

**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית

###### אגף מדעים

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה

3 יחידות לימוד

שאלון 37303 תשע"ב

**הוכן על-ידי: בוגרי הקורסים למורים מובילים**

**במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה**

**בראשות: זיוה בר-דב**

**צוות הכתיבה: חני אלישע**

**אסתר ברקוביץ**

**ידידה גוטליב**

**מוחמד גרה**

**קלודיה סאדר**

**אלה פרוטקין-זילברמן**

**מיכאל קויפמן**

**עדינה שינפלד**

**נאוה תמם**

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

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

**ינואר 2013**

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה תשע"ב

שאלון 37303

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

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

[http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter](http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/)

ובאתר המפמ"ר:

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

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

הפרק הראשון של הבחינה הוא פרק חובה המכיל:

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

- שאלה 2 - ניתוח קטע ממאמר מדעי.

הפרק השני מכיל 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 9810 תלמידים. על-פי הממצאים של מכון סאלד:

ציון ממוצע של הבחינה 71 , ציון שנתי ממוצע 84 וציון סופי ממוצע 77 .

**התפלגות ציוני הבחינה על-פי ממצאי מכון סאלד**

41-54

12%

0-40

7%

55-84

54%

85-100

27%

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

**ידע**: יכולת של שליפת מידע מהזיכרון: פרטים, דרכים, אמצעים ועוד.

דוגמה לשאלה ברמה של ידע: מהי טמפרטורת הרתיחה של המים?

**הבנה**: יכולת להשתמש בחומר הנלמד, הצגתו בדרך שונה מזו שנלמדה.

דוגמה לשאלה: קבע אם ההיגד הוא נכון: לאטומים של היסודות הנמצאים בטור השני, יש מספר זהה של אלקטרוני ערכיות.

# יישום: יכולת ליישם את הידע הנרכש בהקשרים שונים ובמצבים חדשים.

דוגמה לשאלה: המתכת ניקל, Ni(s), מגיבה עם יוני עופרת, Pb2+(aq) , אך אינה מגיבה עם יוני כרום, Cr3+(aq) . האם מתרחשת תגובה אם טובלים מוט עשוי מתכת כרום, בתמיסה המכילה יוני עופרת?

**אנליזה (ניתוח)**: יכולת לנתח את הנתונים, להבחין בין עובדות להנחות, בין עיקר לטפל.

# דוגמה לשאלה: המיסו את החומר NH4NO3(s) במים. תאר באופן מילולי ברמה המיקרוסקופית את התמיסה שהתקבלה.

# סינתזה: יכולת להרכיב תוצר ממרכיביו - יכולת לשער, להמציא.

שאלה לדוגמה: לבקש מהתלמיד לתכנן ניסוי העשוי לאשר את השערתו.

# הערכה: יכולת שיפוט איכותי וכמותי של תוצר על פי קריטריונים.

לדוגמה: שיפוט רעיון, המצאה מדעית.

ניתוח התוצאות של שאלה 1 - החלק הרב ברירתי

**בבחינת הבגרות תשע"ב**

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 הציונים על-פי הממצאים של מכון סאלד**

41-54

8%

0-40

8%

55-84

27%

85-100

57%

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| נושא | מבנה האטום | | מבנה וקישור | | חמצון-חיזור | סטויכיו-  מטריה | חומצות ובסיסים | סוכרים |
| סעיף | א | ב | ג | ד | ה | ו | ז | ח |
| ציון | **80** | **87** | **85** | **75** | **77** | **88** | **66** | **74** |
| רמת חשיבה | יישום | יישום | הבנה | הבנה | הבנה | אנליזה | הבנה | יישום |

**ח ז ו ה ד ג ב א**

**מבנה האטום**

# מבנה האטום

**מבנה וקישור**

**חמצון-חיזור**

**חומצות ובסיסים**

**סוכרים**

**סטויכיומטריה**

**מבנה וקישור**

**מס' השאלה**

**%**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

**80**

**77**

**85**

**75**

**74**

**87**

**88**

**66**

## שאלה 1

# ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 79

סעיף א'

האותיות **d** , **c** , **b** , **a** הן סמלים שרירותיים, המייצגים ארבעה יסודות בעלי מספרים אטומיים עוקבים במערכה המחזורית. לאטום של יסוד **c** יש אלקטרון ערכיות אחד. N מסמל אטום חנקן.

מהי הנוסחה הנכונה?

5% 1. a3c2

12% 2. b3N2

3% 3. da

**80% 4. d3N2**

**הנימוק:**

סידור היסודות הנתונים לפי מיקומם האפשרי במערכה המחזורית - שיוכם לטורים המתאימים.

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

על פי נתוני השאלה, יסוד **c** , שלאטום שלו יש אלקטרון ערכיות אחד, שייך לטור הראשון במערכה המחזורית. לפיכך לאטום של יסוד **d** יש שני אלקטרוני ערכיות, והוא שייך לטור השני. היונים, הנוצרים מאטומי המתכות מטור השני, הם בעלי מטען 2+ בתרכובות יוניות. יוני החנקן הם בעלי מטען 3− בתרכובות יוניות. לכן נוסחת התרכובת היא **d3N2** .

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:**

⮘ מבנה המערכה המחזורית.

⮘ היערכות אלקטרונים באטומי היסודות ברמות אנרגיה.

⮘ הקשר בין מספר אלקטרוני ערכיות באטום היסוד לבין הטור, שבו נמצא היסוד במערכה המחזורית, ומטען היון, שנוצר מאטום היסוד, בתרכובות יוניות.

⮘ סכום המטענים של היונים בתרכובת שווה לאפס.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

12% מהתלמידים בחרו במסיח 2 . תלמידים אלה לא הצליחו לקשר בין מספר אלקטרוני ערכיות באטום היסוד לבין הטור, שבו נמצא היסוד במערכה המחזורית, ומטען היון, שנוצר מאטום היסוד, בתרכובות יוניות. יתכן וחלק מהתלמידים התבלבלו בין האותיות **d** ו- **b** .

8% מהתלמידים, שבחרו במסיחים 1 ו- 3 , לא הצליחו כנראה לזהות את הטורים במערכה המחזורית שבהם נמצאים היסודות הנתונים, או לא ידעו לרשום נוסחה נכונה של תרכובת על פי הטורים שבהם נמצאים היסודות שהאטומים שלהם מרכיבים את התרכובת.

מומלץ לתת לתלמידים שאלות שהתשובות עליהן דורשות את הבנת הקשר בין מספר אלקטרוני ערכיות באטום היסוד לבין הטור שבו נמצא היסוד במערכה המחזורית, ומטען היון, שנוצר מאטום היסוד, בתרכובות יוניות. כמו כן מומלץ גם לבקש מהתלמידים לרשום נוסחאות של תרכובות מולקולריות.

אנו מביאים מספר שאלות סגורות מבחינות בגרות וממליצים, בנוסף לבחירה בתשובה הנכונה, לבקש מהתלמידים לנמק את בחירתם ולהסביר מדוע פסלו את המסיחים האחרים.

שאלה 1

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

I. לאטומים של היסודות הנמצאים בטור השני, יש מספר זהה של אלקטרוני ערכיות.

II. באטומים של היסודות הנמצאים בטור השני, האלקטרונים מאכלסים מספר זהה של רמות אנרגיה.

III. לאטומים של היסודות הנמצאים במחזור השני (בשורה השנייה), יש מספר זהה של אלקטרוני ערכיות.

IV. באטומים של היסודות הנמצאים במחזור השני, האלקטרונים מאכלסים מספר זהה של רמות אנרגיה.

מה הם ההיגדים הנכונים?

1. היגדים I ו- III בלבד 3. היגדים II ו- III בלבד

2. היגדים I ו- IV בלבד 4. היגדים II ו- IV בלבד

שאלה 2

ארבעה יסודות, שמספריהם האטומיים עוקבים, מסומנים באותיות **d** , **c** , **b** , **a** . ליסוד **d** המספר האטומי הגדול ביותר. יסוד **b** הוא הלוגן. מהי הקביעה הנכונה?

1. הרדיוס של אטום היסוד c קטן מהרדיוס של אטום היסוד d .

2. מספר האלקטרונים באטום של יסוד **a** גדול ממספר האלקטרונים באטום של יסוד **b** .

3. מבין אטומי היסודות **d** , **c** , **b** , **a** , לאטום של יסוד **d** המספר הגדול ביותר של אלקטרוני הערכיות.

4. אלקטרוני הערכיות של אטומי היסודות **d** , **c** , **b** , **a** נמצאים באותה רמת אנרגיה.

שאלה 3

X ו- Y הם שני יסודות עוקבים (לאו דווקא באותו מחזור) במערכה המחזורית.

ליסוד Y מסה מולרית גדולה מהמסה המולרית של יסוד X .

לשני היסודות מסה מולרית קטנה מ- 35 גרם למול.

מהי הקביעה הנכונה תמיד?

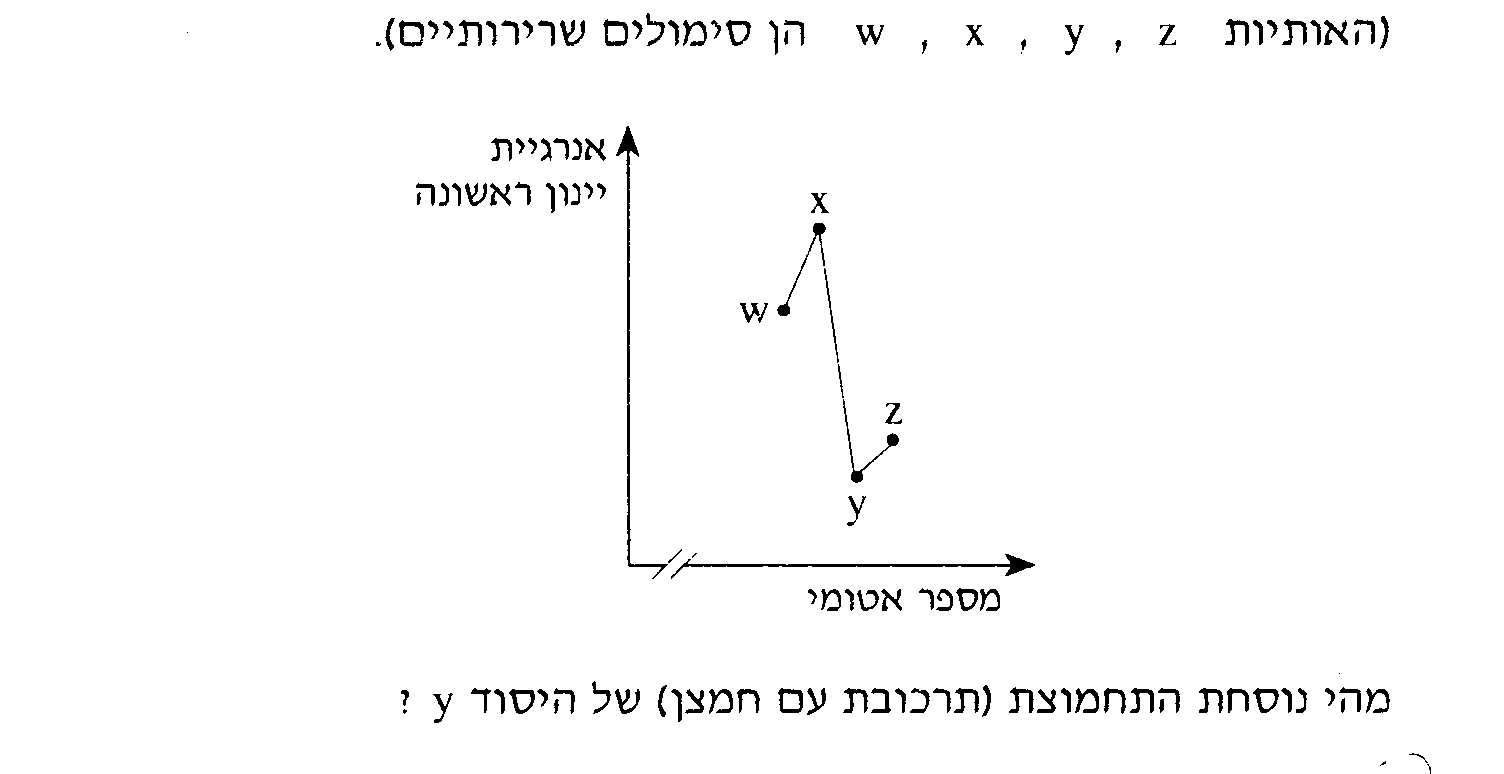
1. לאטום של Y יש יותר רמות אנרגיה מאשר לאטום של X .

