הנפח של } \text{CO}_2(\text{g}) :$$

או טבלה מסכמת לסעיף ד'

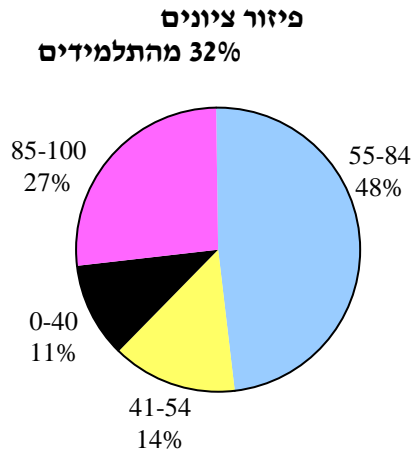
$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$					
100					מסה מולרית (גרם למול)
1	2	(1)	1	(3)	יחס המולים בניסוח תגובה
12.5	← 25	→ (12.5)	→ 12.5	→ (37.5)	מספר מולים נתון/נדרש בניסוי ספציפי
1250					מסה נתונה/נדרשת בניסוי ספציפי (גרם)
			23.5		נפח מולרי של גז בתנאים הנתונים (ליטר)
			293.75		נפח הגז (ליטר)

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

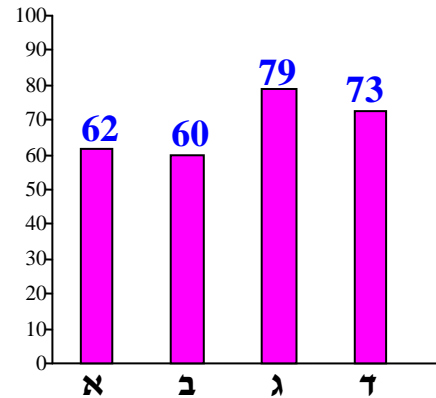
הציון גבוה מאוד. הופיעו טעויות מעטות: טעויות חישוב וטעויות בקביעת יחס המולים בניסוח התגובה.

שאלה 3

מבנה וקישור



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 69
בחרו בשאלה



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

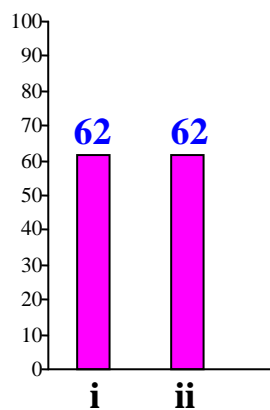
- ליתאר ברמה מיקרוסקופית חומר מולקולרי במצב צבירה גז.
- ליתאר ברמה מיקרוסקופית תרכובת יונית במצב מוצק.
- לנסח תהליכי ההמסה של חומר מולקולרי בממס מולקולרי - לא רק במים.
- לזהות כוחות בין מולקולריים הפועלים בתמיסה.
- להבחין בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים.
- לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות.
- מבנה מרחבי של מולקולות, פיזור מטען במולקולה.
- מושג האלקטרושליליות.
- מהו קשר קוולנטי טהור ומהו קשר קוולנטי קוטבי.
- לקבוע את קוטביות המולקולה על פי מבנה מרחבי נתון.
- כללי מסיסות של חומרים מולקולריים במים.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

בתקופה של מלחמות נפוליאון במאה ה-19 חיפשו בצרפת דרכים להפקת חומרי נפץ ממקורות זולים. באחד מהניסויים שפך כימאי חומצה גפרתית, $H_2SO_{4(l)}$, על אפר של אצות ים. להפתעתו, פרץ מהאפר גז סגול, שהתמצק במהירות. כך נתגלה יסוד חדש - יוד, I_2 . בניסוי זה הגיבה החומצה הגפרתית עם מלחי היוד שבאפר האצות (כגון אשלגן יודי, $KI_{(s)}$), יוני יוד, I^- , עברו חמצון ליוד, $I_{2(g)}$.

סעיף א' (הציון 62)

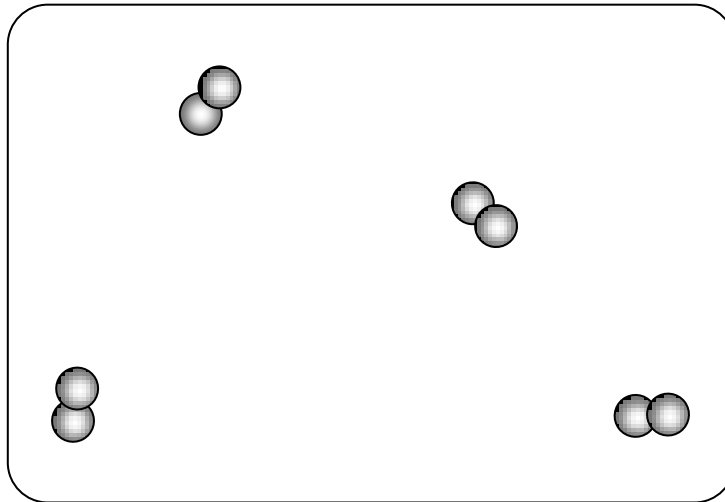


תת-סעיף i (הציון 62)

תאר ברמה מיקרוסקופית יוד במצב גז.

התשובה:

(יוד מורכב ממולקולות דו-אטומיות). במצב גזי מולקולות היוד נעות בחופשיות, המרחקים בין המולקולות הם גדולים (יחסית למימדי המולקולות). כוחות המשיכה בין המולקולות זניחים. או ציור מתאים:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון נמוך. אומנם רמת החשיבה, לפי דעתנו, היא יישומית, אך נדרשת מהתלמיד גם יכולת חשיבה מופשטת. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבחנה בין רמה מאקרוסקופית לבין רמה מיקרוסקופית. הטעויות האופייניות הן:

- חוסר הבחנה בין מולקולה לבין חומר - צבר מולקולות:
- "יוד במצב צבירה גז הוא מולקולה דו-אטומית. היא לא מוליכה חשמל במצב צבירה." • חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים:
- "יוד במצב גז הוא שני אטומים של יוד ובניהם כוחות ון-דר-ואלס חלשים מאוד, ולכן יוד הוא גז." • חוסר הבחנה בין קשר קוולנטי טהור לבין קשר קוולנטי קוטבי:
- " מולקולות יוד הן דו-אטומיות בצלעות קשר קוולנטי קוטבי."

דוגמה לתרגיל המתאים להבחנה בין חומרים (צבר מולקולות) לבין חלקיקים.
 השלם את הטבלה שלפניך:

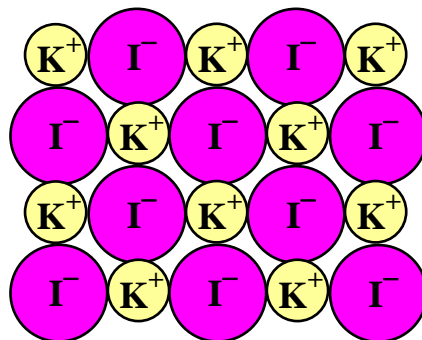
ציור סכמתי מתאים	חומר או חלקיק		החומר/החלקיק
	אם זה חומר - סוג הכוחות הפועלים בין מולקולות	אם זה חלקיק - אטום או מולקולה	
			CCl_4
			$\text{CCl}_4(l)$
			Cl
			Cl_2
			$\text{Cl}_2(g)$

תת-סעיף ii (הציון 62)

תאר ברמה מיקרוסקופית אשלגן יודי במצב מוצק.

התשובה:

במצב מוצק אשלגן יודי מורכב מיוני K^+ חיוביים ומיוני I^- שליליים. בין יונים עם מטענים מנוגדים של אשלגן יודי פועלים כוחות משיכה חשמליים (אָן: קיימים קשרים יוניים). הודות לכוחות אלה היונים מסודרים במבנה ענק באריזה צפופה ומסודרת.
 או ציור מתאים:



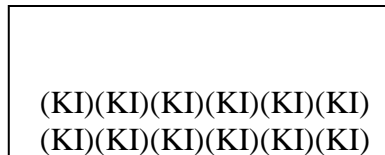
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון נמוך. גם בתת-סעיף זה הבעיה העיקרית היא חוסר הבחנה בין רמה מאקרוסקופית לבין רמה מיקרוסקופית. הטעויות האופייניות הן:

- חוסר הבנה של מבנה הסריג היוני, חוסר הבחנה בין יונים לבין מולקולות:
- "KI במצב מוצק: מולקולות מסודרות וצפופות, בתוך המולקולות קשר יוני שבו יש אטומים מציצים לרמה וולנטית מלאה, כמו Fe לז אציף."
- "KI מקוטב מאוד, מולקולות עם משיכה חשמלית חזקה."
- "KI הוא חומר יוני. יוני אשלגן החיוביים ויוני היוד השליליים יוצרים מולקולה. מולקולות מפוזרות באופן צפוף."

• התייחסות לסריג יוני כאל סריג מולקולרי:

- "KI מסודר באופן חוזר והמולקולות קרובות אחת לשנייה כמו בתיאור הבא:



• חוסר הבחנה בין יונים לאטומים:

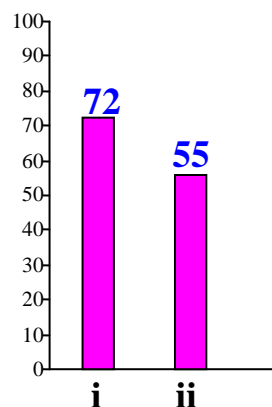
- "KI מסודר קיים קשר יוני חזק בין אטומי I לאטומי K."

מומלץ לבקש מהתלמידים לתאר את החומרים השונים ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית גם באופן מילולי וגם באמצעות ציורים סכמתיים.

סעיף ב' (הציון 60)

ליוד ולתרכובותיו שימושים רבים ברפואה.

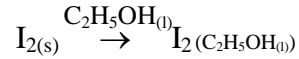
תמיסה של יוד באתנול, $C_2H_5OH_{(l)}$, משמשת לחיטוי פצעים.



תת-סעיף i (הציון 72)

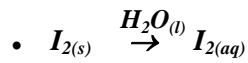
נסח את תהליך ההמסה של יוד באתאנול.

התשובה:



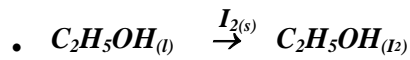
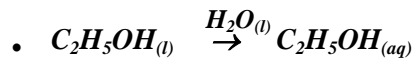
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא ניסוח ההמסה של יוד במים במקום באתאנול:

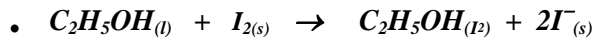


טעות זו נובעת מחוסר ריכוז או מחוסר הבנה של השאלה.

הטעויות הנוספות שאותרו הן ניסוחים של המסת אתאנול במים ואפילו של אתאנול ביווד מוצק, הנובעים מבלבול בין ממש למומס:



כמו כן הופיעו ניסוחים (לא נכונים) של תגובות במקום ניסוח תהליך ההמסה:



תת-סעיף ii (הציון 55)

ציין את הכוחות הפועלים בין כל סוגי המולקולות הנמצאות בתמיסת יוד באתאנול.

התשובה:

- אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות I_2 לבין מולקולות אתאנול.

- קשרי מימן בין מולקולות האתאנול.

- אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות האתאנול.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

הציון נמוך. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבחנה בין סוגים שונים של כוחות בין

מולקולריים וקשרים תוך מולקולריים. הטעויות האופייניות הן:

- חוסר הבחנה בין אינטראקציות ון-דר-ואלס לבין קשרי מימן:

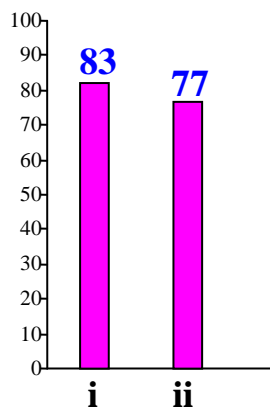
- "אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות אתאנול."

- "קשרי מימן בין מולקולות יוד מולקולות אתאנול."

- חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:
- "קשרי מימן בתוך מולקולות אתאנול, בין אטום O לבין אטום H."
- "קשרים קוולנטיים טהורים בין מולקולות יוד לאתאנול."
- "קשרים קוולנטיים בין מולקולות היוד."
- חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין הכוחות הפועלים בתוך אטום:
- "בין היוד לאתאנול פועלים כוחות משיכה בין אלקטרוניס לפרוטוניס - חוק קולון."
- המושגים "ממס" ו"מומס" אינם ברורים לחלק מהתלמידים. תלמידים רבים לא התייחסו לכוחות הפועלים בין מולקולות הממס - אתאנול, שנמצא בעודף בתמיסה.

סעיף ג' (הציון 79)

אבקת יודפורם, $\text{CHI}_{3(s)}$, משמשת כחומר מחטא.