2. לאטום של Y יש יותר אלקטרונים ברמת האנרגיה האחרונה מאשר לאטום של X .

3. בגרעין האטום של Y יש פרוטון אחד יותר מאשר בגרעין האטום של X .

4. בגרעין האטום של Y יש נויטרון אחד יותר מאשר בגרעין האטום של X .

שאלה 4



הגרף שלפניך מתאר את אנרגיות היינון

הראשונות של ארבעה יסודות עוקבים

במערכה המחזורית: w , x , y , z

(האותיות w , x , y , z הם סימולים

שרירותיים).

מהי נוסחת התחמוצת (תרכובת עם חמצן)

של יסוד y ?

1. y2O

2. yO

3. yO2

4. 3y2O

שאלה 5

ארבעה יסודות, שמספריהם האטומיים עוקבים, מסומנים באותיות **d** , **c** , **b** , **a** . ליסוד **d** המספר האטומי הגדול ביותר. יסוד **b** הוא הלוגן. מהי הקביעה הנכונה?

1. נוסחת התרכובת של **a** עם מימן היא **H2a** .

2. מספר האלקטרונים באטום של יסוד **a** גדול ממספר האלקטרונים באטום של יסוד **b** .

3. נוסחת התרכובת של **a** עם **b** היא **a**2**b** .

4. נוסחת התרכובת של **d** עם חמצן היא **dO** .

סעיף ב'

אנרגיית היינון הראשונה של כלור, Cl , היא 1250 קילוג'אול למול.

אנרגיית היינון הראשונה של ארגון, Ar , היא 1520 קילוג'אול למול.

מהי הקביעה הנכונה בנוגע לאנרגיית היינון הראשונה של אשלגן, K ?

9% 1. היא גבוהה מ- 1520 קילוג'אול למול.

3% 2. היא גבוהה מ- 1250 קילוג'אול למול ונמוכה מ- 1520 קילוג'אול למול.

**87% 3. היא נמוכה מ- 1250 קילוג'אול למול.**

1% 4. אי אפשר לקבוע בלי נתונים נוספים.

**הנימוק:**

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| טור  8 | טור  7 | טור  6 | טור  5 | טור  4 | טור  3 | טור  2 | טור  1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **18Ar** | **17Cl** |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | **19K** |

אנרגיית יינון ראשונה של אטומי אשלגן נמוכה מאנרגיית יינון ראשונה של אטומי ארגון ושל אטומי כלור, כי באטום אשלגן האלקטרונים מאכלסים ארבע רמות אנרגיה, לעומת שלוש רמות אנרגיה באטום ארגון ובאטום כלור. המרחק בין גרעין האטום לאלקטרון שעוזב את האטום כתוצאה מהשקעת אנרגיית יינון באטום אשלגן גדול מאשר באטום ארגון ובאטום כלור, לכן כוחות המשיכה בין הגרעין של אטום אשלגן לבין האלקטרון העוזב חלשים יותר, ואנרגיית היינון נמוכה יותר.

על פי חוק קולון, קיים יחס הפוך בין המרחק שבין גרעין האטום לאלקטרון לבין חוזק כוחות המשיכה ביניהם.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:**

⮘ מהי אנרגיית יינון ראשונה.

⮘ הגורמים המשפיעים על הערך של אנרגיית היינון.

⮘ מבנה המערכה המחזורית.

⮘ היערכות אלקטרונים באטומי היסודות ברמות אנרגיה.

⮘ כי קיים יחס הפוך בין המרחק שבין גרעין האטום לאלקטרון לבין חוזק כוחות המשיכה ביניהם, על פי חוק קולון.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה. 9% מהתלמידים, שבחרו במסיח 1 , התייחסו רק לגורם הגודל של המטען הגרעיני באטומים והתעלמו מגורם המרחק בין גרעין האטום לאלקטרון שעוזב את האטום כתוצאה מהשקעת אנרגיית יינון.

3% מהתלמידים, שבחרו במסיח 2 , לא ידעו לקשר בין מיקום היסוד במערכה המחזורית לבין הערך של אנרגיית היינון.

סעיף ג'

באיזה מהחלקיקים שלפניך יש אטום שבו אלקטרון בלתי מזווג?

1% 1. HCN

**85% 2. CH3**

2% 3. NH3

12% 4. Cl−

**הנימוק:**

נוסחאות ייצוג אלקטרונים של החלקיקים הנתונים:

H:C N:

:::

H:N:H

: :

H

[:Cl:]−

: :

H:C:H

:

H

.

רק בחלקיק CH3 יש אלקטרון בלתי מזווג. לאטום C יש ארבעה אלקטרוני ערכיות ולאטום H יש אלקטרון ערכיות אחד. בחלקיק CH3 יש שלושה קשרים קוולנטיים בין אטום C לאטומי H , ואלקטרון ערכיות אחד של אטום C נשאר בלתי מזווג.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:**

⮘ מהם אלקטרוני ערכיות.

⮘ הקשר בין מיקום היסוד במערכה המחזורית למבנה האטומים שלו ולמספר אלקטרוני הערכיות בכל אטום.

⮘ היערכות אלקטרונים באטומי היסודות ברמות אנרגיה.

⮘ אלקטרון בלתי מזווג.

⮘ כלל האוקטט.

⮘ רישום נוסחאות ייצוג אלקטרונים.

⮘ מהו קשר קוולנטי וכיצד הוא נוצר.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה. יתכן ש- 12% מהתלמידים, שבחרו במסיח 4 , התקשו בהבנת המושג "אלקטרון בלתי מזווג", ולכן בחרו ביון כלור שיש בו אלקטרון נוסף בהשוואה לאטום כלור.

מומלץ להקפיד להשתמש במינוח "אלקטרון בלתי מזווג" בעת ההוראה.

מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדלים בין המושגים המתייחסים לאלקטרונים: אלקטרונים קושרים אלקטרונים לא קושרים, אלקטרונים מזווגים, אלקטרון בלתי מזווג.

סעיף ד'

הכינו תמיסות מימיות, שוות ריכוז, משלושה חומרים:

|  |  |
| --- | --- |
| התמיסה | נוסחת החומר שהומס במים |
| I | CH3CH2OH(l) |
| II | Na2CO3(s) |
| III | NH4Cl(s) |

לאיזו/לאילו מהתמיסות I-III מוליכות חשמלית טובה?

4% 1. לתמיסה I בלבד.

16% 2. לתמיסה II בלבד.

5% 3. לתמיסות I ו- III בלבד.

**75% 4. לתמיסות II ו- III בלבד.**

**הנימוק:**

תמיסה מימית מוליכה חשמל רק אם היא מכילה יונים ניידים. בין שלושת החומרים הנתונים רק חומרים II ו- III הם חומרים יוניים. במהלך ההמסה במים חומרים אלה מתפרקים ליונים, החופשיים לנוע בתמיסה. חומר I הוא חומר מולקולרי ובמהלך ההמסה שלו במים לא נוצרים יונים.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:**

⮘ לזהות חומרים יוניים וחומרים מולקולריים על פי הנוסחאות שלהם.

⮘ תהליכי המסה של חומרים יוניים.

⮘ תהליכי המסה של חומרים מולקולריים.

⮘ תנאים לקיום הולכה חשמלית בתמיסות מימיות.

⮘ מהם החלקיקים הנמצאים בתמיסה מימית של חומר יוני.

⮘ מהם החלקיקים הנמצאים בתמיסה מימית של חומר מולקולרי.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

16% מהתלמידים, שבחרו במסיח 2 , זיהו את החומר NH4Cl(s) כחומר מולקולרי ולא כחומר יוני, כנראה בגלל שהוא לא מכיל יוני מתכות, אלא מורכב מאטומים של אל-מתכות. תלמידים אלה לא מכירים יונים חיוביים מורכבים. 9% מהתלמידים, שבחרו במסיחים 1 ו- 3 , זיהו את החומר CH3CH2OH(l) כחומר יוני, כנראה בגלל נוכחות קבוצת -OH , אותה הם בלבלו עם היון OH− .

מומלץ לתרגל תהליכי המסה במים של חומרים שונים ולרשום את ניסוחי התהליכים, בליווי הסבר מפורט של המתרחש בעת ההמסה ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית. הדבר עשוי לתרום

לבניית תבנית חשיבה לתלמידים.

מומלץ להשוות בין תהליך המסה במים של חומר יוני, שבו משתחררים יונים, לבין המסה במים של

חומר מולקולרי, למשל:

מים

מים

מים

Na2CO3(s) → 2Na+(aq) + CO32−(aq)

NH4Cl(s) → NH4+(aq) + Cl−(aq)

CH3CH2OH(l) → CH3CH2OH(aq)

מומלץ להרבות בציורים המתארים את התמיסות ברמה מיקרוסקופית, כגון:

**Cl−**

**NH4**

**+**

**NH4**

**+**

**Cl−**

**Na+**

**Na+**

**CO3**

**2−**

**Na+**

**Na+**

**CO3**

**2−**

תמיסת Na2CO3(aq) תמיסתNH4Cl(aq)

תמיסת CH3CH2OH(aq)

מומלץ לא רק להציג לתלמידים איורים כנ"ל, אלא גם לבקש מהתלמידים לשרטט בעצמם איורים מתאימים.

כמו כן, מומלץ להשתמש באנימציות ממוחשבות וסרטונים.

קישורים לאנימציות הממחישות את המסת חומר יוני במים:

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

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

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

סעיף ה'

# באיזו מהשורות 1-4 מוצגת נכון דרגת החמצון של אטום המימן בכל אחד מהחומרים הנתונים?

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | CH4 | H2 | MgH2 | NH3 |
| 0% 1. | +4 | 0 | −2 | +3 |
| 77% 2. | +1 | 0 | −1 | +1 |
| 22% 3. | +1 | 0 | +1 | +1 |
| 1% 4. | +1 | +1 | 0 | −1 |

**הנימוק:**

המולקולה H2 מכילה שני אטומים זהים בעלי אותה אלקטרושליליות, לכן דרגת החמצון של כל אחד מאטומי המימן היא 0 .