תת-סעיף i (הציון 83)

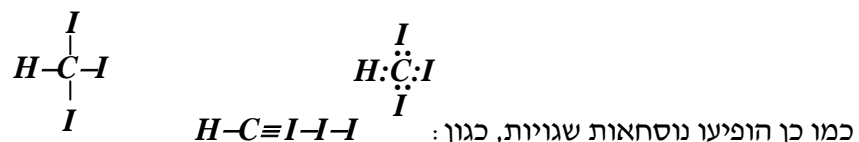
רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית למולקולת יודפורם.

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים ציירו נכון את נוסחת ייצוג אלקטרונית. הטעות האופיינית שאותרה היא רישום נוסחת ייצוג אלקטרוניים ללא אלקטרוניים בלתי קושרים על אטומי יוד:



תת-סעיף ii (הציון 77)

צורת המולקולה של יודופורם היא טטראהדר. קבע אם במולקולת זו יש דו-קוטב קבוע. נמק.

התשובה:

במולקולה של יודופורם יש דו-קוטב קבוע.
המולקולה אינה סימטרית (ולכן פיזור האלקטרונים אינו אחיד).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

בתת-סעיף זה הופיעו טעויות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה. נימוקים שגויים התבססו על סיסמה "מבנה טטראהדר הוא לא קוטבי":

- "במולקולה אין דן-קוטב קבוע, כי המבנה שלה סימטרי - טטראהדר".
- "טטראהדר לא מקוטב".

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי המצביע על חוסר הבחנה בין אטומים ליונים:

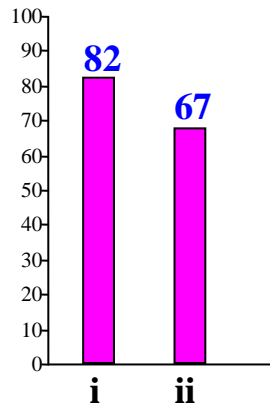
- "אלקטרופיליות Fe יוני יוד אטומה Fe יוני כחמן Fe יוני מימן".

סעיף ד' (הציון 73)

יוד משמש לזיהוי אצטון, $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{l})$. תמיסה מימית של יוד מגיבה עם תמיסה מימית של אצטון בנוכחות בסיס על פי התגובה:



בתגובה נוצר מוצק צהוב, יודופורם, $\text{CHI}_3(\text{s})$.



תת-סעיף i (הציון 82)

הזיהוי של אצטון באמצעות תגובה זו מבוסס על מסיסות זניחה של יודופורם במים. הסבר מדוע המסיסות של יודופורם במים זניחה.

התשובה:

המסיסות של יודופורם במים זניחה, כי לא יכולים להיווצר קשרי מימן בין המולקולות של יודופורם לבין מולקולות המים. במולקולה של יודופורם אין אטום מימן "חשוף" מאלקטרוניים.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים ידעו את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים במים. הטעויות שאותרו בהסברים נובעות בעיקר מחוסר הבחנה בין קשרי מימן לבין אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות:

• "ביודופורם יש מצב קשרי מימן - לא מספיק מסיסות במים."
טעויות נוספות מצביעות על חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:

• "ביודופורם אין קשרי מימן בין אטומי המולקולה."

תת-סעיף ii (הציון 67)

המסיסות של אצטון במים גבוהה. הסבר מדוע.

התשובה:

המסיסות של אצטון במים גבוהה, כי נוצרים קשרי מימן בין אטומי המימן החשופים מאלקטרוניים במולקולות המים לבין זוגות אלקטרוניים לא קושרים על אטומי החמצן במולקולות האצטון.

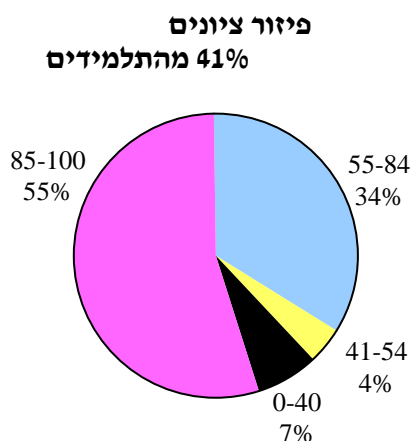
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבנה של תהליך ההיווצרות של קשרי מימן בין מולקולות אצטון לבין מולקולות מים:

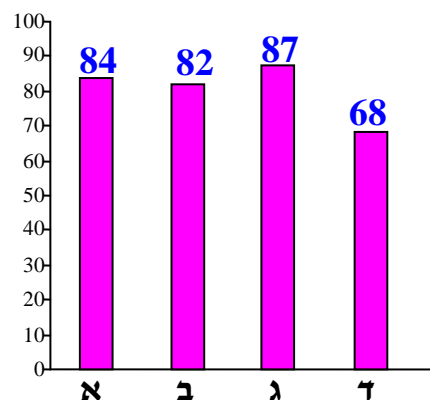
• "מימן" חופשי" מאלקטרוניים שבמולקולת המים יתנתק אטום חמצן מולקולת המים ויקשר אל אלקטרוניים בלתי קושרים של אטום החמצן במולקולת האצטון."
כמו כן הופיעו הסברים חלקיים ללא ההעמקה הנדרשת:
• "מסיסות של אצטון גבוהה בגלל יש בו מוקדים ליצירת קשרי מימן."

שאלה 4

סטויכיומטריה



81 ציון ממוצע על פי מכון סאלד: בחרו בשאלה



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ מושג המול.
- ◀ מסה מולרית.
- ◀ ריכוז מולרי.
- ◀ 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.
- חישוב מספר המולים של גז בנפחו הנתון על פי נפח מולרי של גז.
- חישוב מספר המולים והמסה של החומרים המשתתפים בתגובה על פי ניסוח תגובה מאוזן וכמות של אחד מהחומרים.
- קביעת יחסי הנפחים של הגזים המשתתפים בתגובה על פי ניסוח תגובה מאוזן.
- ◀ מהי תמיסה מרוכזת ומהי תמיסה מהולה.
- ◀ להכין תמיסה מהולה מתמיסה מרוכזת.
- ◀ לחשב מספר מולים של אטומי יסודות במדגם של תרכובת.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

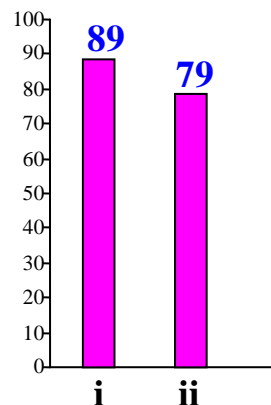
השאלה עוסקת בדשנים המופקים מאמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$. המסיסות הגבוהה של דשנים אלה במים מאפשרת לצמחים לקלוט בקלות את החנקן החיוני להתפתחותם.

סעיף א' (הציון 84)

תמיסה מימית מרוכזת של הדשן אמוניום גפרתי, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq})$, מיוצרת בתגובה בין אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, לבין תמיסה מימית מרוכזת של חומצה גפרתית, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, על פי תגובה (1):

$$(1) \quad 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$$

במפעל ביצעו את תגובה (1) בשני מכלים.



תת-סעיף i (הציון 89)

במכל I הגיבו 200 ליטר של תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ בריכוז 20 M. התגובה התרחשה עד תום. חשב את המסה של $\text{NH}_3(\text{g})$ שהגיבה. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$20 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 200 \text{ liter} = 4,000 \text{ mol}$$

מספר המולים של H_2SO_4 שהגיבו:

יחס המולים בניסוח התגובה בין $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ לבין $\text{NH}_3(\text{g})$ הוא 1:2,

$$\frac{4,000 \text{ mol} \times 2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 8,000 \text{ mol}$$

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

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

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

$$17 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 8,000 \text{ mol} = 136,000 \text{ gr}$$

המסה של $\text{NH}_3(\text{g})$:

או טבלה מסכמת לתת-סעיף א' i:

$2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$				
17				מסה מולרית (גרם למול)
2	1			יחס המולים בניסוח תגובה
8000	4000			מספר מולים נתון/נדרש בניסוי ספציפי
136,000				מסה נתונה/נדרשת בניסוי ספציפי (גרם)
	20			ריכוז מולרי של מומס בתמיסה (M)
	200			נפח התמיסה (ליטר)

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. הופיעו טעויות מעטות:

• הכפלת מסה מולרית במקדם שבניסוח התגובה: "המסה המולרית של $\text{Fe}(\text{OH})_3$ היא 34 גרם מולרית".

• טעויות ביחידות: "נפח התמיסה הוא 200 מיליליטר".

• טעויות בטבלה: מילוי הטבלה באופן אוטומטי ללא בחירה בנתונים הרלוונטיים לשאלה.

מומלץ להדגיש בכל תרגיל מהם הנתונים הקבועים ומהם הנתונים הספציפיים שיש להשתמש בהם בפתרון.

תת-סעיף ii (הציון 79)

במכל II הגיבו 78000 ליטר $\text{NH}_3(\text{g})$ עם כמות מספקת של תמיסת $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$. התגובה התרחשה עד תום. נפח של מול גז בתנאי התגובה הוא 26 ליטר. הנפח של תמיסת $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq})$ שהתקבלה היה 160 ליטר. חשב את הריכוז של יוני $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ ושל יוני $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ בתמיסה שהתקבלה. פרט את חישוביך.

התשובה:

$$\frac{78,000 \text{ liter}}{26 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 3000 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } \text{NH}_3(\text{g}) \text{ שהגיב:}$$
$$\text{יחס המולים בניסוח התגובה בין } \text{NH}_3(\text{g}) \text{ לבין יוני } \text{NH}_4^+(\text{aq}) \text{ הוא } 1:1,$$
$$\text{לכן מספר המולים של יוני } \text{NH}_4^+(\text{aq}) \text{ הוא } 3000 \text{ מול.}$$
$$\frac{3000 \text{ mol}}{160 \text{ liter}} = 18.75 \text{ M} \quad \text{הריכוז של יוני } \text{NH}_4^+(\text{aq}):$$
$$\text{יחס המולים בין יוני } \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \text{ לבין יוני } \text{NH}_4^+(\text{aq}) \text{ הוא } 2:1,$$
$$\text{לכן הריכוז של יוני } \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \text{ הוא:}$$
$$\frac{18.75 \text{ M} \times 1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 9.375 \text{ M}$$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה הן:

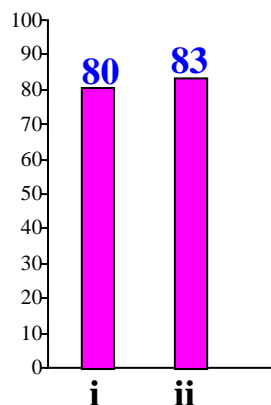
• חישוב הריכוז של תרכובת $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq})$ בתמיסה, במקום הריכוז של יוני $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ ושל יוני $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ בנפרד.

• התייחסות לנפח התמיסה כאל נפח הגז:

$$n_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = \frac{160 \text{ liter}}{26 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 6.15 \text{ mol}$$

סעיף ב' (הציון 82)

הדשן אמוניום חנקתי משווק בתמיסה מימית, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$. לחקלאי יש 30 ליטר של תמיסת $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$ בריכוז 0.075 M. בחורף מומלץ להשתמש לדישון בתמיסה בריכוז 0.06 M.



תת-סעיף i (הציון 80)

איזו פעולה צריך החקלאי לבצע כדי להכין תמיסת דשן שתתאים לשימוש בחורף?

התשובה:

מיהול התמיסה.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

רוב התלמידים הבינו שיש למהול את התמיסה. יחד עם זאת אותרו טעויות אופייניות שנובעות מחוסר הבנה של משמעות המיהול:

- בלבול בין תמיסה מרוכזת לבין תמיסה מהולה: "יש להוסיף $NH_4NO_3(aq)$ ".
- "יש להקטין את נפח התמיסה כדי להקטין את ריכוזה".

תת-סעיף ii (הציון 83)

מה יהיה הנפח של תמיסת הדשן שהחקלאי יכין, בהנחה שהוא ישתמש בכל תמיסת ה- $NH_4NO_3(aq)$ שברשותו? פרט את חישוביך.