האלקטרושליליות של אטום C גדולה מזו של אטומי H , לכן דרגת החמצון של כל אחד מאטומי המימן במולקולה CH4 היא +1 .

האלקטרושליליות של אטום N גדולה מזו של אטומי H , לכן דרגת החמצון של כל אחד מאטומי המימן במולקולה NH3 היא +1 .

החומר MgH2 הוא חומר יוני המורכב מיוני מגנזיום, Mg2+ , ויוני H**−** . דרגת החמצון של מימן שווה למטען היון, והיא −1 .

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:**

⮘ מהי דרגת חמצון.

⮘ את הכללים לקביעת דרגת חמצון של אטום בחומר מולקולרי.

⮘ כי דרגת חמצון של יון בחומר יוני שווה למטענו.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

22% מהתלמידים בחרו במסיח 3 . הם שיננו שברוב המקרים דרגת החמצון של אטומי המימן בתרכובותיו היא +1 , ולא זיהו את MgH2 כחומר יוני המכיל יוני מתכת חיוביים. תלמידים אלה לא הבינו שבמקרה זה האלקטרושליליות של המימן גדולה מזו של המתכת, ולכן מטען היון הוא −1 .

סעיף ו'

ל- 1 ליטר של תמיסה מימית של בריום ברומי, BaBr2(aq) ,בריכוז 0.1 M , הוסיפו 0.1 מול

נתרן ברומי, NaBr(s) .

איזה מהגרפים 1-4 שלפניך מתאר נכון את השינוי בריכוזי היונים החיוביים והיונים השליליים בתמיסה עם הזמן?

ריכוז

M

זמן

0.6

0.5

0.2

0.1

0

0.4

0.3

הוספת

NaBr(s)

ריכוז

M

זמן

0.6

0.5

0.2

0.1

0

0.4

0.3

הוספת

NaBr(s)

ריכוז

M

זמן

0.6

0.5

0.2

0.1

0

0.4

0.3

הוספת

NaBr(s)

ריכוז

M

זמן

0.6

0.5

0.2

0.1

0

0.4

0.3

הוספת

NaBr(s)

**1** 2

3 4

**88%** 1%

6% 5%

מקרא:

ריכוז יונים חיוביים

ריכוז יונים שליליים

**נימוק:**

ניסוח תהליך ההמסה במים של BaBr2(s):

מים

מים

BaBr2(s) → Ba2+(aq) + 2Br−(aq)

ניסוח תהליך ההמסה במים של NaBr (s):

NaBr(s)  → Na+(aq) + Br−(aq)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ריכוז היונים בתמיסה המימית (M) | | | |
| Ba2+(aq) | Na+(aq) | ריכוז כולל של יונים חיוביים | Br−(aq) |
| לפני הוספת NaBr(s) | 0.1 | 0 | 0.1 | 0.2 |
| אחרי הוספת NaBr(s) | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 |

נתונים אלה מתאימים לגרף 1 .

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:**

⮘ לנסח תהליכי ההמסה של חומרים יוניים במים.

⮘ להבחין ביחסים סטויכיומטריים בין יונים בתהליכי ההמסה של חומרים יוניים.

⮘ לקרוא גרף ולהתייחס לכל מרכיביו.

⮘ לעבור בין צורות ייצוג שונות של נתונים, כגון גרף וניסוח תהליך ההמסה.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקשר בין נתונים כמותיים הקשורים בתהליכי ההמסה במים של חומרים יוניים לבין ייצוג גרפי. 6% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3 , טעו בפירוש של ייצוג גרפי - התבלבלו בין ייצוג הריכוז של יונים חיוביים לזה של יונים שליליים. 5% מהתלמידים, שבחרו במסיח 4 , טעו ביחס הסטויכיומטרי בין ריכוזי היונים לאחר הוספת NaBr(s) לתמיסה.

מומלץ לתרגל עם התלמידים מיומנות של קריאת גרף ושרטוט גרף, כולל התייחסות למשמעות השיפוע בהתייחס לתהליכים שונים.

שאלה לדוגמה:

א. נסח את תהליך ההמסה במים של סידן כלורי, CaCl2(s) .

ב. הגרף שלפניך מציג את השינוי של ריכוזי היונים במהלך ההמסה של סידן כלורי במים.

התאם את העקומות (1) ו- (2) לריכוזי היונים - חיוביים ושליליים בתמיסה.

ג. נסח את תהליך ההמסה במים של נתרן כלורי, NaCl(s) .

ד. צייר גרף המציג את השינוי של ריכוזי היונים במהלך ההמסה של נתרן כלורי במים.

זמן

ריכוז

M

(1)

(2)

סעיף ז'

נתונות ארבע תמיסות מימיות: A , B ,C , D .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | התמיסה | נפח התמיסה  (מ"ל) | ריכוז התמיסה  (M) |
| A | KOH(aq) | 150 | 0.3 |
| B | KOH(aq) | 300 | 0.2 |
| C | Ba(OH)2(aq) | 75 | 0.2 |
| D | Ba(OH)2(aq) | 150 | 0.1 |

מהי הקביעה הנכונה?

1% 1. לכל התמיסות אותו pH .

19% 2. ה- pH של תמיסה B הוא הגבוה ביותר.

14% 3. הריכוז של יוני OH−(aq) בתמיסה A הוא הגבוה ביותר.

**66% 4. תמיסה С היא התמיסה הבסיסית ביותר.**

**הנימוק:**

מוצאים ריכוז יוני OH−(aq) בכל אחת מהתמיסות:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | התמיסה | נפח  התמיסה  (מ"ל) | ריכוז  התמיסה  (M) | מספר המולים  של יוני OH−(aq)  ב- 1 מול תרכובת | ריכוז  יוני OH−(aq)  (M) |
| A | KOH(aq) | 150 | 0.3 | 1 | 0.3 |
| B | KOH(aq) | 300 | 0.2 | 1 | 0.2 |
| C | Ba(OH)2(aq) | 75 | 0.2 | 2 | 0.4 |
| D | Ba(OH)2(aq) | 150 | 0.1 | 2 | 0.2 |

ריכוז יוני OH−(aq) בתמיסה C הוא הגבוה ביותר, לכן זוהי התמיסה הבסיסית ביותר, וה- pH שלה הוא הגבוה ביותר.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:**

⮘ מהי תמיסה בסיסית ומהי תמיסה חומצית.

⮘ מהו pH וסקלת pH .

⮘ הקשר בין ריכוז יוני OH−(aq) בתמיסה לבין pH התמיסה הבסיסית.

⮘ pH התמיסה הבסיסית תלוי רק בריכוז יוני OH−(aq) בתמיסה, ואינו תלוי בנפח התמיסה.

⮘ תהליכי המסה במים של חומרים יוניים.

⮘ חישובים סטויכיומטריים.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון נמוך יחסית. 19% מהתלמידים בחרו במסיח 2 . טעות זו נובעת מחוסר הבנה מהו pH התמיסה, תלמידים אלה סברו שהערך של pH התמיסה תלוי בנפח התמיסה. 14% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3 , טעו בקביעת הריכוז של יוני OH−(aq) בתמיסות הנתונות. הם לא ידעו שכאשר ממיסים 1 מול בריום הידרוקסידי במים מתקבלים 3 מול יונים (1 מול יוני Ba2+(aq) ו- 2 מול יוני OH−(aq)).

סעיף ח'

במטרה להכין תמיסה של חד-סוכר מאנוז, המיסו β מאנוז במים.

לפניך נוסחת הייוורת של β מאנוז:

OH

O

H

OH

HO

CH2OH

H

H

H

H

HO

מהי הקביעה הנכונה בנוגע לתמיסה שהתקבלה?

15% 1. התמיסה מכילה מולקולות של β מאנוז בלבד.

4% 2. התמיסה מכילה מולקולות של α מאנוז בלבד.

**74% 3. התמיסה מכילה מולקולות של β מאנוז ומולקולות של α מאנוז.**

7% 4. אי אפשר לקבוע את סוג מולקולות המאנוז בתמיסה בלי נתונים נוספים.

**הנימוק:**

בתמיסה מימית המכילה מולקולות של חד-סוכר, כגון מאנוז, מתרחשת מוטרוטציה: אנומר α הופך לאנומר β (דרך אלדהיד עם שרשרת פתוחה) עד להשגת מצב שיווי-משקל:

β מאנוז אלדהיד עם שרשרת פתוחה α מאנוז

→

←

→

←

לכן תמיסה מימית של מאנוז מכילה מולקולות של β מאנוז, מולקולות של α מאנוז ומעט מולקולות של אלדהיד.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד לדעת:**

⮘ מבנה של חד-סוכרים.

⮘ נוסחות הייוורט של חד-סוכרים.

⮘ אפימרים של גלוקוז (כגון מאנוז, גאלקטוז).

⮘ מבנה של אנומרים α ו- β של חד-סוכרים.

⮘ צורת אלדהיד עם שרשרת פתוחה של חד-סוכר.

⮘ תהליך מוטרוטציה בתמיסה מימית של חד-סוכר.

⮘ משמעות של מצב שיווי-משקל בתמיסה מימית של חד-סוכר.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

15% מהתלמידים, שבחרו במסיח 1 , אינם מודעים להתרחשות של תהליך מוטרוטציה בתמיסה מימית של חד-סוכר. הם סבורים שבהמסה במים של אנומר מסוים מתקבלת תמיסה של אותו אנומר.

11%מהתלמידים בחרו במסיחים 2 ו- 4 . הם יודעים כנראה שבתמיסה מימית של חד-סוכר מתרחשת מוטרוטציה, אך לא מבינים את המשמעות של מצב שיווי-משקל שבו נוכחים בתמיסה שני האנומרים ואלדהיד (בכמות קטנה). הסיבה לכך היא כנראה בכך שמושג שיווי-משקל אינו נכלל בתוכנית הלימודים של 3 יחידות.

בעת ההוראה של תהליך מוטרוטציה, מומלץ להסביר לתלמידים באופן איכותי מהו מצב שיווי-משקל, ולהדגיש שבמצב זה נוכחים במערכת גם המגיבים וגם התוצרים, וגם התוצרים "החדשים" שנוצרו לאחר המוטרוטציה.

ניתוח התוצאות של שאלות פתוחות

**בבחינת הבגרות תשע"ב**

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 **9810**  נבחנים.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| מס' שאלה | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| נושא | | ניתוח קטע ממאמר מדעי | מבנה וקישור | מבנה  וקישור  וחמצון-חיזור | מצב גז וסטויכיו-  מטריה | חומצות ובסיסים  וסטויכיו-  מטריה | חומצות ובסיסים | חומצות שומן וסוכרים |
| ציון ממוצע | | 71 | **63** | **74** | **73** | **68** | **61** | **70** |
| % תלמידים  שבחרו בשאלה | | 100% | 53% | 85% | 36% | 9% | 56% | 58% |
| %  תלמידים  שציונם | 85-100 | 32 | 21 | 40 | 41 | 36 | 19 | 33 |
| 55-84 | 46 | 45 | 43 | 39 | 36 | 43 | 43 |
| 0-54  (0-40) | 22  (10) | 34  (19) | 17  (8) | 20  (12) | 28  (19) | 38  (22) | 24  (13) |

**התשובות לשאלות שמופיעות בחוברת זו מבוססות על המחוון למעריכי בחינת הבגרות ומיועדות למורים.**

**תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר!**

שאלה 2

ניתוח קטע ממאמר מדעי - חובה

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 71 פיזור ציונים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

**59**

**74**

**76**

**76**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

12%

0-40

10%

55-84

46%

85-100

32%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לנתח טקסט מדעי.

⮘ לקשר בין ייצוגים שונים של מידע: מילולי, גרף, ניסוח תגובה.

⮘ להכיר ייצוגים שונים של נוסחת מבנה של מולקולה: ייצוג מקוצר וייצוג מלא.

⮘ להכיר קבוצות פונקציונליות של תרכובות פחמן.

⮘ לקשר בין חוזק אינטראקציות בין מולקולריות בחומר מסוים לבין מצב הצבירה שלו בתנאי החדר.

⮘ לחשב חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לקשר בין כמות הגז (מספר המולים של גז) לנפח שלו.

⮘ לקשר בין ה- pH של התמיסה המימית של חומצה מסוימת לחוזק של חומצה זו.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים שאחריו.



**כימיה במטבח - האבנית והסרתה**

דרך נוחה להרתיח מים להכנת קפה או תה היא באמצעות קומקום.

אם המים "קשים", במשך הזמן מצטברת בקומקום שכבה של מוצק לבן,

המכונה אבנית. המרכיב העיקרי של האבנית הוא סידן פחמתי, CaCO3(s) .

"מים קשים" הם מים עשירים ביוני סידן, Ca2+(aq), וביוני מימן

פחמתי HCO3−(aq) .

כאשר מרתיחים מים "קשים", מתרחשת תגובה (1) והאבנית שוקעת:

חימום

(1) Ca2+(aq) + 2HCO3−(aq) → CaCO3(s) + H2O(g) + CO2(g)



הסרת האבנית מתבצעת בסביבה חומצית. סידן פחמתי מגיב עם תמיסות מימיות של חומצות

על פי תגובה (2):

(2) CaCO3(s) + 2H3O+(aq) → Ca2+(aq) + 3H2O(l) + CO2(g)

כדי להסיר את האבנית אפשר להשתמש במסירי אבנית מסחריים, המכילים

חומצה זרחתית, H3PO4 , או חומצה סולפאמית, HSO3NH2. גם המוצרים הנמצאים בבית

OH

OH

OH

HO

O

O

O

כמו התבלין "מלח לימון", מיץ לימון או חומץ יכולים להסיר את האבנית.  
"מלח לימון" הוא גבישים של חומצת לימון, שנוסחתה:

לימון ופירות הדר אחרים מכילים חומצת לימון, המקנה להם את טעמם החמוץ

חומץ הוא תמיסה מימית של חומצה אצטית, CH3COOH(aq).

חומצה זו מקנה לחומץ את טעמו ואת ריחו האופייניים. החומצה האצטית היא נוזל בתנאי

החדר, CH3COOH(l) .

כדי להסיר את האבנית מקומקום, מכסים אותה בתמיסה של חומצת לימון או בחומץ.

כעבור שעה כל האבנית מגיבה. שופכים את התמיסה ושוטפים היטב את הקומקום במים.

סעיף א' (הציון 59)

**74**

**52**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 74)**

רשום ייצוג מלא לנוסחת המבנה של חומצת לימון.

**תשובה:**

O H

C

O H

H

C

C

C

C

C

H

H

H

O

O H

O

O

H O

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

רוב התלמידים רשמו נכון את מספר אטומי הפחמן ואת מיקומם. הטעויות הופיעו ברישום אטומי מימן - היו תלמידים שלא רשמו אותם כלל והיו שרשמו רק חלק מאטומי מימן. תלמידים רבים לא רשמו קו המסמל קשר קוולנטי בין אטומי מימן וחמצן בתוך קבוצות -OH .

היו תלמידים שרשמו נוסחה מולקולרית במקום נוסחת מבנה.

הטעויות בשאלות מסוג זה נובעות מבלבול בין שיטות ייצוג שונות של מולקולות. מומלץ לסכם עם התלמידים צורות ייצוג של מולקולות ולתת להם דוגמאות שונות. למשל:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | צורת ייצוג של מולקולה | | |
| נוסחה מולקולרית | ייצוג מלא  של נוסחת מבנה | ייצוג מקוצר  של נוסחת מבנה |
| ייצוג האטומים המרכיבים את המולקולה ומספרם. אפשר לרשום בנוסחה זו את הקבוצה הפונקציונלית שבמולקולה כדי להדגיש את קיומה. | ייצוג של כל האטומים במולקולה (כולל אטומי פחמן ומימן) והקשרים ביניהם. | ייצוג הקשרים בין אטומים במולקולה (חוץ מקשרים עם אטומי מימן). ייצוג זה לא כולל אטומי פחמן ומימן, מלבד בקבוצות פונקציונליות. |
| דוגמאות | אתאן | C2H6 | CH3−CH3 | H − C − C − H  H  H  H  H  H − C − C − O − H  H  H  H  H  H − C − C − O − H  H  H  O  H − C − C − N − H  H  H  H  H  H  OH  COOH  NH2  OH  O |
| אתאנול | C2H6O  C2H5OH | CH3−CH2OH |  |
| חומצה אצטית | C2H4O2  CH3COOH | CH3−COOH |  |
| אתילאמין | C2H7N  C2H5NH2 | CH3−CH2NH2 |  |

**תת-סעיף ii (הציון 52)**

הסבר מדוע בתנאי החדר חומצת לימון היא מוצק, ואילו חומצה אצטית היא נוזל.

**תשובה:**

במולקולות של חומצת לימון יש יותר מוקדים ליצירת קשרי מימן (אן יותר קבוצות -COOH ) מאשר במולקולות של חומצה אצטית. בין המולקולות של חומצת לימון נוצרים קשרי מימן רבים יותר מאשר בין המולקולות של חומצה אצטית, ולכן חומצת לימון היא מוצק בטמפרטורת החדר והחומצה האצטית היא נוזל.

קשרי המימן נוצרים בין אטום המימן החשוף מאלקטרונים במולקולה אחת לבין זוג אלקטרונים בלתי קושר על אטום החמצן במולקולה סמוכה.

(או: אטום מימן עם מטען חיובי חלקי גדול יחסית; או: אטום מימן הקשור בקשר קוולנטי לאטום חמצן.) (בנוסף: המולקולות של חומצת לימון גדולות יותר, ולכן אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות חזקות יותר מאשר בחומצה אצטית.)

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לקשר בין חוזק האינטראקציות הבין מולקולריות בחומר מסוים לבין מצב הצבירה שלו בתנאי החדר. ניתן למיין את הטעויות שאותרו בתת-סעיף זה למספר סוגים:

⬩ התייחסות לאינטראקציות ון-דר-ואלס בלבד:

• "למולקולות של חומצת לימון ענן אלקטרונים גדול יותר, לכן כוחות ון-דר-ואלס בין מולקולות חזקים יותר מאשר בחומצה אצטית."

• "חומצת לימון היא מוצק כי אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות שלה חזקות יותר."

⬩ חוסר הבחנה בין אינטראקציות בין מולקולריות לבין קשרים קוולנטיים - תוך מולקולריים:

• "בחומצת לימון יש קשרים קוולנטיים כפולים החזקים יותר מקשר יחיד, לעומת החומצה האצטית שבין מולקולות שלה קשרים חלשים יותר."

• "בחומצת לימון קשרים תוך מולקולריים חזקים יותר מאלה שבחומצה אצטית."

⬩ התייחסות לחומצת לימון כאל חומר יוני, לעיתים עם הסברים שגויים על מבנה של חומר יוני:

• "חומצת לימון היא מלח, כלומר חומר יוני וחומרים יוניים הם מוצקים בטמפרטורת החדר. המולקולה בנויה מסריג של יונים חיוביים ושליליים וביניהם כוחות משיכה חזקים. חומצה אצטית היא חומר מוקולרי."

• "חומצת לימון מוצק כי זה חומר יוני. חומצה אצטית לא תרכובת יונית אלא חומצה רגילה, אין קשר חזק בין היונים שלה."

יתכן שהסיבה להתייחסות לחומצת לימון כאל חומר יוני היא השם המסחרי שלה "מלח לימון" (למרות שבקטע כתוב שזהו שם מסחרי). מאחר ואנו משתמשים בחומצת לימון במספר ניסויים, למשל בניסוי "חומרים בשקית", כדאי בכל ניסוי להדגיש לתלמידים שמדובר בחומצה ולא במלח.

⬩ הסברים הקושרים מצב צבירה של חומצה עם חוזק חומצה או עם פרוטיות שלה:

• "חומצה אצטית היא חומצה קרבוקסילית חלשה וריכוז יוני הידרוניום בתמיסה שלה נמוך מזה של חומצת לימון, שהיא חומצה חזקה. לכן צריך להשקיע אנרגיה כדי להתיך את החומר."

• "חומצת לימון היא מוצק כי היא תלת-פרוטית לעומת חומצה אצטית שהיא חד-פרוטית."

⬩ התייחסות לחומצות הנתונות כאל חומצות שומן:

• "חומצת לימון היא רוויה במימנים ולכן היא מוצק. חומצה אצטית נוזל כי אין בה כל כך הרבה מימנים."

• "חומצת לימון הינה חומצת שומן וחומצת שומן בתנאי החדר היא מוצק."

⬩ קביעת מצב צבירה על פי סוג החומר:

• "חומצה אצטית נוזל כי היא חומצה קרבוקסילית, וכל החומצות הקרבוסיליות נוזליות בטמפרטורת החדר."

מומלץ להדגיש את ההבדלים בתהליכי היתוך של חומרים יוניים וחומרים מולקולריים מבחינת הקשרים הניתקים במהלך ההתכה. למשל אפשר לבקש מהתלמידים להשלים את הטבלה הבאה:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| מצב צבירה מוצק | | | תהליך היתוך | | מצב צבירה נוזל | |
| נוסחת החומר המוצק | חלקיקים המרכיבים את הסריג | סוג הסריג | קשרים הניתקים במהלך ההתכה | ניסוח תהליך היתוך | חלקיקים ניידים בנוזל | מוליכות חשמלית (גבוהה או זניחה) |
| NaCl(s) | יוני Na+  יוני Cl− | יוני | קשרים יוניים | NaCl(s) → Na+(l) + Cl−(l) | יוני Na+  יוני Cl− | גבוהה |
| C2H5OH(s) | מולקולות  C2H5OH | מולקולרי | קשרי מימן  ואינטר-  אקציות  ון-דר-ואלס | C2H5OH(s) → C2H5OH(l) | מולקולות  C2H5OH | זניחה |
| O2(s) |  |  |  |  |  |  |
| K3PO4(s) |  |  |  |  |  |  |
| Br2(s) |  |  |  |  |  |  |
| CH3COOH(s) |  |  |  |  |  |  |
| Fe2(SO4)3(s) |  |  |  |  |  |  |

סעיף ב' (הציון 74)

ב- 100 מ"ל חומץ ביתי יש 5.25 גרם חומצה אצטית, CH3COOH.