התשובה:

מספר המולים של החומר NH_4NO_3 ב- 30 ליטר תמיסה בריכוז 0.075 M:

$$0.075 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 30 \text{ liter} = 2.25 \text{ mol}$$

נפח התמיסה בריכוז 0.065 M, שמכילה 2.25 מול של החומר NH_4NO_3 :

$$\frac{2.25 \text{ mol}}{0.06 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = 37.5 \text{ liter}$$

החקלאי יכין 37.5 ליטר דשן.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

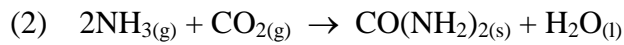
רוב התלמידים חישובו נכון את נפח התמיסה שהחקלאי יכין. הטעויות שאותרו הן טעויות המשך לאלה שהופיעו בתת-סעיף i. טעויות אלה נובעות מחוסר הבנה של משמעות המיהול - חלק מהתלמידים לא הבינו שבשתי התמיסות יש אותה כמות של החומר המומס:

$$n = 2.25 - 0.015 = 2.235 \quad \text{"יש להקטין את הריכוז ב- 0.015 מולר."} \quad \text{" } V = \frac{2.235}{0.06}$$

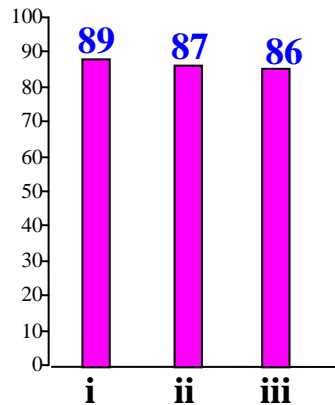
מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי: מיהול תמיסה בריכוז מסוים במטרה לקבל תמיסה מהולה יותר. בזמן ביצוע ניסויים הכוללים טיטרציה, כדאי להדגיש שאחרי העברה של תמיסת החומר הנבדק לבקבוק ארלנמיייר, אפשר להוסיף לבקבוק מים מזוקקים - מיהול זה לא משנה את מספר המולים של החומר בדגימה.

סעיף ג' (הציון 87)

אוראה, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$, הוא דשן שמיוצר בתגובה בין אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, לבין פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$, על פי תגובה (2):



38000 ליטר $\text{NH}_3(\text{g})$ הגיבו בשלמות על פי תגובה (2).



תת-סעיף i (הציון 89)

קבע מהו הנפח של $\text{CO}_2(\text{g})$ הדרוש לתגובה זו, אם שני הגזים נמצאים באותם תנאי לחץ וטמפרטורה?
נמק.

התשובה:

יחס המולים בניסוח התגובה בין $\text{CO}_2(\text{g})$ לבין $\text{NH}_3(\text{g})$ הוא 2:1.
באותם תנאי לחץ וטמפרטורה, היחס בין מספר המולים של הגזים שווה ליחס בין הנפחים.
לכן נפח הגז $\text{CO}_2(\text{g})$ הדרוש לתגובה קטן פי שניים מהנפח של $\text{NH}_3(\text{g})$.
נפח הגז $\text{CO}_2(\text{g})$: $\frac{38,000 \text{ liter}}{2} = 19,000 \text{ liter}$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. התלמידים ידעו לקבוע את הנפח של $\text{CO}_2(\text{g})$ הדרוש לתגובה על פי יחס המולים של הגזים בניסוח התגובה, אשר שווה ליחס בין הנפחים.
הטעויות המעטות שאותרו הן רישום תשובה נכונה ללא נימוק, קביעה שגויה שהנפח הוא 38,000 ליטר - ללא נימוק.
היו תלמידים, שבמקום לבסס את התשובה על השערת אבוגדרו, ביצעו חישוב בעזרת נפח של מול גז בתנאי התגובה הנתונים בתת-סעיף ii.

תת-סעיף ii (הציון 87)

כמה מול $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$ התקבלו בתגובה זו, אם נפח של מול גז בתנאי התגובה הוא 25 ליטר?
פרט את חישוביך.

התשובה:

$$\frac{38.000 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 1520 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } \text{NH}_3(\text{g}) \text{ שהגיב:}$$

יחס המולים בניסוח התגובה בין $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$ לבין $\text{NH}_3(\text{g})$ הוא 2:1,

$$\frac{1520 \text{ mol}}{2} = 760 \text{ mol} \quad \text{לכן מספר המולים של } \text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s}) \text{ הוא:}$$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. הטעויות שאותרו הן בעיקר טעויות חישוב.

תלמידים מעטים התייחסו לחומר מוצק כאל גז:

• "ei pens nsh fe aurah lfi hshrat amodro uki lchak lnpsh hamofri."

מומלץ מדי פעם להתייחס בשיעורים לא רק לנפח מולרי של גז, אלא גם לנפח של מול מוצק ושל מול נוזל של חומרים שונים. אפשר לעשות זאת למשל בעת חזרה על הנושא "מבנה וקישור" (אחרי שמלמדים מולים) ולדבר על גודל חלקיקים, אריזה של חלקיקים במוצק, שינוי מצב צבירה של חומר. מומלץ להיעזר בדף עבודה ממדריך למורה לספר "יחסים וקשרים בעולם החומרים" הנמצא

באתר הספר: <http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/materials/>

לפתוח "מדריך למורה" ← "פרק 3" ← "פעילויות מומלצות נוספות שלא מופיעות בספר" ←

← קובץ "דפי עבודה": דף עבודה בנושא "נפח מולרי של גז".

תת-סעיף iii (הציון 86)

החקלאים משתמשים בתמיסה מימית של אוראה, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{aq})$, בריכוז 0.0035 M. מהו הנפח של תמיסת $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{aq})$ בריכוז 0.0035 M שמתקבלת מכמות האוראה שחישבת בתת-סעיף ג ii? פרט את חישוביך.

התשובה:

$$\frac{760 \text{ mol}}{0.0035 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}} = 217,143 \text{ liter} \quad \text{הנפח של תמיסת } \text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{aq}) :$$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הציון גבוה. הטעויות המעטות שאותרו הן טעויות חישוב, שימוש שגוי בנוסחה לחישוב נפח התמיסה:

$$V = \frac{0.0035}{760}$$

סעיף ד' (הציון 68)

מכל אחד משלושת הדשנים: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{s})$, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$, לקחו דגימה של 200 גרם. קבע איזה משני ההיגדים (1) או (2) שלפניך הוא הנכון. נמק את קביעתך.

(1) מספר המולים של אטומי חנקן, N, שווה בשלושת הדגימות.

(2) בדגימה של $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$ מספר המולים של אטומי חנקן, N, הוא הגדול ביותר.

התשובה:

ההיגד הנכון הוא (2).

$132 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$: המסה המולרית של $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{s})$
$80 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$: המסה המולרית של $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$
$60 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$: המסה המולרית של $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$

המסה המולרית של $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$ היא הקטנה ביותר, לכן מספר המולים של החומר בדגימה של 200 גרם הוא הגדול ביותר.

במול אחד של כל אחד מהחומרים יש 2 מול אטומי חנקן.

מספר המולים של אטומי חנקן הגדול ביותר הוא בדגימה של $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

הציון נמוך יחסית. אפשר למיין את הטעויות שאותרו לשני סוגים עיקריים:

- קביעה שגוייה וניסיון לנמקה, תוך התייחסות אל מספר המולים אטומי חנקן במול חומר בלבד והתעלמות מאטומים נוספים וממסה המולרית של החומר. היו תלמידים שהתבלבלו בין מספר אטומי חנקן לבין מספר המולים של אטומי חנקן:

 - "ככל הדשנים יש 2 אטומי חנקן ולקחו אותה דגימה של 200 גרם. לכן הכמות של אטומי חנקן ככל הדשנים זהה."
 - "יש 2 אטומי חנקן לכן מספר המולים של אטומי חנקן כמות הדגימות שווה."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או קביעה ללא נימוק.

מומלץ לתרגל שאלות דומות ולבקש לענות על חלק מהשאלות ללא חישוב מלא, כמו בסעיף ד', ועל חלק מהשאלות לענות עם חישוב עד הסוף, במטרה לעשות אנליזה: מהם הנתונים החשובים להשוואה ומהם הנתונים הדרושים לקבלת תשובות מדויקות.

שאלות לדוגמה:

שאלה של השוואה:

1. באיזה מדגם יש מספר מולקולות גדול יותר: ב-1 גרם ברום, $\text{Br}_{2(l)}$, או ב-1 גרם יוד, $\text{I}_{2(s)}$?

שאלה שכדי לענות עליה דרוש חישוב מלא:

2. כמה מולקולות יש ב-1 גרם ברום, $\text{Br}_{2(l)}$, וכמה מולקולות יש ב-1 גרם יוד, $\text{I}_{2(s)}$?

שאלת רב ברירה:

3. מהי הקביעה הנכונה?

א. ב-1 גרם ברום, $\text{Br}_{2(l)}$, יש מספר אטומים גדול יותר מאשר ב-1 גרם יוד, $\text{I}_{2(s)}$, כי ברום הוא נוזלי ויוד הוא מוצק.

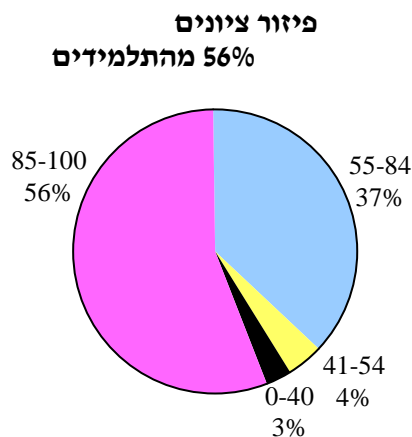
ב. ב-1 גרם ברום, $\text{Br}_{2(l)}$, יש אותו מספר אטומים כמו ב-1 גרם יוד, $\text{I}_{2(s)}$, כי בשני סוגי המולקולות יש מספר שווה של אטומים.

ג. ב-1 גרם ברום, $\text{Br}_{2(l)}$, יש מספר אטומים גדול יותר מאשר ב-1 גרם יוד, $\text{I}_{2(s)}$, כי המסה המולרית של ברום קטנה יותר.

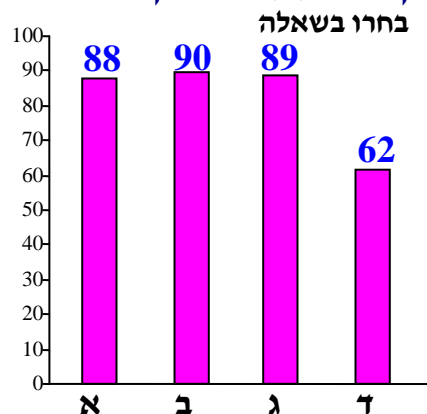
ד. ב-1 גרם ברום, $\text{Br}_{2(l)}$, יש אותו מספר אטומים כמו ב-1 גרם יוד, $\text{I}_{2(s)}$, כי בשני סוגי המולקולות יש מספר שווה של אטומים, וגם המסה של שני החומרים שווה.

שאלה 5

חמצון-חיזור וסטויכיומטריה



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 84



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ לקבוע מצב צבירה של חומר בתנאי החדר על פי טמפרטורות היתוך ורתיחה.
- ◀ כללי מסיסות במים של חומרים מולקולריים.
- ◀ לקבוע דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומי יסוד מסוים בתרכובות.
- ◀ לאזן ניסוח תגובה.
- ◀ לקבוע מחמצן ומחזור בתגובת חמצון-חיזור.
- ◀ חישובים סטויכיומטריים:
- חישוב המסה של התוצר על פי נפח המגיב במצב גז ונפח מולרי של גז בתנאי התגובה.
- חישוב מספר המולים של גז בנפח נתון על פי נפח מולרי של גז.
- חישוב מספר המולים והמסה של החומרים המשתתפים בתגובה על פי ניסוח תגובה מאוזן וכמות של אחד מהחומרים.
- חישוב מספר המולים של אלקטרוניים העוברים בתגובת חמצון-חיזור.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

השאלה עוסקת ביסוד גפרית ובתרכובות שלו: מימן גפרי, $H_2S(g)$, וגפרית דו-חמצנית, $SO_2(g)$. בטבלה שלפניך נתונים אחדים על גפרית.

סמל	מספר אטומי	טמפרטורת היתוך	מצב צבירה בתנאי החדר	מסילות במים (טובה/זניחה)	דרגת חמצון מרבית	דרגת חמצון מזערית
S	16	120°C				

סעיף א' (הציון 88)

העתק את הטבלה למחברתך, והשלם בה את הנתונים החסרים.

התשובה:

סמל	מספר אטומי	טמפרטורת היתוך	מצב צבירה בתנאי החדר	מסילות במים (טובה/זניחה)	דרגת חמצון מרבית	דרגת חמצון מזערית
S	16	120°C	מוצק	זניחה	+6	-2

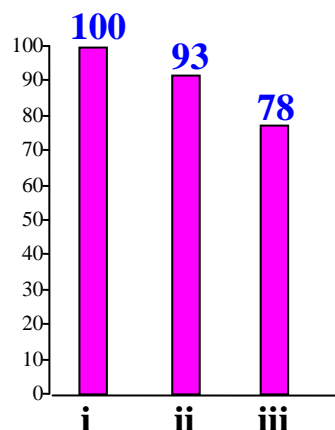
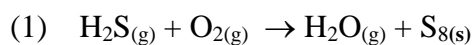
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקבוע מצב צבירה של חומר בתנאי החדר על פי טמפרטורות היתוך ורתיחה, ליישם כללי מסיסות במים של חומרים מולקולריים ולקבוע דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומי גפרית בתרכובות. הטעויות המעטות שאותרו הן בלבול בין דרגת חמצון מרבית לבין דרגת חמצון מזערית וקביעה שגפרית נמצאת במצב צבירה נוזל בתנאי החדר.