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**88**

**88**

**60**

**תת-סעיף i (הציון 88)**

חשב את מספר המולים של חומצה אצטית ב- 100 מ"ל חומץ ביתי. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

gr

mol

60

5.25 gr

= 0.087 mol

gr

mol

60

המסה המולרית של חומצה אצטית:

מספר המולים של חומצה אצטית ב- 100 מ"ל חומץ:

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

**תת-סעיף ii (הציון 88)**

חשב את הריכוז המולרי של חומצה אצטית בחומץ ביתי. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

0.087 mol × 1 liter

0.1 liter

= 0.87 mol

מספר המולים של חומצה אצטית בליטר חומץ:

הריכוז המולרי של חומצה אצטית בחומץ: 0.87 M

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

הציונים של תת-סעיפים ii-i גבוהים. התלמידים ידעו לחשב את מספר המולים בכמות נתונה של החומר ואת הריכוז המולרי של החומר בתמיסה מימית על פי מספר מולי החומר בנפח מסוים של תמיסה. הופיעו טעויות מעטות בהצבה ובחישובים.

**תת-סעיף iii (הציון 60)**

כמה גרם אבנית אפשר להסיר באמצעות 100 מ"ל של חומץ ביתי? פרט את חישוביך.

**תשובה:**

(מספר המולים של חומצה אצטית ב- 100 מ"ל חומץ: 0.087 mol )

מ- 1 מול CH3COOH(l) נוצר בתמיסה מימית 1 מול יוני H3O+(aq) .

לכן על פי תגובה (2) יגיבו0.087 מול יוני H3O+(aq) .

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 2 מול יוני H3O+(aq) מגיבים עם 1 מול CaCO3(s) ,

gr

mol

100 × 0.0435 mol = 4.35 gr

0.087 mol

2

= 0.0435 mol

gr

mol

100

לכן מספר המולים של CaCO3(s) שיגיבו:

המסה המולרית של CaCO3(s) :

המסה של CaCO3(s) שתגיב:

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

הציון נמוך. רוב התלמידים שטעו לא התייחסו ליחס המולים בניסוח התגובה (2): 2 מול יוני H3O+ מגיבים עם 1 מול CaCO3(s) , וחישבו על פי יחס המולים 1:1 . היו תלמידים שחישבו על פי יחס המסות של המגיבים ולא על פי יחס המולים.

סעיף ג' (הציון 76)

במהלך ניסוי להסרת האבנית באמצעות חומץ ביתי נמדד הנפח של CO2(g) שנפלט.

קבע איזה מהגרפים I-III שלפניך, יכול לתאר נכון את הנפח של CO2(g) כתלות בזמן. נמק את קביעתך.

נפח CO2(g)

( מ"ל)

זמן (דקות)

נפח CO2(g)

( מ"ל)

זמן (דקות)

נפח CO2(g)

( מ"ל)

זמן (דקות)

60

60

60

0

0

0

I II III

**תשובה:**

גרף II .

ככל שכמות האבנית שמגיבה הולכת וגדלה, הנפח של CO2(g) הולך וגדל .

כעבור שעה, כשכל האבנית הגיבה אין יותר שינוי בנפח הגז.

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

רוב הטעויות שאותרו בסעיף זה נובעות מחוסר יכולת לקשר בין כמות הגז (מספר המולים של גז) לבין הנפח שלו. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

⬩ התייחסות לכל מרכיבי המערכת כאל גזים:

• "גרף ***I*** . יחס המולים בין אבנית ל- ***CO2(g)*** הוא ***1:1*** , לכן הנפחים של אבנית ו- ***CO2(g)*** שווים, והנפח הכולל לא משתנה."

⬩ חוסר הבחנה בין נפח הגז שנפלט לבין נפח הכלי:

• "גז טופס כל נפח הכלי שהוא נמצא בו. כאשר גז מתחיל להיפלט, הנפח נשאר קבוע ולא משתנה."

• "גרף ***I*** . החומר גזי, לכן הנפח לא יקטן ולא יגדל."

כדי להבהיר לתלמידים שיחס המקדמים בניסוח תגובה שווה ליחס המולים רק כשהמגיבים או התוצרים הם גזים, אפשר לבצע בכיתה את הפעילות הבאה:

ביצוע חישובים לפי ניסוח תגובה, שבה משתתפים גזים, בשתי דרכים:

לפי יחס המולים בניסוח תגובה ולפי יחס נפחים - מתקבלת אותה תשובה סופית.

דיון: מדוע התקבלה אותה תשובה - השערת אבוגדרו.

דיון: מדוע הדרך השנייה מתאימה רק לגזים - השערת אבוגדרו תקפה רק לגזים.

שאלה לדוגמה:

4NH3(g) + 5O2(g) → 4NO(g) + 6H2O(l)

א. מהו הנפח של O2(g) שנדרש לתגובה מלאה עם 1000 ליטר NH3(g) בתנאי החדר (נפח מולרי של גז הוא 25 ליטר)? פרט את חישוביך.

תשובה:

חישוב בדרך I:

מספר המולים של NH3(g) שהגיב:

1000 liter

liter

mol

25

= 40 mol

יחס המולים בניסוח התגובה בין O2(g) לבין NH3(g)  הוא 4:5 , לכן מספר המולים של O2(g)

הנדרש לתגובה מלאה:

liter

mol

25

50 mol × = 1250 liter

4 mol

40 mol × 5 mol

= 50 mol

הנפח של O2(g) שנדרש לתגובה מלאה:

יש להפנות את תשומת ליבם של התלמידים לכך שבפעולה ראשונה חילקנו בנפח מולרי ובפעולה

אחרונה כפלנו בנפח מולרי. לכן אפשר להשתמש ביחס מקדמים כיחס נפחים:

4 mol

1000 liter × 5 mol

= 1250 liter

הנפח של O2(g) שנדרש לתגובה מלאה:

ב. האם אפשר למצוא את הנפח של מים, H2O(l) , שנוצרו בתגובה זו, בדרך השנייה? נמק.

תשובה:

לא. כדי למצוא את הנפח של כמות מסוימת של נוזל יש לחלק את מסת הנוזל בצפיפות שלו.

(במקרה של המים הצפיפות היא 1 גרם למ"ל).

אפשר לבקש מהתלמידים לחשב את נפח המים המתקבלים בתגובה ולהשוות אתו לתוצאה השגויה

שמתקבלת אם מחשבים את נפח המים כמו נפח הגז - בדרך השנייה.

סעיף ד' (הציון 76)

בטבלה שלפניך מוצגים ערכי pH של תמיסות מימיות של שלוש חומצות, המשמשות להסרת אבנית.

הריכוז של כל אחת מהתמיסות הוא 0.1M .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| החומצה | חומצת לימון | חומצה אצטית | חומצה סולפאמית |
| pH של התמיסה | 2.08 | 2.87 | 1.2 |

סדר את שלוש החומצות לפי סדר עולה של חוזק חומצה. נמק.

**תשובה:**

עלייה בחוזק החומצה

חומצה סולפאמית חומצת לימון חומצה אצטית

(שלוש החומצות הן חומצות חלשות, כלומר רק חלק מהמולקולות שלהן מגיב עם מים ליצירת יוני H3O+(aq) .)

(התמיסות הן שוות ריכוז) ככל שה- pH של התמיסה נמוך יותר, ריכוז יוני H3O+(aq) בתמיסה יותר גדול, והחומצה חזקה יותר.

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

ניתן למיין את הטעויות האופייניות שהופיעו בסעיף זה למספר סוגים:

⬩ אי הבנה של הקשר בין ה- pH של תמיסה מימית של חומצה מסוימת לחוזק של חומצה זו:

• "ככל שרמת ה- ***pH*** גדולה יותר כך יותר עולה יכולת של תמיסה להיות חומצית."

• "ככל שרמת ה- ***pH*** יותר גבוהה, כך ריכוז יוני ***H3O+(aq)*** גבוה יותר והחומצה חזקה יותר."

• "חומצה אצטית היא החזקה ביותר מכיוון שה- ***pH*** שלה הגבוה ביותר."

⬩ הסבר המבוסס על ההנחה שחוזק החומצה תלוי במסיסות החומצה במים - יצירת קשרי מימן עם המים:

• "חומצת לימון הכי חזקה, כי היא בעלת מספר אתרים רב יותר ליצירת קשרי מימן עם המים."

⬩ הסבר המבוסס על ההנחה שחוזק החומצה תלוי בפרוטיות החומצה:

• "חומצת לימון היא תלת-פרוטית, כלומר מוסרת שלושה פרוטונים, ולכן היא הכי חזקה."

⬩ קביעה נכונה המלווה בהסבר חלקי - ללא התייחסות לקשר בין pH התמיסה לבין ריכוז יוני H3O+(aq) .

⬩ התייחסות לכמות יוני H3O+(aq) ולא לריכוזם.

כדי להבהיר את הקשר בין pH התמיסה, ריכוז יוני H3O+(aq) ויוני OH−(aq) בתמיסה וחוזק חומצה, מומלץ להסביר לתלמידים - כהעשרה - את המושג "קבוע חומצה" על פי פרק ד' "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 H3O+(aq) ויוני OH−(aq) בתמיסות השונות ואת סולם pH . כמו כן מומלץ לעבור עם התלמידים על טבלה 18 - קבועי חומצות, בספר נתונים מאת ד"ר איטה כהן, מכון ויצמן למדע. יש לשים לב לחומצות חזקות ולהבדלים בקבועי חומצות חלשות.

שאלות לתרגול:

שאלה 1:

הכינו שלוש תמיסות שוות ריכוז של החומצות הבאות:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | חומצה | קבוע חומצה, Ka |
| 1 | CH3COOH | 1.8·10−5 |
| 2 | CCl3COOH | 2.1·10−1 |
| 3 | CF3COOH | 5.9·10−1 |

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 הקָשַר בכדורגל אמריקאי - פוטבול (שחקן שתפקידו להעביר כדור לשחקני ההתקפה) יכול לשמש אנלוגיה מתאימה לחוזק חומצה. קָשַרים חזקיםמשחררים את הכדור מהר מאוד ולכן, כשהמשחק נעצר, הכדור לא נמצא אצל קָשַרים - כמו פרוטונים שיוצאים ממולקולות של חומצה חזקה בתמיסה. לעומת זאת, קָשַרים חלשים מחזיקים את הכדור יותר זמן ולכן, כשהמשחק נעצר, רק קָשַרים מעטים נשארים בלי כדור - כמו פרוטונים מעטים שיוצאים ממולקולות של חומצה חלשה בתמיסה.

כדי להמחיש לתלמידים שאין בהכרח קשר בין מידת מסיסות החומצה במים (מספר אתרים להיווצרות קשרי מימן) לבין חוזקה, ניתן להשתמש במספר דוגמאות:

להלן נתונים לגבי מספר חומצות

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| מסיסות חומצה במים | Ka | נוסחת החומצה | שם החומצה |
| ללא הגבלה | 1.8•10−5 | CH3COOH | אצטית |
| 85.8 גרם ל- 100 מ"ל | 13•10−3 | CH2ClCOOH | כלורואצטית |
| ללא הגבלה | 5•10−2 | CHCl2COOH | דו-כלורואצטית |
| 1000 גרם ל- 100 מ"ל | 2.3•10−1 | CCl3COOH | תלת-כלורואצטית |

על סמך נתוני הטבלה:

א. ציין דוגמאות שחומצה עם מסיסות גבוהה יותר היא חומצה חזקה יותר.

ב. ציין דוגמאות שחומצה עם מסיסות גבוהה יותר היא חומצה חלשה יותר.

ג. רשום ייצוג מלא לנוסחת מבנה של מולקולות החומצה המופיעות בטבלה.

ד. האם קיים קשר בין מספר קשרי מימן שנוצרים בין מולקולה של חומצה למולקולות המים לבין חוזק החומצה? נמק.

ה. הצע הסבר לעלייה בחוזק החומצות.

שאלה 2:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| מסיסות חומצה במים | קבוע חומצה | נוסחת החומצה | שם החומצה |
| ללא הגבלה | 5.6•10−4 | HF | מימן פלואורית |
| 85.8 גרם ל- 100 מ"ל | - | HCl | מימן כלורית |
| ללא הגבלה | - | HBr | מימן ברומית |

א. האם קיים קשר חד-משמעי בין מסיסות החומצה במים לבין חוזקה? נמק על סמך נתוני הטבלה.

ב. חוזק החומצות עולה לפי הסדר הבא: HBr > HCl > HF

הסבר מדוע.

ג. הסבר מדוע לחומצה מימן כלורית ולחומצה מימן ברומית אין קבוע חומצה?

שאלה 3

מבנה וקישור

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 63 פיזור ציונים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 53% מהתלמידים**

**74**

**62**

**64**

**54**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

15%

0-40

19%

55-84

45%

85-100

21%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לדעת מהי נוסחה מולקולרית ומהי נוסחת ייצוג אלקטרונית של מולקולה.

⮘ לעבור בין שיטות ייצוג שונות של מולקולות.

⮘ להכיר כוחות בין מולקולריים מסוגים שונים.

⮘ להכיר כי טמפרטורות היתוך ורתיחה של חומר מולקולרי הן מדד לחוזק הכוחות הבין מולקולריים בחומר.

⮘ לקבוע מהו מצב הצבירה של החומר בטמפרטורה מסוימת, כשנתונות טמפרטורות היתוך ורתיחה.

⮘ לתאר ברמה מיקרוסקופית מבנה של חומר מולקולרי במצבי צבירה שונים.

⮘ להכיר את הקשר בין חוזק אינטראקציות בין מולקולריות בחומר מסוים לבין מצב הצבירה שלו בתנאי החדר.

⮘ לקבוע מסיסות חומרים מולקולריים.

⮘ לנסח תהליכי המסה של חומרים מולקולריים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על אתילן גליקול ועל בוטאן.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| החומר | ייצוג מקוצר  של נוסחת מבנה | טמפרטורת היתוך (oC) | טמפרטורת רתיחה (oC) | אחד השימושים  בחומר |
| אתילן גליקול | HO  OH | −13 | 197 | חומר מונע קיפאון (אנטי-פריז) במערכת קירור של רכב |
| בוטאן |  | −138 | 0 | גז למילוי מצתים |

סעיף א' (הציון 74)

**67**

**81**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 67)**

רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית למולקולה של אתילן גליקול.

**תשובה:**

או:

.

.

O

.

.

.

.

O

H aa

H

C aa

H

H

C aa

H

H

.

.

H H

: :

: :

: :

H:O:C:C:O:H

: :

H H

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה הן:

⬩ אי-רישום אלקטרונים לא קושרים.

⬩ רישום ארבעה אטומי פחמן בנוסחה:

***H− O − C − C − C − C − O − H***

***H***

***H***

***H***

***H***

***H***

***H***

***H***

***H***

: :

: :

•

⬩ רישום נוסחה שבה שתי קבוצות הידרוקסיליות קשורות לאותו אטום פחמן:

•

: :

***H***

***H***

***H***

:

***H− C − C − O − H***

:***O − H***

⬩ רישום נוסחת ייצוג אלקטרונים של מולקולה המכילה קבוצת − O − O − :

***H − C − O − O − C − H***

***H***

***H***

***H***

***H***

: :

: :

•

טעויות מסוג זה נובעות מחוסר ידע והבנה - איך לעבור מייצוג מקוצר של נוסחת מבנה לייצוג מלא, שכולל אלקטרונים קושרים ולא קושרים. ראו המלצות לתת-סעיף א' i בשאלה 2 על תרגול המעבר בין שיטות ייצוג שונות לנוסחות מבנה של מולקולות.

**תת-סעיף ii (הציון 81)**

רשום נוסחאות מולקולריות של אתילן גליקול ושל בוטאן.

**תשובה:**

אתילן גליקול: C2H6O2

בוטאן: C4H10

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

רוב התלמידים ידעו לרשום נוסחה מולקולרית על פי ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה.

הטעויות שאותרו הן:

⬩ רישום נוסחות מבנה במקום נוסחאות מולקולריות:

• ***CH3CH2CH2CH3***

⬩ רישום שגוי של נוסחת אתילן גליקול:

• ***CH3COOH***

סעיף ב' (הציון 62)

**61**

**64**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 61)**

הסבר את ההבדל בטמפרטורת הרתיחה של שני החומרים שבטבלה.

**תשובה:**

גודל העננים האלקטרוניים של המולקולות של שני החומרים דומה. לכן חוזק אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות של שני החומרים במצב נוזל דומה.

בין מולקולות אתילן גליקול במצב נוזל קיימים קשרי מימן - בין אטום מימן החשוף מאלקטרונים של מולקולה אחת לבין זוג אלקטרונים לא קושר על אטום חמצן במולקולה סמוכה, בנוסף לאינטראקציות ון-דר-ואלס.

לכן הכוחות הבין מולקולריים באתילן גליקול חזקים יותר, טמפרטורת הרתיחה (שהיא מדד לחוזק כוחות בין מולקולריים) גבוהה יותר.

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

הציון נמוך. חלק מהתלמידים התקשו לקשר בין טמפרטורות הרתיחה של חומרים לבין הבדלים בחוזק הכוחות הבין מולקולריים בחומרים אלה. נתגלו שתי בעיות עיקריות:

⬩ הסברים חלקיים ללא התייחסות לתנאים לקיום קשרי מימן בין מולקולות.

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

• "קשרי ***O−H*** ו- ***C−O*** חזקים יותר מהקשרים בבוטאן ***C−H***  ,לכן נדרשת טמפרטורה נמוכה יותר על מנת לפרק את הקשר הזה."

• "ההבדל בטמפרטורת הרתיחה הוא שאתילן גליקול מורכב מאטומים שונים וביניהם קשרי ון-דר-ואלס חזקים, וגם שטח פני המולקולה רחב יותר, ולכן יהיה קשה לפרקה ותידרש יותר אנרגיה."

בעיה נוספת היא דקלום סיסמאות ללא התייחסות לחומרים הנתונים בשאלה:

• "קשרי ון-דר-ואלס הם כוחות חשמליים שפועלים בין מולקולות וקשרי מימן אלה קשרים בין אטומי ***N.O.F.*** - אטומים מאוד אלקטרושליליים, בעלי זוגות אלקטרונים לא קושרים, לבין מימן חשוף מאלקטרונים."

מומלץ לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון לתת-סעיף זה:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| אתילן גליקול  HO  OH | בוטאן | החומר |
| שניהם חומרים מולקולריים | | סוג החומר |
| אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות קוטביות של  אתילן גליקול חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות  לא קוטביות של בוטאן.  בין מולקולות אתילן גליקול, בנוסף לאינטראקציות ון-דר-ואלס, קיימים קשרי מימן - בין אטום מימן החשוף מאלקטרונים של מולקולה אחת לבין זוג אלקטרונים לא קושר על אטום חמצן במולקולה סמוכה.  לכן הכוחות הבין מולקולריים באתילן גליקול חזקים יותר. | | חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| טמפרטורת הרתיחה של אתילן גליקול גבוהה  מטמפרטורת הרתיחה של בוטאן.  טמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק כוחות בין מולקולריים.  המסקנה: כוחות בין מולקולריים באתילן גליקול במצב נוזל חזקים יותר מכוחות בין מולקולריים בבוטאן במצב נוזל. | | התכונה הנתונה -  טמפרטורת רתיחה |
| קשרי מימן  ואינטראקציות ון-דר-ואלס | אינטראקציות ון-דר-ואלס | סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים  במצב נוזל |
| בשני החומרים ענני האלקטרונים במולקולות  דומים בגודלם (62 אלקטרונים ו- 58 אלקטרונים). | | גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים |

**תת-סעיף ii (הציון 64)**

ציין שני הבדלים ברמה המיקרוסקופית בין אתילן גליקול בטמפרטורה של −25oC לבין אתילן גליקול

בטמפרטורה של 250oC .

**תשובה:**

בטמפרטורה של −25oC אתילן גליקול נמצא במצב מוצק.

בטמפרטורה של 250oC אתילן גליקול נמצא במצב גז.

שניים מההבדלים הבאים:

- במוצק החלקיקים אינם ניידים (יש רק תנודה) ובגז החלקיקים ניידים.

- במוצק החלקיקים מסודרים ובגז החלקיקים אינם מסודרים.

- במוצק החלקיקים צמודים ובגז יש מרחקים גדולים בין החלקיקים

- במוצק פועלים כוחות בין מולקולריים משמעותיים ובגז כמעט שאין כוחות בין מולקולריים.

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

בתת-סעיף זה נדרש מהתלמיד:

1. לקבוע את מצבי הצבירה של אתילן גליקול בטמפרטורות שונות, כאשר נתונות טמפרטורת הרתיחה וטמפרטורת ההיתוך.

2. לתאר את מצבי הצבירה השונים ברמה מיקרוסקופית ולהשוות בין התיאורים.

רוב התלמידים קבעו נכון את מצבי הצבירה של אתילן גליקול בטמפרטורות הנתונות. הטעויות הופיעו בציון ההבדלים ברמה מיקרוסקופית בין אתילן גליקול במצב מוצק לבין אתילן גליקול במצב גז.

הטעויות האופייניות הן:

⬩ חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים, וגם בין מולקולות לבין אטומים:

• "במצב מוצק האטומים יותר צפופים."

• "במצב מוצק הקשרים במולקולה חזקים וצפופים יותר, ואילו במצב גז הקשרים במולקולה פחות צפופים ופחות חזקים."

• "במצב גז בין מולקולות שלו קיימים קשרים קוולנטיים חלשים יותר מאשר במצב מוצק".

⬩ חוסר הבחנה בין רמה מיקרוסקופית לרמה מאקרוסקופית, וכתוצאה מכך ציון הבדלים ברמה מאקרוסקופית - לרוב מצבי צבירה:

• "בטמפרטורה של ***−25oC*** אתילן גליקול הוא מוצק ובטמפרטורה של ***250oC*** הוא גז."

• "במוצק יש הולכה חשמלית ובגז אין."