סעיף ב' (הציון 90)

גפרית אפשר להפיק מ- $H_2S(g)$ המצוי במאגרי גז טבעי.

לפניך ניסוח לא מאוזן של התגובה להפקת גפרית (תגובה (1)):

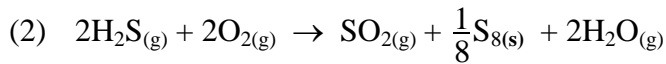


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לחשב את המסה של התוצר על פי נפח המגיב במצב גז ונפח מולרי של גז בתנאי התגובה. הטעויות המעטות שאותרו הן בעיקר טעויות חישוב.

תת-סעיף iii (הציון 78)

בנוכחות עודף של $O_2(g)$ מתרחשת תגובה (2) שנוצר בה $SO_2(g)$ בנוסף ל- $S_8(s)$.



נתון: התגובות (1) ו-(2) מתרחשות באותם תנאים.

קבע אם המסה של $S_8(s)$ המתקבלת מ- 73500 ליטר $H_2S(g)$, על פי תגובה (2), שווה למסה של $S_8(s)$ שחישבת בתת-סעיף ב ii או שונה ממנה. נמק.

התשובה:

שונה.

הגיבו 1,500 מול של $H_2S(g)$.

יחס המולים בניסוח התגובה בין $S_8(s)$ לבין $H_2S(g)$ הוא 16:1,

לכן מספר המולים של $S_8(s)$:

$$\frac{1,500 \text{ mol} \times 1 \text{ mol}}{16 \text{ mol}} = 93.75 \text{ mol}$$

המסה של $S_8(s)$:

$$256 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 93.75 \text{ mol} = 24,000 \text{ gr} = 24 \text{ kg}$$

המסה של $S_8(s)$ תהיה שונה.

אן: הסבר מילולי.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

רוב התלמידים ענו נכון באמצעות חישוב, מעטים כתבו הסבר מילולי.

הטעויות שהופיעו בתת-סעיף זה הן:

• התייחסות לגפרית כאל גז:

• "יחס המוליים פתוי התאבות שונה, לכן נפח הגפרית שונה, וכך גם המסה."

• "המסה שונה, כי נאמר שהתאבות מתרחשות באותם תנאים."

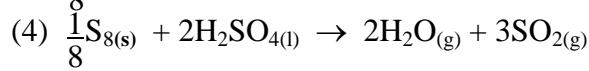
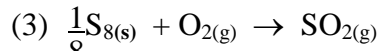
• התייחסות למגיבים בלבד:

• "המסה שונה, מכיוון שהתאבה השנייה כמות אטומי גפרית כפולה מזו שהתאבה הראשונה."

סעיף ג' (הציון 89)

$\text{SO}_{2(g)}$ הוא חומר שמשתמשים בו בין היתר לשימור פירות וירקות.

אפשר להפיק $\text{SO}_{2(g)}$ בשתי שיטות: על פי תגובה (3) או על פי תגובה (4).



עבור כל אחת מהתגובות (3) ו-(4) קבע מהו המחמצן ומהו המחזור. נמק.

התשובה:

בתגובה (3) $\text{O}_{2(g)}$ הוא המחמצן ו- $\text{S}_{8(s)}$ הוא המחזור.

דרגת החמצון של אטומי חמצן ירדה במהלך התגובה מ- 0 ל- -2 .

דרגת החמצון של אטומי גופרית עלתה במהלך התגובה מ- 0 ל- +4 .

בתגובה (4) $\text{H}_2\text{SO}_{4(l)}$ הוא המחמצן ו- $\text{S}_{8(s)}$ הוא המחזור.

דרגת החמצון של אטומי גופרית ב- $\text{H}_2\text{SO}_{4(l)}$ ירדה במהלך התגובה מ- +6 ל- +4 .

דרגת החמצון של אטומי גופרית ב- $\text{S}_{8(s)}$ עלתה במהלך התגובה מ- 0 ל- +4 .

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו מהו המחמצן ומהו המחזור בשתי התגובות.

הופיעו טעויות מעטות הנובעות מחוסר הבנה של הקשר בין שינוי בדרגות חמצון של אטומי הגופרית

במהלך התגובה לבין תפקידם כמחמצן או כמחזור:

• "הגפרית היא מחמצן כי דרגת החמצון שלה צללה."

סעיף ד' (הציון 62)

ביצעו כל אחת מהתגובות (3) ו-(4). בכל אחת מהתגובות הגיבו 32 גרם $\text{S}_{8(s)}$. קבע אם מספר

האלקטרונים שעוברים בתגובה (4) גדול ממספר האלקטרונים שעוברים בתגובה (3), קטן ממנו

או שווה לו. נמק.

התשובה:

מספר האלקטרונים שעוברים בתגובה (4) שווה למספר האלקטרונים שעוברים בתגובה (3).

בכל אחת מהתגובות הגיבו $\frac{1}{8}$ מול גפרית שהיא המחזור בשתי התגובות. השינוי בדרגות חמצון של

אטומי גופרית שב- $\text{S}_{8(s)}$ שווה בשתי התגובות: מ- 0 ל- +4 .

לכן בשתי התגובות עבר מספר שווה של אלקטרונים.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו בקביעת מספר המולים של אלקטרונים העוברים בתגובת חמצון-חיזור. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

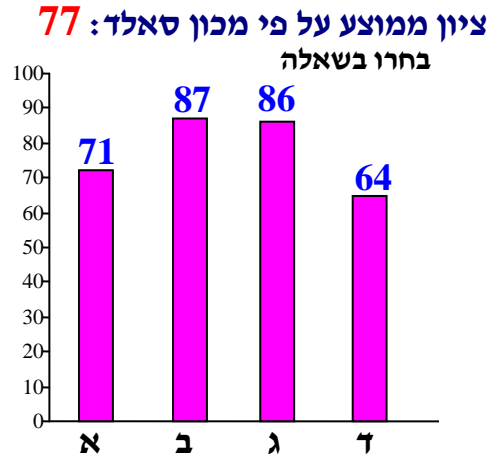
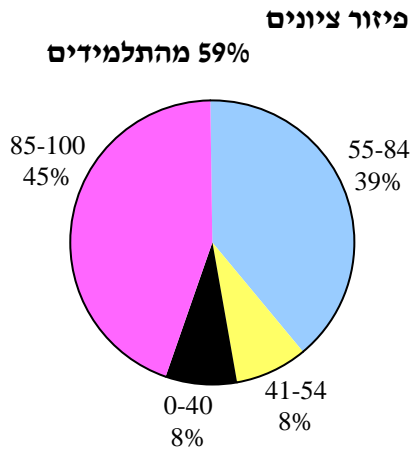
- "מספר האלקטרונים שצורבים בתאבה (4) גדול יותר, מפני שבתאבה (3) צורבים 4 אלקטרונים ובתאבה (4) צורבים 6 אלקטרונים."
- "שונה. בתאבה (3) צורבים 32 מול אלקטרונים ובתאבה (4) צורבים 4 מול אלקטרונים."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

- "המספר שונה, כי מספר המולים של הצפריית לא השתנה, הוא נשאר $\frac{1}{8}$."
- "מספר האלקטרונים שונה. בתאבה (3) אטומי הצפריית מוסרים 4 אלקטרונים ואטומי החמצן מקבלים 2 אלקטרונים. סה"כ צורבים 6 אלקטרונים. אותו דבר בתאבה (4)."

שאלה 6

מבנה וקישור וחומצות אמיניות



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- המבנה החלקיקי של חומצות אמיניות במצב מוצק - דו-יון.
- לזהות גליצין כחומר יוני.
- להבחין בין נוסחת ייצוג אלקטרונית, נוסחה מולקולרית, נוסחת מבנה וייצוג מקוצר של נוסחת מבנה של חומצה אמינית.
- המושגים: אלפא חומצה אמינית וחומצה אמינית חיונית, קשר אמידי, קשר פפטידי.
- להבחין בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים יוניים.
- לקשר בין רמה מיקרוסקופית (סוג הקשרים בין החלקיקים) לרמה מאקרוסקופית (טמפרטורת היתוך).
- מבנה של פפטידים ורישום מקוצר של נוסחת מבנה של פפטיד.
- לנסח תהליך דחיסה בין שתי חומצות אמיניות.
- לנסח תהליך הידרוליזה של דו-פפטיד.
- לעבור בין נוסחאות שונות: מנוסחת מבנה לנוסחה מולקולרית, מרישום מקוצר של דו-פפטיד לנוסחת מבנה.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

סעיף א' (הציון 71)

החומצה האמינית גליצין ($\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$, Gly), מסייעת בין היתר לפעילות התקינה של מערכת העצבים.

טמפרטורת ההיתוך של גליצין היא 233°C .

טמפרטורת ההיתוך של חומצה פרופאנואית, $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$, היא -21°C .
הסבר ממה נובע ההבדל בטמפרטורות ההיתוך של שני החומרים.

התשובה:

במצב מוצק בין המולקולות של החומצה הפרופאנואית נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס (בין השיירים הפחמימניים) וגם קשרי מימן (בין הקבוצות $-\text{COOH}$).
במצב מוצק המולקולות של גליצין מצויות בצורה של דו-יון.
(במולקולה של גליצין יש קבוצה קרבוקסילית, $-\text{COOH}$, שמגיבה כחומצה וקבוצה אמינית, $-\text{NH}_2$, המגיבה כבסיס. יש מעבר פנימי של פרוטון, H^+ , מהקבוצה $-\text{COOH}$ לקבוצה $-\text{NH}_2$ וכתוצאה מכך נוצרת צורת הדו-יון: $^+\text{H}_3\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-$.)
במצב מוצק, בין חלקיקי גליצין נוצרים כוחות משיכה אלקטרוסטטיים בין הקבוצות הטעונות מטען מנוגד (אן: קשרים יוניים). כוחות אלה חזקים בהרבה מקשרי המימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס שבין המולקולות של החומצה הפרופאנואית, לכן דרושה אנרגיה רבה יותר לנתק אותם. לכן טמפרטורת ההיתוך של גליצין גבוהה מזו של החומצה הפרופאנואית.

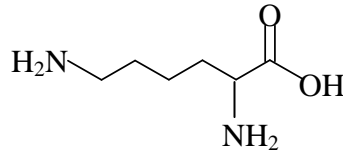
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

- אפשר למיין את הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה לשישה סוגים עיקריים :
1. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא חוסר ידע והבנה לגבי המבנה החלקיקי של חומצות אמיניות במצב מוצק (דו-יון) והתייחסות לגליצין כאל חומר מולקולרי :
 - "בחומצה אמינית קיימים קשרי מימן רבים יותר מאשר בחומצה פרוטאנואית."
 - "במולקולות גליצין יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן."
 2. חוסר הבנת המהות של כוחות ון-דר-ואלס וקשרי מימן :
 - "בחומצה פרוטאנואית יש חלק הידרופובי גדול יותר שמקשה על יצירת קשרי מימן ומגביר כוחות ון-דר-ואלס."
 3. בלבול בין מסיסות במים לבין תהליך היתוך :
 - "גליצין יוצר קשרי מימן רבים יותר עם מים ולא כן תידרש יותר אנרגיה לניתוקם."
 - "גליצין חלק הידרופובי קטן יותר, לכן הוא יוצר יותר קשרים עם מים, ולא כן צריך יותר אנרגיה לפירוק קשרים רבים יותר."
 4. חוסר הבנה של תהליך ההיתוך ברמה מיקרוסקופית. התייחסות לתהליך ההיתוך כאל תהליך הפירוק של מולקולות, תוך בלבול בין קשרים קוולנטיים לכוחות בין מולקולריים :
 - "קשרים פפטידיים הם קשרים קוולנטיים חזקים מאוד, זה אורט לקושי בפירוק החומצה."
 - "קשר פפטידי חזק מקשרי מימן וכוחות ון-דר-ואלס, לכן מולקולות גליצין נמשכות חזק יותר זו לזו, קשה יותר לנתק אותם ומפוטרת היתוך יותר גבוהה."
 - "אנרגיית הקשר בגליצין גדולה יותר כיוון שיש יותר קשרים קוולנטיים. וזה מביא למשיכה חשמלית חזקה יותר בין ארצונים של אטומים גאלקטרוניים המשותפים, דבר שידרוש השקעת אנרגיה לפירוק החומר, כלאמר טמפרטורה גבוהה יותר."
 5. בלבול בין אנרגיה לטמפרטורה :
 - "ככל שכוחות בין מולקולות חזקים יותר דרושה יותר טמפרטורה לניתוקם."
 6. בלבול בין מושגים : "חוזק חומצה" ו"חוזק אינטראקציות בין חלקיקי החומר" :
 - "ההבדל בנקודת ההיתוך נובע מכך שהחומצה גליצין חזקה יותר מהחומצה הפרוטאנואית."
 - "ככל שחומצה חזקה יותר קשה יותר לפרוק אותה ויש להשקיע יותר אנרגיה."

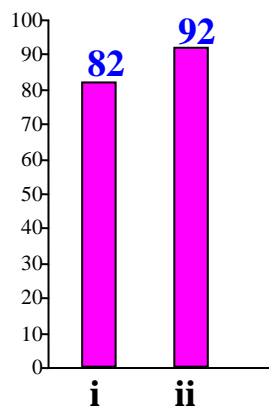
מומלץ להדגיש את המבנה המיוחד של חומצות אמיניות במצב מוצק, להמחיש אותו בעזרת מודלים, להראות לתלמידים חומצות אמיניות שונות הנמצאות במצב מוצק בטמפרטורת החדר.

סעיף ב' (הציון 87)

ליזין (Lys) היא חומצה אמינית חיונית. היא דרושה לייצור הורמונים, אנזימים ונוגדנים בגוף האדם. לפניך ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה של ליזין:



קבע עבור כל אחד מההיגדים i - ii, אם הוא נכון או לא נכון.



תת-סעיף i (הציון 82)

גוף האדם צורך כמויות גדולות של ליזין ולכן זאת חומצה אמינית חיונית.

התשובה:

לא נכון.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

תת-סעיף ii (הציון 92)

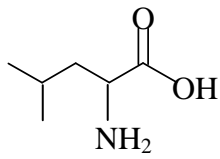
גוף האדם חייב לקבל ליזין מהמזון מכיוון שתאי הגוף אינם יכולים לייצר חומצה אמינית זו.

התשובה:

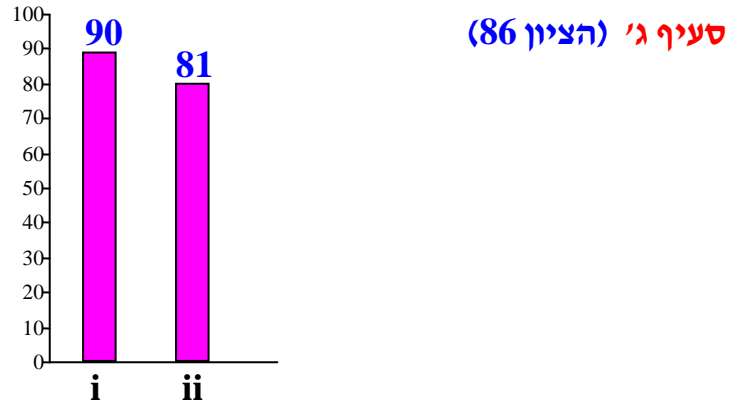
נכון.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הציונים של שני התת-סעיפים גבוהים. רוב התלמידים ידעו את ההגדרה של חומצה אמינית חיונית.



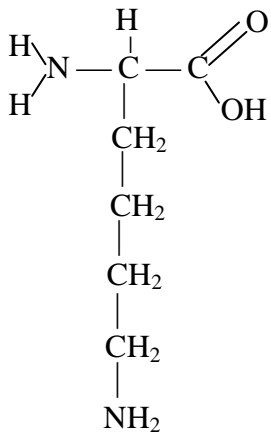
לאוצין (Lew) היא החומצה האמינית השכיחה ביותר בחלבונים.
לפניך ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה של לאוצין:



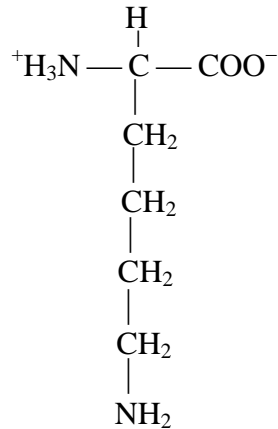
תת-סעיף i (הציון 90)

רשום ייצוג מלא של נוסחאות המבנה של ליזין ושל לאוצין.

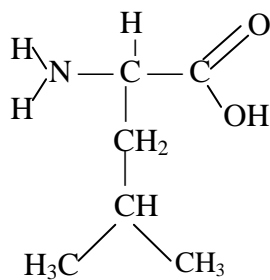
התשובה:



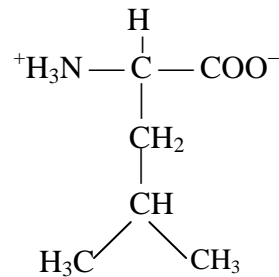
ליזין



או:



לאוצין



או:

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. התלמידים יודעים את הכללים לכתיבת הנוסחאות השונות והתנסו בכתיבת ייצוג מלא לנוסחאות מבנה של חומרים שונים, על פי ייצוג מקוצר של נוסחות מבנה של חומרים אלה.

תת-סעיף ii (הציון 81)

רשום את הנוסחאות המולקולריות של ליזין ושל לאוצין.

התשובה:

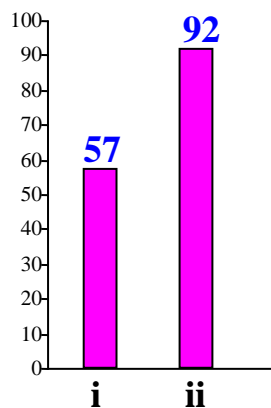
לאוצין: $C_6H_{13}NO_2$

ליזין: $C_6H_{14}N_2O_2$

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הציון גבוה. כללי הרישום של נוסחה מולקולרית על פי נוסחת מבנה ברורים לרוב התלמידים. הופיעו טעויות מעטות בנוסחאות, בעיקר בגלל טעויות במספר אטומי מימן.

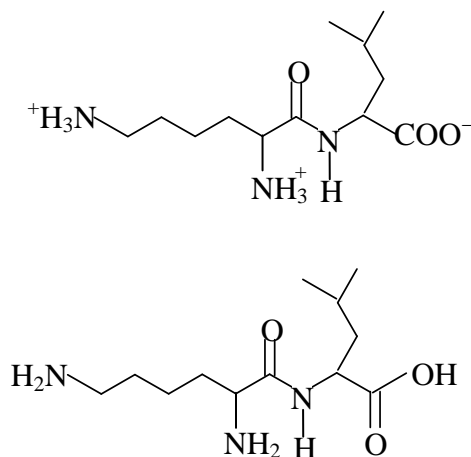
סעיף ד' (הציון 64)



תת-סעיף i (הציון 57)

רשום ייצוג מקוצר של נוסחת המבנה של הדו-פפטיד Lys-Leu.

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו לעבור מייצוג מקוצר לנוסחאות מבנה של שתי חומצות אמיניות בודדות לייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של דו-פפטיד. הופיעו הטעויות הנובעות בעיקר מחוסר הבנה של תהליך הדחיסה ויצירת קשר פפטידי:

- רישום נוסחה של דו-פפטיד Leu-Lys
- רישום קשר אמיד עם קבוצה צדדית
- טעויות ברישום קשר פפטידי
- רישום עמדות קישור לא נכונות: CO-O-NH , OH-NH-CO- , NH-O-NH
- רישום קשר גליקוזידי במקום קשר פפטידי (בלבול עם נוסחאות הסוכרים)
- רישום קשרי מימן במקום קשר פפטידי
- רישום ייצוג מלא לנוסחת מבנה במקום ייצוג מקוצר
- טעויות במספר אטומי פחמן בנוסחה.

מומלץ לתרגל רישום של ניסוח תגובת דחיסה בין שתי חומצות אמיניות, תוך שימוש בשני צבעים שונים (אדום לקבוצה קרבוקסילית וכחול לקבוצה אמינית) על מנת להדגיש את תהליך יצירת הקשר האמיד.

תת-סעיף ii (הציון 92)

כיצד מכונה הקשר שנוצר בין ליזין ללאוצין בדו-פפטיד?

התשובה:

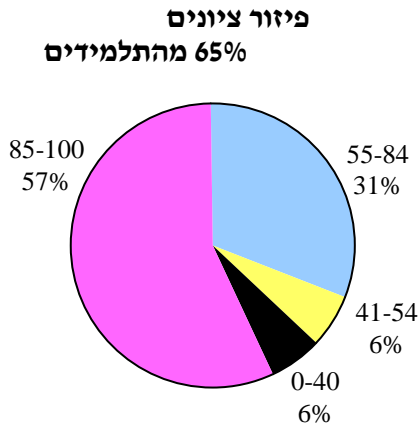
קשר פפטידי (או: קשר אמיד).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא ידע

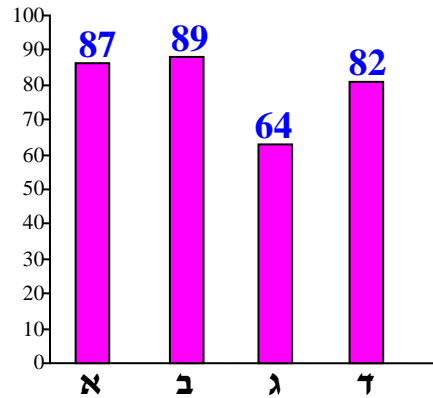
הציון גבוה מאוד. הופיעו טעויות מעטות הנובעות מחוסר ידע ומריבוי מושגים חדשים בפרק: "קשר מימן פפטידי", "קשר דו-פפטידי", "קשר דחיסה", "קשר אמיני", "קשר גליקוזידי".

שאלה 7

חומצות ובסיסים



ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 81
בחרו בשאלה



כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- מאפיינים של חומצות בכלל וחומצות אורגניות בפרט.
- הבדל בתכונות של קבוצה כוהלית ושל קבוצה קרבוקסילית בתמיסה מימית.
- תכונות של חומצות: תגובה בין חומצה למים, תגובת סתירה.
- מהו pH. הקשר בין pH התמיסה לבין ריכוז יוני $H_3O^+_{(aq)}$ בתמיסה.
- המושג "חוזק חומצה". קשר בין חוזק חומצה לבין pH התמיסה.
- לנסח תהליך המסה במים של חומר יוני.
- לנסח תגובה של יוני מימן פחמתי עם חומצה.
- המושג "ריכוז מולרי" והשימוש בו בהכנת התמיסות.

רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

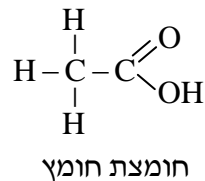
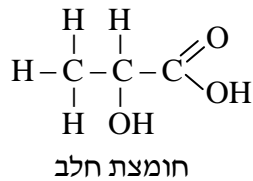
כבר בשנת 2400 לפני הספירה בני אדם החמיצו מלפפונים. החמצה היא תהליך של שימור מזון באמצעות יצירה של סביבה חומצית, שמונעת התפתחות של מיקרואורגניזמים הגורמים לקלקול המזון.

ידועות שתי שיטות להחמצת מלפפונים:

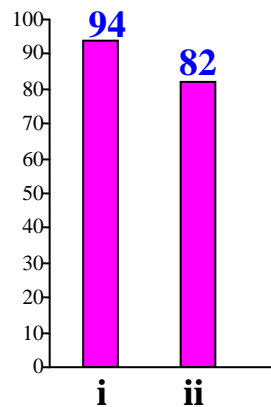
- הוספת מלח בישול שמסייע להיווצרות חומצת חלב.

- הוספת חומץ (תמיסה מהולה של חומצת חומץ).

לפניך נוסחאות מבנה של שתי החומצות:



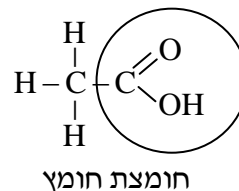
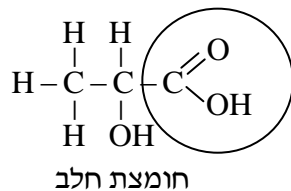
סעיף א' (הציון 87)



תת-סעיף i (הציון 94)

העתק למחברתך את נוסחאות המבנה של שתי החומצות. בכל אחת מהנוסחאות הקף במעגל את הקבוצה הפונקציונלית האחראית לתכונות החומציות.