מומלץ לבקש מהתלמידים לתאר את החומרים השונים ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית, במצבי צבירה שונים - גם באופן מילולי וגם באמצעות ציורים סכמתיים המלווים בהסברים. לאחר מכן אפשר לבקש מהתלמידים לציין הבדלים בין תיאורים של אותו חומר במצבי צבירה שונים.

סעיף ג' (הציון 64)

**71**

**57**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 71)**

אתילן גליקול מתמוסס היטב במים. נסח את תהליך ההמסה במים של אתילן גליקול.

**תשובה:**

מים

C2H6O2(l) → C2H6O2(aq)

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

הטעויות האופייניות שהופיעו בתת-סעיף זה הן:

⬩ חוסר הבחנה בין חומר יוני לבין חומר מולקולרי - התייחסות לאתילן גליקול כאל חומר יוני:

***מים***

***• C2H4(OH)2(l) → C2H4+(aq) + 2OH−(aq)***

⬩ התייחסות לאתילן גליקול כאל חומצה קרבוקסילית:

***מים***

***• C2H6O2(l) + 2H2O(l) → 2H3O+(aq) + C2H4O22−(aq)***

**תת-סעיף ii (הציון 57)**

אתילן גליקול הוא חומר למניעת קיפאון, כי כאשר מוסיפים אותו למים נוצרת תמיסה שטמפרטורת

הקיפאון שלה נמוכה מ- 0oC . בוטאן אינו מתאים לשמש חומר למניעת קיפאון. הסבר מדוע.

**תשובה:**

בוטאן אינו מתמוסס במים (כי אין אפשרות ליצירת קשרי מימן בין המולקולות שלו לבין מולקולות

המים). לכן בוטאן לא יכול להוריד את טמפרטורת הקיפאון של מים.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא התייחסו כלל למסיסות של החומרים במים. הם לא הצליחו לקשר בין שימוש החומר למניעת קיפאון למידת המסיסות שלו במים. תלמידים אלה התייחסו למצב צבירה של בוטאן:

• "בוטאן אינו מתאים ,מכיוון שמתחת ל- ***0oC*** החומר צריך להיות מוצק."

• "ב-***0oC*** בוטאן הופך לגז ,לכן אי אפשר להוסיף אותו למים."

• "בוטאן לא מתאים, כי טמפרטורת הרתיחה שלו נמוכה מדי, ולכן הוא יהפוך לגז מהר מדי."

סעיף ד' (הציון 54)

אתילן אוקסיד הוא חומר מוצא לקבלת אתילן גליקול.

O

CH2

H2C

לפניך נוסחת מבנה של אתילן אוקסיד:

בתנאי החדר אתילן אוקסיד הוא גז. הסבר עובדה זו.

**תשובה:**

המולקולות של אתילן אוקסיד הן קטנות יחסית (ביחס למולקולות בוטאן), לכן אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות הן חלשות. לכן אתילן אוקסיד הוא גז בתנאי החדר.

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

הציון של סעיף זה הוא הנמוך בין ציוני הסעיפים והתת-סעיפים בשאלה. תלמידים רבים התקשו לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים בחומר לבין מצב הצבירה של החומר בתנאי החדר. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

⬩ חוסר הבחנה בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים, וגם בין מולקולות לבין אטומים:

• "טמפרטורת רתיחה נמוכה נובעת מהקשרים הקוולנטיים של אתילן אוקסיד, אשר חלשים מאשר של אתילן גליקול שיש לו קשרים יותר קוטביים."

• "בתנאי החדר אתילן אוקסיד הוא גז מכיוון שהקשרים בו הם מאוד חלשים, ההפרש באלקטרושליליות בקשרים מזערי ולא קיים כוח משיכה בין אטומים כתוצאה מכך חלקיקים נפרדים זה מזה - גז."

⬩ חוסר הבחנה בין מולקולות לבין אטומים, בין חומר לבין מולקולה:

• "אתילן אוקסיד הוא גז בטמפרטורת החדר, כי הוא מורכב משלושה אטומים של גז: פחמן, מימן וחמצן."

• "אתילן אוקסיד הוא גז בטמפרטורת החדר, מכיוון שהוא בנוי מגזים."

• "הוא גז, כי לחומר זה יש ענן אלקטרוני קטן יחסית, לכן המולקולה במצב צבירה גז בתנאי החדר."

⬩ השוואה בין אתילן אוקסיד לבין אתילן גליקול מבחינת קיום קשרי מימן בין מולקולות:

• "לאתילן אוקסיד יש פחות מוקדים ליצירת קשרי מימן ולכן הוא גז בטמפרטורת החדר."

בנושא "מבנה וקישור" (יותר מאשר בנושאים אחרים) באים לידי ביטוי קשיים ברמת ההבנה וביכולת הביטוי המילולית של חלק מהתלמידים. לכן מומלץ לתרגל לאורך כל שנת הלימודים כתיבת הסברים לתשובות על שאלות בנושא, ללמד את התלמידים לכתוב הסברים ברורים.

לקראת סיום ההוראה של צבר מולקולרי מומלץ לקיים בכיתה דיון שמטרתו לחדד את ההבדלים בין התהליכים השונים ולקשר בין הרמה המאקרוסקופית, הרמה המיקרוסקופית ורמת הסמל.

שאלה לתרגול:

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שלושה חומרים מולקולריים:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| שם החומר | נוסחה מולקולרית  של החומר | ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה של מולקולת החומר | נוסחת ייצוג אלקטרונית של מולקולת החומר | טמפרטורת היתוך  של החומר  oC)) | טמפרטורת רתיחה  של החומר  oC)) | מצב הצבירה  של החומר בטמפרטורת החדר |
| אתאן |  | OH |  | −183 | −88 |  |
| אתאנול |  |  |  | −114 | 78 |  |
| דו-מתיל אתר | C2H6O |  |  | −138 | −25 |  |

א. השלם את הטבלה הנתונה.

ב. הסבר את ההבדלים בין טמפרטורות הרתיחה של שלושת החומרים שבטבלה.

ג. תאר את האתאנול בכל אחד ממצבי הצבירה - מוצק, נוזל וגז:

i ברמה מאקרוסקופית.

ii ברמה מיקרוסקופית.

ד. ציין את ההבדלים ברמה מיקרוסקופית עבור אתאנול בין שלושת מצבי הצבירה שלו.

ה. תלמיד ביצע את הניסוי הבא:

לכלי א', שבו נמצא אתאנול, התלמיד הוסיף מים וקבל תמיסה אחידה.

לכלי ב', שבו נמצאים מים, התלמיד בעבע אתר דרך המים וקבל תמיסה אחידה.

תאר ברמה מיקרוסקופית כל אחת מהתמיסות שהתקבלו.

שאלה 4

מבנה וקישור וחמצון-חיזור

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 74 פיזור ציונים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 85% מהתלמידים**

**82**

**90**

**82**

**57**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

9%

0-40

8%

55-84

43%

85-100

40%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לקבוע דרגות חמצון של אטומים ביסודות ובתרכובות.

⮘ להכיר את המושגים הקשורים לתהליכי חמצון-חיזור: חמצון, חיזור, מחמצן, מחזר.

⮘ לרשום נוסחות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות.

⮘ לתאר באופן מילולי ובציור את מבנה הגז ברמה מיקרוסקופית.

⮘ לקבוע אם במולקולה יש דו-קוטב קבוע, כשנתונה צורת המולקולה.

⮘ לזהות חומר יוני על פי נוסחתו.

⮘ לנסח תהליך המסה במים של חומר יוני.

⮘ לתאר ברמה מיקרוסקופית תמיסה מימית של חומר יוני.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

זרחן לבן, P4(s) , הוא יסוד פעיל מאוד היוצר תרכובות רבות, ומשמש ליצירת מיסוך עשן בקרבות.

לפניך נוסחאות של חמישה חומרים המכילים זרחן:

P4O6(l) , Ca3P2(s) , P4(s) , Na3PO4(s) , PCl3(l)

סעיף א' (הציון 82)

**75**

**93**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 93)**

ציין את דרגת החמצון של אטום הזרחן בכל אחד מהחומרים.

**תשובה:**

P4O6(l) , Ca3P2(s) , P4(s) , Na3PO4(s) , PCl3(l)

0

+3

+3

+5

−3

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

הציון גבוה. התלמידים ידעו לקבוע דרגות חמצון של אטומים ביסוד זרחן ובתרכובותיו. הופיעו טעויות מעטות, בעיקר עקב חוסר ידע של אחד מהכללים לקביעת דרגות חמצון: סכום דרגות חמצון במולקולה שווה לאפס, סכום דרגות חמצון ביון מורכב שווה למטען היון וסכום מטעני היונים בחומר יוני שווה לאפס.

**תת-סעיף ii (הציון 75)**

קבע אם אטומי הזרחן בכל אחד משני החומרים: P4O6(l) ו- , Ca3P2(s) יכולים לפעול רק כמחמצן,

רק כמחזר או גם כמחמצן וגם כמחזר. נמק כל קביעה.

**תשובה:**

−3

+3

−3

+5

דרגת החמצון המרבית של אטומי הזרחן היא , ודרגת החמצון המזערית של

אטומי הזרחן היא . (כי לאטום זרחן 5 אלקטרונים ברמת האנרגיה החיצונית.)

דרגת החמצון של יוני הזרחן בחומרCa3P2(s) היא , לכן הם יכולים לשמש רק כמחזר (או: דרגת החמצון של יוני זרחן יכולה רק לעלות).

דרגת החמצון של אטומי הזרחן במולקולות שלP4O6(l) היא , לכן הם יכולים לשמש גם כמחמצן וגם כמחזר (או: דרגת החמצון של אטומי זרחן יכולה גם לעלות וגם לרדת).

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

הסיבה לרוב הטעויות שאותרו בתת-סעיף זה היא קביעה שגויה של דרגות חמצון - המרבית והמזערית של אטום זרחן עקב פירוש שגוי של מספר אלקטרונים ברמת האנרגיה החיצונית:

• "דרגת חמצון מרבית היא ***+3*** ודרגת חמצון מזערית היא ***−5*** , כי מספר אלקטרונים ברמה החיצונית של אטום זרחן הוא חמש."

רוב התלמידים שכתבו תשובות מסוג זה, קבעו נכון את דרגות החמצון של אטומי ויוני זרחן בתרכובות,

מה שהביא לקביעה שגויה לגבי יוני הזרחן בחומרCa3P2(s) ולגבי אטומי הזרחן במולקולות של P4O6(l) :

• "יוני הזרחן ב-***Ca3P2(s)*** יכולים לשמש גם כמחמצן וגם כמחזר, כי דרגת החמצון שלהם היא בין ***+3*** לבין ***−5*** ."

• "יוני הזרחן ב- ***P4O6(l)*** יכולים לשמש רק כמחמצן, כי דרגת החמצון שלהם היא מרבית."

סעיף ב' (הציון 90)

פוספין, PH3(g) , משמש להדברת מזיקים.

איזה מהאיורים I , II , III שלפניך, מתאים לתיאור סכמתי של PH3(g) ?

I II III

**תשובה:**

איור II .

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

הציון גבוה. התלמידים ידעו לזהות את מבנה הגז ברמה מיקרוסקופית המתואר בציור II .