התשובה:



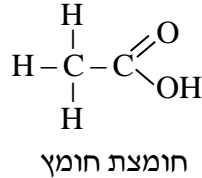
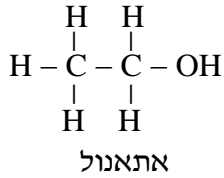
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הציון גבוה. התלמידים ידעו לזהות קבוצה קרבוקסילית במולקולות של שתי החומצות ולהבחין בין קבוצה כוהלית לבין קבוצה קרבוקסילית במולקולה של חומצת חלב. תלמידים מעטים סימנו את החלק OH- בקבוצה קרבוקסילית במקום הקבוצה כולה או סימנו קבוצה כוהלית בחומצת חלב במקום קבוצה קרבוקסילית.

מומלץ להשוות קבוצה כוהלית וקבוצה קרבוקסילית כבר כשמתחילים ללמד קבוצות פונקציונליות. שאלות לדוגמה :

שאלה 1

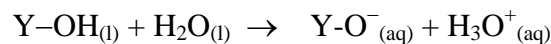
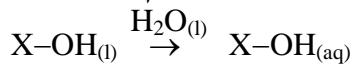
נתונות נוסחאות מבנה של אתאנול וחומצת חומץ :



- סמן את הקבוצות הפונקציונליות בכל אחת מהנוסחאות.
 - ציין את המטענים החלקיים על כל אחד מהאטומים בקבוצות האלה.
 - באיזו מהקבוצות גודל המטען החלקי על אטום מימן גדול יותר? נמק.
 - באיזה משני החומרים אנרגיית הקשר O-H קטנה יותר? נמק.
- את ההשוואה בין שתי הקבוצות ניתן להמשיך כאשר דנים בחוזק חומצות.

שאלה 2

א. נתונים תהליכי המסה במים של שני חומרים שבמולקולות שלהם יש קבוצות -OH .

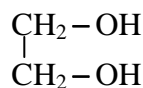
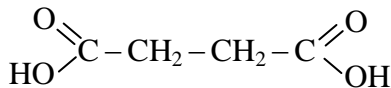
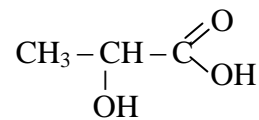
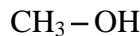
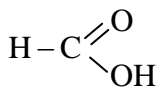


אחד מהחומרים הוא כוהל והשני חומצה קרבוקסילית. התאם את החומרים האלה לתהליכי ההמסה. הסבר.

- קבע מהי הקבוצה הפונקציונלית של כל אחד מהחומרים ורשום את נוסחתה.
- רשום נוסחאות מבנה של כוהל ושל חומצה קרבוקסילית, כאשר במולקולה של כל אחד מהם יש :
 - אטום פחמן אחד.
 - שני אטומי פחמן.

שאלה 3

לפינך נוסחאות מבנה של מספר חומרים. מייך חומרים אלה לכהלים ולחומצות קרבוקסיליות.



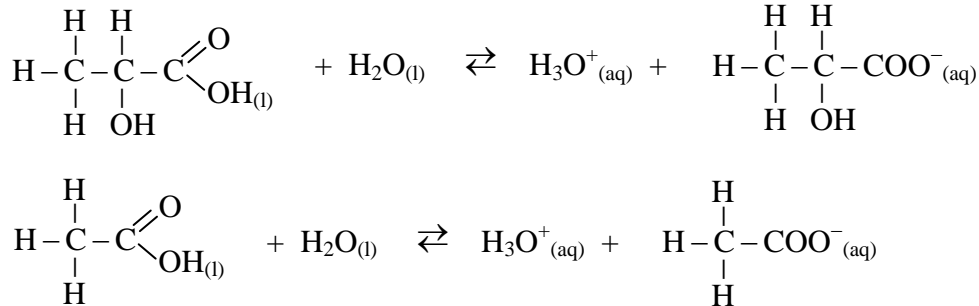
שאלה 4

נתונות נוסחאות של מספר כהלים : CH_3OH , $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$. רשום נוסחאות של חומצות קרבוקסיליות שבמולקולות שלהן יש אותו מספר אטומי פחמן.

תת-סעיף ii (הציון 82)

עבור כל אחת משתי החומצות נסח את התהליך המתרחש כשמוסיפים את החומצה למים.

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

רוב התלמידים ניסחו נכון את התגובות בין חומצות למים. יחד עם זאת הופיעו ניסוחים שגויים המצביעים על חוסר הבנה של תפקיד הקבוצה הקרבוקסילית בתגובות של חומצות:

- $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{2(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{CO}_{2(g)}$
- $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{3(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCOOH}_{(l)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HCO}_3^-_{(aq)} + \text{CH}_3^+_{(aq)} + \text{COOH}^-_{(aq)}$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCOOH}_{(l)} \rightarrow \text{C}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

כמו כן הופיעו ניסוחים של תהליכי המסה:

- $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{2(l)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{2(aq)}$
- $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{3(l)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{2(aq)}$

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדלים בין תהליכי ההמסה במים של חומרים מולקולריים, שהם לא חומצות או בסיסים, לבין התגובות של חומצות ובסיסים עם מים.

שאלה לדוגמה:

לפניך נוסחאות של מספר חומרים:



א. מייך את החומרים, לפי הסביבה שנוצרת לאחר ההמסה של כל אחד מהחומרים במים,

לקבוצות הבאות: חומצה, בסיס, גם חומצה וגם בסיס, לא חומצה ולא בסיס.

ב. נסח את תהליכי ההמסה במים של החומרים שזיהית בסעיף א' כחומצות וכבסיסים.

ציין בכל ניסוח מהו הבסיס ומהי החומצה במגיבים. נמק.

כמו כן מומלץ לבצע ניסויים פשוטים שבהם מכניסים למים חומרים שונים ובודקים אם מתרחשת המסה בלבד או תגובת חומצה-בסיס.

ניסוי 1: הכנסת סודה לשתייה, $\text{NaHCO}_3(s)$ למים ולתמיסה מימית של חומצה מימן כלורית, $\text{HCl}_{(aq)}$.

למבחנה עם מים מוסיפים סודה לשתייה ומערבבים עד להמסת המוצק. בודקים את ה-pH של התמיסה.

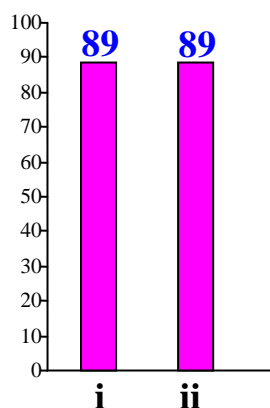
למבחנה עם תמיסת חומצה מימן כלורית מוסיפים סודה לשתייה ומערבבים עד להמסת המוצק. עוקבים אחר ההשתנות של ה-pH של התמיסה. שאלות:

- קבעו עבור כל אחת מהמבחנות אם התרחשה בה המסה בלבד או תגובה כימית. **נמקו.**
- תארו את התהליכים שהתרחשו בכל אחת מהמבחנות ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית.
- ניתן לבצע ניסויים דומים עם חומרים נוספים.

סעיף ב' (הציון 89)

בטבלה שלפניך מוצגים ערכי pH של שלוש תמיסות מימיות של חומצות. התמיסות הן שוות ריכוז.

מספר התמיסה	(1)	(2)	(3)
החומצה	חומצת מימן כלורי HCl	חומצת חומץ	חומצת חלב
pH של התמיסה	1.00	2.87	2.04



תת-סעיף i (הציון 89)

סדר את שלוש התמיסות המימיות שבטבלה לפי סדר עולה (מהנמוך לגבוה) של ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$. נמק.

התשובה:

עלייה בריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
חומצת חומץ, חומצת חלב, חומצת מימן כלורי
ככל ש-pH התמיסה נמוך יותר, ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסה גבוה יותר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לסדר את שלוש התמיסות המימיות שוות הריכוז לפי ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, כשנתון pH של כל תמיסה. תלמידים מעטים הציגו סדר הפוך, כי חשבו שכלל ש-pH התמיסה גבוה יותר, ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסה גבוה יותר:
• "ככל ש-pH יותר גבוה, כך יש יותר יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ".

תת-סעיף ii (הציון 89)

איזו חומצה חזקה יותר - חומצת מימן כלורי או חומצת חומץ? נמק.

התשובה:

חומצת מימן כלורי.
(התמיסות של שתי החומצות שוות ריכוז).
בתמיסת $\text{HCl}(\text{aq})$ ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ גבוה יותר, לכן חומצה זו חזקה יותר.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הציון גבוה. יחד עם זאת הופיעו נימוקים חלקיים ללא אזכור של ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$:
• "HCl חזקה יותר, כי ה-pH שלה יותר נמוך."
כמו כן אותרו טעויות הנובעות מבלבול בין חוזק חומצה לחוזק קשרי מימן:
• "חומצת חומץ חזקה יותר, כי יש בה יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן."
בנוסף, הופיעו סיסמאות במקום נימוקים:
• "חומצת חומץ היא חומצה אורגנית ולכן היא חזקה."

כדי להבהיר את הקשר בין pH התמיסה, ריכוז יוני H_3O^+ (aq) ויוני OH^- (aq) בתמיסה וחוזק חומצה או בסיס, מומלץ להסביר לתלמידים את המושגים "קבוע חומצה" ו"קבוע בסיס" על פי פרק די "שמירה על איזון - זה כל העניין!" בספר לימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד ודינה רפפורט, מכון ויצמן למדע, מומלץ לדון עם התלמידים באיורים בספר בעמודים 98-99 המתארים את הריכוזים של יוני H_3O^+ (aq) ויוני OH^- (aq) בתמיסות השונות ואת סולם pH. כמו כן מומלץ לעבור עם התלמידים על טבלה 18 - קבועי חומצות ועל טבלה 19 - קבועי בסיסים בספר נתונים מאת ד"ר איטה כהן, מכון ויצמן למדע. יש לשים לב לחומצות חזקות ולבסיסים חזקים ולהבדלים בקבועי חומצות ובקבועי בסיסים של חומצות ובסיסים חלשים. שאלה לתרגול:

הכינו שלוש תמיסות שוות ריכוז של החומצות הבאות:

Ka, קבוע חומצה	חומצה	
$1.8 \cdot 10^{-5}$	CH_3COOH	1
$2.1 \cdot 10^{-1}$	CCl_3COOH	2
$5.9 \cdot 10^{-1}$	CF_3COOH	3

מהו ההיגד הנכון ?

א. ה- pH של שלוש התמיסות זהה, כי הן שוות ריכוז.

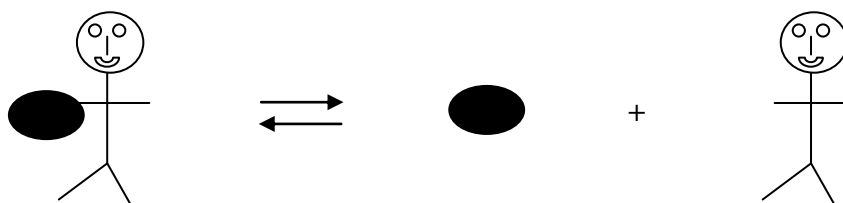
ב. ה- pH של תמיסות 2 ו-3 זהה, כי לערכי הקבוע יש אותה חזקה.

ג. חומצה 3 היא החזקה ביותר, כי ערך קבוע החומצה שלה הכי גבוה.

ד. חומצה 1 היא החזקה ביותר, כי כל מולקולה שלה יכולה למסור 4 פרוטונים.

תיאור פעילות הקשר בכדורגל אמריקאי (שחקן שתפקידו להעביר כדור לשחקני ההתקפה) יכול לשמש אנלוגיה מתאימה לחוזק חומצה.

קשרים חזקים משחררים את הכדור מהר מאוד ולכן, כשהמשחק נעצר, הכדור לא נמצא אצל קשרים - כמו פרוטונים שיוצאים ממולקולות של חומצה חזקה בתמיסה. לעומת זאת, קשרים חלשים מחזיקים את הכדור יותר זמן ולכן, כשהמשחק נעצר, רק קשרים מעטים נשארים בלי כדור - כמו פרוטונים מעטים שיוצאים ממולקולות של חומצה חלשה בתמיסה.



כפי שהוזכר לעיל, היו תלמידים שהתבלבלו בין חוזק חומצה לחוזק קשרי מימן. טעויות מסוג זה נובעות מחוסר הבחנה בין אטום מימן "החשוף" מאלקטרונים לבין פרוטון. מומלץ להדגיש שמדובר באותו אטום המימן אך במצבים השונים: אטום מימן שקשור לאטום אחר בקשר קוולנטי ואטום מימן נטול אלקטרון. בהזדמנות זו ניתן להתייחס אל הרצף של סוגי הקשר ואל המעברים ביניהם ולהראות איך אטום המימן "החשוף" באופן חלקי הופך לאטום המימן "הערום" - יון מימן, תוך הסבר מפורט על תגובה בין חומצה ומים. אפשר להביא דוגמאות לקשר בין חוזק קשרי מימן לבין חוזק החומצה.

שאלה לתרגול:

נתונות שתי חומצות והקבועים שלהן: HCN ($K_a = 4.9 \cdot 10^{-10}$) ו- HF ($K_a = 5.6 \cdot 10^{-4}$)

- קבע איזו מבין שתי החומצות היא חומצה חזקה יותר. נמק.
- נסח את התהליך המתרחש בעת המסה במים של כל אחת מהחומצות.
- במולקולה של איזו משתי החומצות הקשר בין אטום המימן לבין שאר המולקולה קוטבי יותר? נמק.
- בתהליך ההמסה נוצרים קשרי מימן בין מולקולות של כל אחת מהחומצות לבין מולקולות מים. צייר באופן סכמתי קשר מימן אחד שנוצר בין מולקולה של כל אחת מהחומצות לבין מולקולת מים.
- מאיזו משתי המולקולות: HF או HCN , הסיכוי שהפרוטון יעבור למולקולת המים גדול יותר? נמק.

הטיפול בסיסמאות שהופיעו בנימוקים – "כל החומצות האורגניות הן חלשות", יכול להיעשות באמצעות דוגמאות של חומצות אורגניות שהחוזק שלהן בינוני, כגון $\text{CCl}_3\text{COOH}_{(l)}$. כמו כן כדאי להדגיש שרק חומצות אנאורגניות מעטות הן חומצות חזקות.

שאלה לתרגול:

נתונים קבועי חומצה של מספר חומצות:

Ka	החומצה
$4.7 \cdot 10^{-4}$	$\text{HNO}_{2(l)}$
$2.3 \cdot 10^{-1}$	$\text{CCl}_3\text{COOH}_{(l)}$
$2.1 \cdot 10^{-9}$	$\text{HBrO}_{(l)}$
$1.8 \cdot 10^{-5}$	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$

- דרג את החומצות לפי חוזק חומצה עולה. נמק.
- נסח את התהליך המתרחש כאשר ממסים כל אחת מהחומצות במים.
- בכל אחד מהתהליכים שניסחת ציין את סוגי החלקיקים שנמצאים בתמיסה.

ד. נתונות שתי חומצות :



חומצה תלת כלורו-אצטית

חומצה אצטית

על פי קביעתך בסעיף א', הסבר מדוע אחת מהחומצות האלה חזקה יותר מהחומצה השנייה. בהסברך התייחס לכל הקשרים הקיימים במולקולות של שתי החומצות.

ה. קבע אם ערך K_a של חומצה תלת פלואורו-אצטית, $\text{CF}_3\text{COOH}_{(l)}$:

• גדול מ- $2.3 \cdot 10^{-1}$

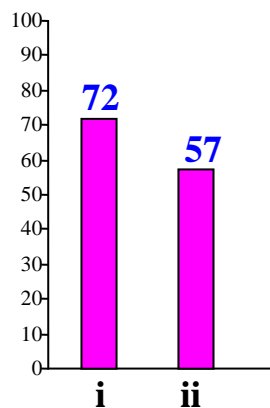
• קטן מ- $2.3 \cdot 10^{-1}$ וגדול מ- $1.8 \cdot 10^{-5}$

• קטן מ- $1.8 \cdot 10^{-5}$

נמק את קביעתך.

סעיף ג' (הציון 64)

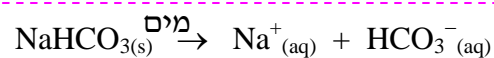
אכילה מוגזמת של מלפפונים חמוצים יכולה להעלות את רמת החומציות בקיבה ולגרום לצרבת. יש המטפלים בבעיה זו על ידי שימוש בתמיסה מימית של סודה לשתייה.



תת-סעיף i (הציון 72)

נסח את תהליך ההמסה במים של סודה לשתייה, $\text{NaHCO}_{3(s)}$.

התשובה:



לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר ניסיון של חלק מהתלמידים לטפל ביונים מורכבים המכילים אטומי מימן. רוב התלמידים שטעו הבינו שמדובר בחומר יוני שמתפרק במים ליונים, אך לא ידעו מהם היונים:

- $NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{p'N} NaOH^+_{(aq)} + CO_2^-_{(aq)}$
- $NaHCO_{3(s)} \rightarrow NaH_2CO_3^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
- $NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{p'N} NaH^{2+}_{(aq)} + CO_3^-_{(aq)}$

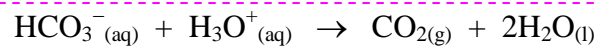
טעות נוספת היא התייחסות לחומר יוני $NaHCO_{3(s)}$ כאל חומר מולקולרי:

- $NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{p'N} NaHCO_{3(aq)}$

תת-סעיף ii (הציון 57)

נסח את התגובה המתרחשת בין התמיסה המימית של סודה לשתייה לבין יוני ההידרוניום, $H_3O^+_{(aq)}$.

התשובה:

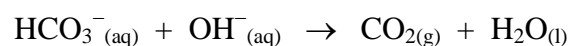


לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הציון נמוך. חלק מהתלמידים לא התייחסו לכך שמדובר בתגובה המתרחשת בתמיסה מימית, שהחלקיקים הנמצאים בה רשומים כתוצרים בתגובה המנוסחת בתת-סעיף i, ורשמו בניסוח תגובה את סודה לשתייה כמגיב. תלמידים רבים לא ידעו מהם תוצרי התגובה שהיא אחת מהתגובות שיש להכיר ולנסח:

- $NaHCO_{3(s)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + CO_2^-_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$
- $NaHCO_{3(s)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
- $NaHCO_{3(s)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow NaH_2CO_3^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
- $Na^+_{(aq)} + 2HCO_3^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

סיבה נוספת לטעויות מסוג זה היא שיונים כגון $HCO_3^-_{(aq)}$ יכולים לפעול כבסיס - כמו בשאלה זו, אך גם כחומצה - בתגובות עם בסיס חזק:



שאלות לתרגול:

שאלה 1

לגבישים של אשלגן מימן פחמתי, $\text{KHCO}_3(\text{s})$, הוסיפו תמיסה מימית של חומצה מימן כלורית, $\text{HCl}(\text{aq})$.

- א. נסח את התהליכים המתרחשים בעת ההמסה במים של כל אחד מהחומרים הנתונים.
- ב. באחד מהתהליכים שניסחת משתחרר גז. ציין בניסוח של תהליך זה את החלקיקים הפועלים כחומצה ואת החלקיקים הפועלים כבסיס. נמק את קביעתך.

שאלה 2

השאלה מתייחסת לשני סוגי יונים: יוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ ויוני $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$.
א. עבור כל אחד מסוגי היונים הנתונים קבע אם תתרחש תגובה:

- i בין יונים אלה לבין יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$. אם כן - נסח את התגובה. אם לא - הסבר מדוע לא.
 - ii בין יונים אלה לבין המים, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. אם כן - נסח את התגובה. אם לא - הסבר מדוע לא.
- ב. בכל אחד מניסוחי התגובות, שניסחת בסעיף א', קבע מהי החומצה ומהו הבסיס וציין אותם.
- ג. רשום נוסחה של חומר יוני המכיל יוני HCO_3^- ונוסחה של חומר יוני המכיל יוני CO_3^{2-} .
- ד. נסח את תהליכי ההמסה במים של כל אחד מהחומרים, שאת נוסחאותיהם רשמת בסעיף ג'.

מומלץ לשלב בתרגול את הניסויים המופיעים באתר:

http://www.smkb.ac.il/aha/content/Projects/Chemistry/Sharon_Chechover/acids_text%5CAcids_experimental.htm

סעיף ד' (הציון 82)

כדי להכין 0.5 ליטר תמיסה להחמצת מלפפונים, הוסיפו מים ל- 10 מיליליטר חומץ שריכוז חומצת החומץ בו הוא 0.85 M. חשב את הריכוז של חומצת החומץ בתמיסה שהוכנה. פרט את חישוביך.

התשובה:

מספר המולים של חומצת חומץ ב- 10 מיליליטר תמיסה בריכוז 0.85 M:

$$0.85 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.01 \text{ liter} = 0.0085 \text{ mol}$$

$$\frac{0.0085 \text{ mol}}{0.5 \text{ liter}} = 0.017 \text{ M}$$

הריכוז של CH_3COOH בתמיסה שהוכנה:

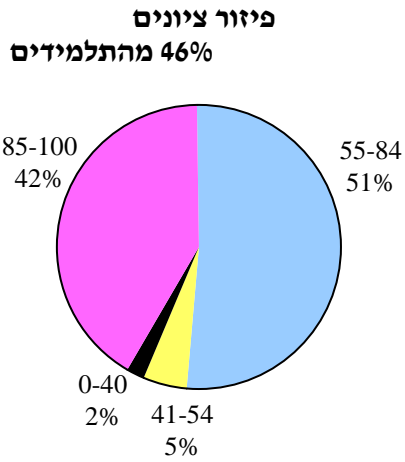
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

רוב התלמידים חישובו נכון את ריכוז התמיסה המהולה. יחד עם זאת הופיעו טעויות הנובעות מחוסר הבחנה בין ריכוז החומר המומס בתמיסה לבין מספר המולים של החומר המומס בנפח מסוים של התמיסה.

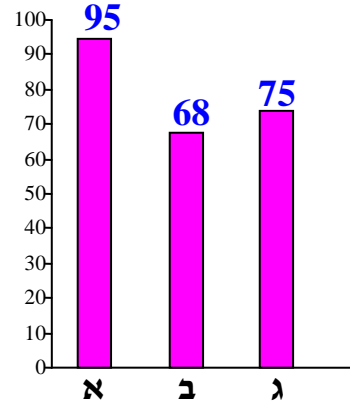
מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים שבהם מושם דגש על הבחנה בין ריכוז החומר המומס בתמיסה לבין מספר המולים של החומר המומס בנפח מסוים של התמיסה.

שאלה 8

סוכרים



79 ציון ממוצע על פי מכון סאלד: בחרו בשאלה



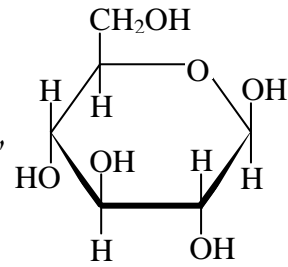
כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:

- ◀ למספר את אטומי הפחמן בטבעת של חד-סוכר.
- ◀ לקבוע תבנית α או β על פי עמדות הקבוצות הקשורות לאטום פחמן מספר 1.
- ◀ נוסחאות היוורת של סוכרים.
- ◀ לזהות קשר גליקוזידי בדו-סוכרים וברב-סוכרים.
- ◀ לקבוע עמדות קישור על פי נוסחת מבנה נתונה של דו-סוכר.
- ◀ מהם הרב-סוכרים תאית ועמילן: מאילו יחידות של חד-סוכרים מורכב כל רב-סוכר, מהן עמדות הקישור ומהו הקשר בין מבנה לתפקוד.
- ◀ לזהות יחידות של חד-סוכרים בדו-סוכר וברב-סוכר, כולל טבעות "מסובבות" ו"הפוכות".
- ◀ ליישם את הידע בנושא "מבנה וקישור" כדי להסביר את מסיסות הסוכרים השונים במים, ואת הכוחות הנוצרים במגע בין מולקולות הסוכר לבין מולקולות המים.

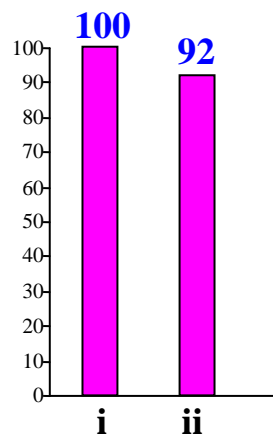
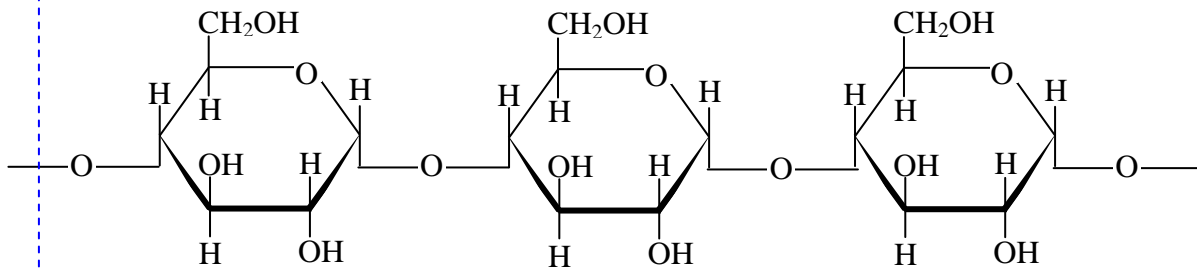
רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום

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

גלוקוז, הוא התוצר העיקרי של פירוק פחמימות במערכת העיכול.



עמילן שהוא מרכיב חשוב בתזונת האדם, מכיל עמילוז ועמילופקטין. לפניך נוסחת היוורת של קטע ממולקולת עמילוז.



סעיף א' (הציון 95)

תת-סעיף i (הציון 100)

בין אילו אטומי פחמן במולקולה של עמילוז יש קשרים גליקוזידיים?

התשובה:

בין C-1 (בטבעת גלוקוז אחת) לבין C-4 (בטבעת גלוקוז סמוכה).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה

הציון 100. כל התלמידים ידעו למספר את אטומי הפחמן בטבעות הגלוקוז ולזהות בין אלו אטומי פחמן מתקיים הקשר הגליקוזידי.

תת-סעיף ii (הציון 92)

קבע אם הקשרים הגליקוזידיים במולקולת עמילוז הם קשרי α או קשרי β . נמק.

התשובה:

קשרי α .

קבוצת -OH שיצרה את הקשר הגליקוזידי נמצאת מתחת לטבעת (או: בניגוד לעמדת מתילול).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו שהתבנית α או β מתייחסת לעמדת הקישור של פחמן מספר 1, ובמקרה

הנתון קבוצת -OH שיצרה את הקשר הגליקוזידי נמצאת מתחת למישור הטבעת.

אותרו טעויות מעטות בנימוקים:

• "קשר α , כי זה חומר תמורת".

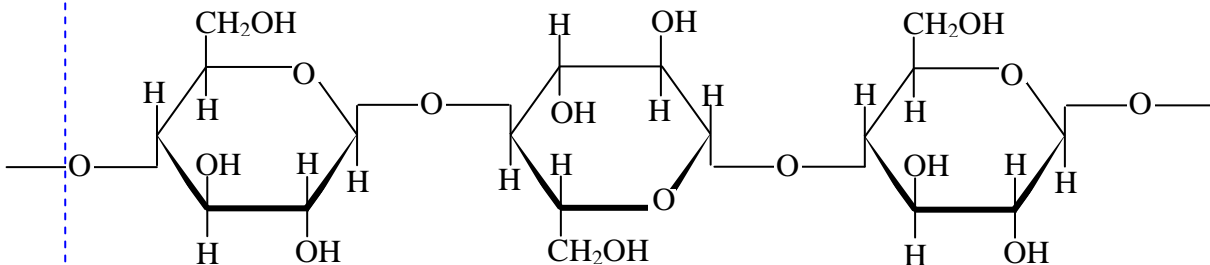
השגיאה נובעת מהכללה. התלמידים למדו שעמילן הוא חומר תשמורת ושתבנית הקשור הגליקוזידי

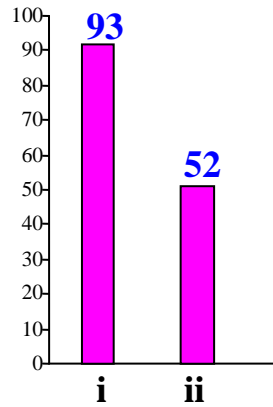
בעמילן היא α .

כדי לזהות קשרים גליקוזידיים מומלץ לתרגל רישום נוסחאות מקוצרות לדו-סוכרים ולרב-סוכרים. מומלץ להבהיר לתלמידים שישנם חומרי תשמורת רבים שבהם תבניות ועמדות קישור שונות, לכן לא בהכרח התבנית בחומר תשמורת היא α .

סעיף ב' (הציון 68)

לפניך נוסחת היוורת של קטע ממולקולה של תאית, שהיא מרכיב חשוב של סיבים תזונתיים.





תת-סעיף i (הציון 93)

קבע אם מולקולה של תאית מכילה רק יחידות גלוקוז או גם יחידות של חד-סוכר אחר. נמק.

התשובה:

רק יחידות גלוקוז. כל היחידות זהות. (הטבעת האמצעית היא טבעת גלוקוז הפוכה).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. רוב התלמידים זיהו את טבעות הגלוקוז, כולל טבעות "הפוכות".
הופיעו טעויות מעטות - קביעה שיש יחידות של חד-סוכר נוסף בתאית וניסיונות להסבירה:

- "כי בגלוקוז מתיאול חייב להיות מצא מישור הטבעת".
- "כי בגלוקוז יש $\alpha(1-4)$ ובערבול יש $\beta(1-4)$ ".

תת-סעיף ii (הציון 52)

תאית אינה מתפרקת במערכת העיכול ויוצאת מהגוף. מולקולות גלוקוז נמשכות לתאית במערכת העיכול, וכך פחות גלוקוז מגיע לדם. הסבר מדוע מולקולות גלוקוז נמשכות לתאית.

התשובה:

בין מולקולות תאית לבין מולקולות גלוקוז יכולים להיווצר קשרי מימן רבים בין אטומי מימן החשופים ממאלקטרוניים לבין אלקטרוניים לא קושרים של אטומי חמצן.

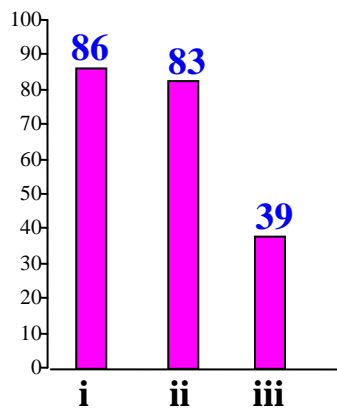
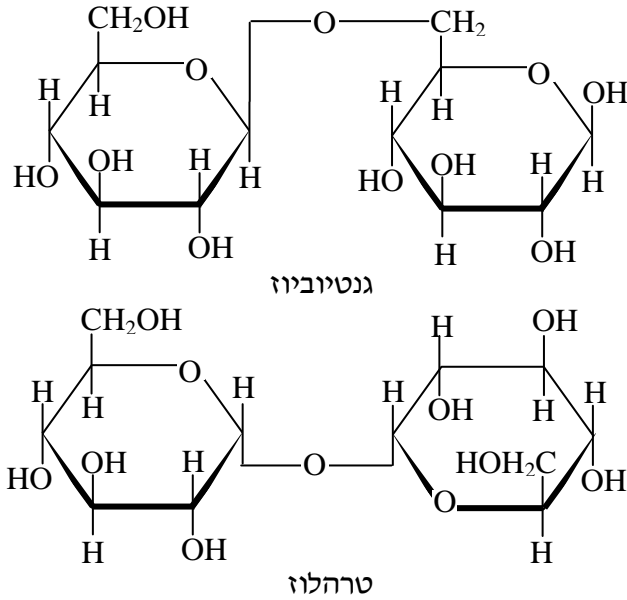
לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו ליישם את הידע בנושא "מבנה וקישור", כדי להסביר את המשיכה של מולקולות גלוקוז לתאית במערכת העיכול, ולכן לא כתבו על קשרי מימן רבים הנוצרים בין מולקולות גלוקוז לבין תאית, אלא "המציאו" סיבות לא נכונות:

- "גלוקוז נמשך לתאית בגלל כוחות ון-דר-ואלס".
 - "התאית מורכבת מגלוקוז, לכן בגלוקוז נמשך אליה".
- היו תלמידים שלא ידעו מהם התנאים ליצירת קשרים גליקוזידיים וכתבו:
- "תאית מושכת גלוקוז כי נוצרים קשרים גליקוזידיים".

סעיף ג' (הציון 75)

לפניך נוסחאות היוורת של דו-סוכרים גנטיוביוז וטרהלוז :



תת-סעיף i (הציון 86)

ציין בין אילו אטומי פחמן במולקולת גנטיוביוז ובמולקולת טרהלוז יש קשרים גליקוזידיים.

התשובה:

במולקולת גנטיוביוז : בין אטומי פחמן 1 ו- 6 .

במולקולת טרהלוז : בין אטומי פחמן 1 ו- 1 .

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקבוע בין אלו אטומי פחמן יש קשרים גליקוזידיים בדו-סוכרים. תלמידים מעטים התקשו בזיהוי קשרים גליקוזידיים:

- "באנטיויול קשרים מסוג $\beta(1-5)$ ".
- "בג'י הדו-סוכריים קשרים מסוג $\beta(1-6)$ ".

המסיסות של טרהלוז במים גבוהה, והוא משמש להמתקת משקאות. לעומת זאת, כשמוסיפים מים לעמילון, הוא סופג מים, אך מתמוסס במידה מועטה.

תת-סעיף ii (הציון 83)

הסבר מדוע המסיסות של טרהלוז במים היא גבוהה.

התשובה:

בין מולקולות טרהלוז לבין מולקולות מים יכולים להיווצר קשרי מימן רבים בין אטומי מימן החשופים ממאלקטרונים לבין אלקטרונים לא קושרים של אטומי חמצן.

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא ינישום

רוב התלמידים ישמו את הידע בנושא "מבנה וקישור", כדי להסביר את מסיסות הטרלהלוז במים וזיהו את התנאים לקיום קשרי מימן בין מולקולות טרהלוז לבין מולקולות מים. הטעות העיקרית בתת-סעיף זה היא התייחסות אל מסיסות דו-סוכר במים כאל תהליך ההידרוליזה - פירוק מולקולות דו-סוכר למולקולות של חד-סוכר:

- "כי יש אפשרות לנתק קשרים (1-1) בין הגלוקוז המרכיב את הטרלהלוז".
- "טרלהלוז יכול לעבור הידרוליזה ולהפיץ את מים".

תת-סעיף iii (הציון 39)

הסבר מדוע המסיסות של עמילון במים היא נמוכה.

התשובה:

מולקולות עמילון גדולות בהרבה ממולקולות טרהלוז, ולכן הן לא יכולות להתפזר בין מולקולות המים (מולקולות המים רק נמשכות למולקולות העמילון כי נוצרים קשרי מימן).

לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה

הציון נמוך במיוחד. התלמידים לא הצליחו ליישם את הידע בנושא "מבנה וקישור" כדי להסביר את התנהגות העמילוז במים. תלמידים מעטים בלבד התייחסו לגודל מולקולות העמילוז.

אפשר למיין את הטעויות האופייניות בתת-סעיף זה לשלושה סוגים עיקריים:

1. התייחסות למסיסות רב-סוכר במים כאל תהליך ההידרוליזה - פירוק מולקולות רב-סוכר למולקולות של חד-סוכר:

• "צמילוז קשה לפרק ולכן מסיסותו נמוכה."

2. התייחסות למולקולות העמילוז כאל מולקולות עם חלק הידרופובי גדול תוך התעלמות מקבוצות -OH רבות:

• "המסיסות נמוכה כי החלק ההידרופובי גדול מהחלק ההידרופילי."

3. נטייה לקשר בין מוטרוטציה של סוכר למסיסותו במים:

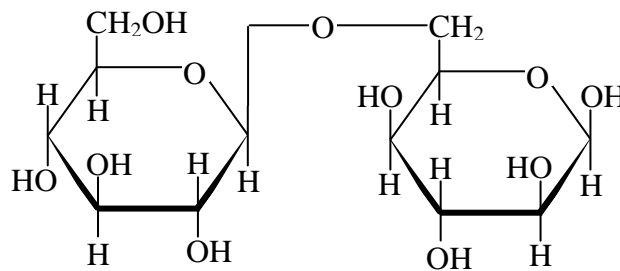
• "מסיסות הצמילוז באים נמוכה כיוון שהוא צובר מוטרוטציה."

• "מסיסות של רב-סוכר זה באים נמוכה כי הוא לא צובר מוטרוטציה."

כשמלמדים את הנושא "סוכרים", מומלץ לחזור על עקרונות הנושא "מבנה וקישור" ולפתור תרגילים המשלבים בין שני הנושאים.

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין מסיסות סוכר במים לבין ספיגה של מים על ידי הסוכר. שאלה לתרגול:

לפניך נוסחת היוורת של דו-סוכר A:



א. רשום נוסחה מקוצרת של דו-סוכר A.

ב. קבע אם בתמיסה מימית של דו-סוכר A מתרחשת מוטרוטציה. נמק.

ג. רשום נוסחה מקוצרת לדו-סוכר B הבנוי מיחידות של אותם חד-סוכרים כמו דו-סוכר A, שבתמיסה המימית שלו לא מתרחשת מוטרוטציה.

ד. ידוע שדו-סוכר A הוא תוצר ההידרוליזה של רב-סוכר C. רשום נוסחת היוורת לקטע מייצג של רב-סוכר C.

ה. דו-סוכר A מתמוסס היטב במים, אך רב-סוכר C אינו מתמוסס במים. הסבר עובדה זו. התבסס בהסברך על עקרונות הנושא "מבנה וקישור".

מומלץ להיעזר במצגת בנושא "סוכרים" המצורפת העוסקת בעיקר בהיבט הכימי של הנושא. (המצגת מכילה גם חומר העשרה).