הטעויות המעטות בבחירת הציור הנכון נובעות מחוסר הבנה של מבנה חומר מולקולרי במצב גז.

סעיף ג' (הציון 82)

**77**

**89**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 77)**

רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית למולקולה PCl3 .

**תשובה:**

או:

: :

:Cl:

:Cl⎯P⎯Cl:

⎯

# : :

# : :

:

: :

: :

: :

:Cl:P:Cl:

:Cl:

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

רוב התלמידים שטעו בתת-סעיף זה לא ציינו אלקטרונים לא קושרים על אטומי כלור ולעיתים גם על אטום זרחן. תלמידים אלה יודעים מהו מבנה המולקולה, אך לא הפנימו את כללי הרישום של נוסחאות ייצוג אלקטרוניות.

מומלץ לתרגל רישום של נוסחות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות לאורך לימוד של כל נושאי הסילבוס, לבחור לתרגול מולקולות מכל הסוגים ובצורות שונות.

**תת-סעיף ii (הציון 89)**

למולקולה PCl3 צורה של פירמידה משולשת. קבע אם למולקולה זאת יש דו-קוטב קבוע.

**תשובה:**

כן, למולקולה PCl3 יש דו-קוטב קבוע.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקבוע את קוטביות המולקולה, כשצורתה נתונה. הם ידעו שבמולקולה שצורתה פירמידה משולשת פיזור המטען אינו אחיד. תלמידים מעטים טעו - קבעו שבמולקולה אין דו-קוטב קבוע. הטעות נובעת מחוסר ידע והבנה שבקביעת קוטביות המולקולה יש להתייחס לצורתה ולא רק להפרש באלקטרושליליות האטומים.

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 ד' (הציון 57)

נתרן זרחתי, Na3PO4(s) , הוא חומר המשמש לניקוי צנרת במערכות מים בתעשייה.

**73**

**47**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 73)**

נתרן זרחתי מתמוסס היטב במים. נסח ואזן את תהליך ההמסה.

**תשובה:**

מים

Na3PO4(s) → 3Na+(aq) + PO43−(aq)

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

ניתן למיין את הטעויות האופייניות שהופיעו בתת-סעיף זה למספר סוגים:

⬩ חוסר יכולת לזהות חומר יוני - התייחסות לחומר הנתון כאל חומר מולקולרי:

מים

• ***Na3PO4(s) → Na3PO4(aq)***

⬩ חוסר יכולת לקבוע מהם היונים - במיוחד יונים רב אטומיים - המרכיבים את החומר, ואת מטעני היונים:

מים

• ***Na3PO4(s) → 3Na+(aq) + P3−(aq) + 4O2−((aq)***

⬩ חוסר הבנה מהו תהליך ההמסה - רישום ניסוח תגובה של התפרקות החומר במקום תהליך ההמסה:

מים

• ***Na3PO4(s) → 3Na+(aq) + P3−(aq) + 2O2(g)***

**תת-סעיף ii (הציון 47)**

תאר ברמה המיקרוסקופית תמיסה מימית של נתרן זרחתי.

**תשובה:**

התמיסה מכילה יוני Na+ ויוני PO43− המוקפים במולקולות המים (יונים ממוימים).

בין מולקולות המים לבין היונים פועלים כוחות משיכה חשמליים.

הקוטב החיובי של מולקולת המים - אטומי המימן - נמשך ליון השלילי, והקוטב השלילי של מולקולת המים - אטום החמצן - נמשך ליון החיובי.

בין מולקולות המים קיימים קשרי מימן.

החלקיקים בתמיסה הם ניידים.

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

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו לתאר ברמה מיקרוסקופית תמיסה מימית של חומר יוני.

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

• "התמיסה מכילה יוני ***Na+*** ויונים ***PO43− .***"

• "התמיסה מכילה יונים חיוביים ויונים שליליים."

כמו כן הופיעו תיאורים שגויים:

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

• "יוני ***Na+*** מוקפים ביונים שליליים של מים, ויוני ***PO43−*** מוקפים ביונים חיוביים של מים."

• "בתמיסה יש יונים בים של אלקטרונים."

• "יוני נתרן מוקפים במולקולות מים בגלל קשרי מימן."

⬩ חוסר הבחנה בין תמיסה של חומר לחומר במצב נוזל:

• "יש כאן יונים במצב נוזל."

• "החומר הוא נוזל לא אחיד."

⬩ טעויות ובלבול במושגי יסוד:

• "תמיסה מימית זו מורכבת מיון ***PO43−***  ומסביבו שלושה יוני נתרן."

• "נתרן זרחתי בתמיסה מימית הופך לארבע מולקולות של יונים."

• "בתמיסה יש אטומים חיוביים ואטומים שליליים."

⬩ אי-הבחנה בין סוגי הכוחות הפועלים בין חלקיקים:

• "בין היונים לבין מולקולות המים יש קשרים יוניים."

• "בתמיסה קיימים כוחות משיכה בין יונים לאלקטרונים."

⬩ היו תלמידים שלא הבינו מהי רמה מיקרוסקופית ותיארו את התמיסה ברמה מאקרוסקופית:

• "התקבלה תמיסה מימית חסרת צבע."

מומלץ לתרגל תהליכי המסה במים של חומרים מסוגים שונים, כולל חומרים יוניים, ולרשום את ניסוחי התהליכים בליווי הסבר מפורט של המתרחש בעת ההמסה ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית.

קישורים לאנימציות הממחישות את המסת חומר יוני במים:

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

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

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

שאלה לתרגול:

רשמו את התיאורים המתארים ברמה מיקרוסקופית את התמיסות המימיות הברות:

א. תמיסת KBr(aq)

ב. תמיסת C2H5OH(aq)

ג. תמיסת CH3COCH3(aq)

ד. תמיסת NH4Cl(aq)

ה. תמיסת (NH4)3PO4(aq)

ר. תמיסה המתקבלת בהמסת HCl(g) במים

ז. תמיסה המתקבלת בהמסת NH3(g) במים.

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

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

שאלה 5

מצב גז וסטויכיומטריה

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 73 פיזור ציונים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 36% מהתלמידים**

**68**

**68**

**82**

**73**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

8%

0-40

12%

55-84

39%

85-100

41%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את המושגים: מול, מסה מולרית.

⮘ לדעת את מאפייני המצב הגזי: לחץ, נפח, טמפרטורה.

⮘ לדעת מהי ההשפעה של שינוי הטמפרטורה על הנפח ועל הלחץ של גז.

⮘ לדעת מהי ההשפעה של שינוי מספר המולים של הגז על הנפח ועל הלחץ של גז.

⮘ להכיר את השערת אבוגדרו.

⮘ לדעת מהו נפח מולרי של גז.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לנתח מידע המוצג בגרף.

⮘ לנסח ולאזן תגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים.

⮘ לדעת מהו ריכוז מולרי, ריכוז היונים בתמיסה מימית.

⮘ לדעת מהו מיהול ולבצע את החישובים הקשורים בו.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

השאלה עוסקת בגזים: חנקן, חמצן ותחמוצות חנקן.

סעיף א' (הציון 68)

**55**

**81**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 55)**

שני כלים סגורים, שהנפחים שלהם שווים וקבועים, הוחזקו בטמפרטורה קבועה.

הכלי הראשון מכיל 1 גרם חמצן, O2(g) , והכלי השני מכיל 1 גרם חנקן, N2(g) .

קבע אם הלחץ בכלי השני גדול מהלחץ בכלי הראשון, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

**תשובה:**

הלחץ בכלי השני גדול יותר.

1 gr

= 0.03125 mol

gr

mol

32

1 gr

= 0.0357 mol

gr

mol

28

מספר המולים של O2(g) בכלי הראשון:

מספר המולים של N2(g) בכלי השני:

בכלי השני יש יותר מולים של גז. לכן הלחץ בכלי השני גדול יותר.

או: המסה המולרית של חמצן גדולה יותר, לכן מספר המולים של חמצן קטן ממספר המולים של חנקן בכלי השני. לכן הלחץ בכלי השני גדול יותר.

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

הציון נמוך. רוב הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר הבנה של השערת אבוגדרו:

⬩ התייחסות ללחץ בתוך הכלי כאל לחץ חיצוני והחלטה ללא חישוב שמספר מולי גז בשני הכלים שווה:

• "הלחצים שווים, כי הכלים נמצאים באותם תנאים."

• "בתנאים זהים מספר מולי גז בשני בכלים שווה, לכן גם הלחץ שווה."

⬩ בלבול בין מסת הגז לבין מספר המולים של גז:

• "הלחץ שווה, כי המסה שווה."

⬩ התייחסות לגודל מולקולות כאל גורם המשפיע על לחץ הגז:

• "הלחץ בכלי הראשון גדול יותר כי מולקולה ***O2*** גדולה ממולקולה ***N2*** ."

**תת-סעיף ii (הציון 81)**

מחממים את הכלי המכיל חנקן.

איזה מהגרפים I-IV שלפניך הוא תיאור סכמתי נכון של הלחץ בכלי במהלך החימום כתלות בזמן?

נמק את קביעתך.

זמן

לחץ

0

זמן

לחץ

0

זמן

לחץ

0

IV III II I

זמן

לחץ

0

**תשובה:**

גרף III .

בתחילת הניסוי היה גז בכלי, לכן הלחץ ההתחלתי גדול מאפס. כשטמפרטורת הגז עולה, הלחץ בכלי עולה.

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

רוב התלמידים בחרו בגרף הנכון. הם ידעו לנתח את נתוני השאלה ואת הגרפים ולהסיק מסקנה נכונה.

ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

⬩ בחירה בגרף I - התייחסות רק לשינוי הלחץ בכלי כתלות בשינוי הטמפרטורה, ללא ניתוח של נתוני השאלה - נוכחות הגז בכלי בתחילת הניסוי:

• "כשמחממים את הכלי הלחץ עולה."

⬩ בחירה בגרף II - התייחסות לשינוי נפח הגז בחימום, למרות הנתון שהכלי סגור ובעל נפח קבוע:

• "בחימום נפח הכלי גדל, לכן הלחץ בכלי קטן - קיים יחס הפוך."

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי המצביע על חוסר הבנה של השינויים המתרחשים בחימום הכלי:

• "הלחץ עולה בגלל שהחימום גורם להגדלת מספר מולקולות בכלי."

סעיף ב' (הציון 68)

בתנאים מתאימים, תחמוצת החנקן NO(g) מגיבה עם O2(g) ומתקבלת תחמוצת אחרת של חנקן - NO2(g) .

**94**

**41**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 94)**

נסח ואזן את התגובה.

**תשובה:**

2NO(g) + O2(g) → 2NO2(g)

NO(g) + O2(g) → NO2(g) או:

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

1

2

הציון גבוה מאוד, התלמידים ידעו לנסח תגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים. כמעט ולא נתגלו טעויות.

**תת-סעיף ii (הציון 41)**

ביצעו את התגובה בתוך מזרק, כשהטמפרטורה והלחץ נשמרו קבועים.

קבע אם במהלך התגובה נפח המזרק גדל, קטן או לא השתנה. נמק את קביעתך.

**תשובה:**

נפח המזרק קטן, כי מספר מולים של גז קטן במהלך התגובה.

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

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא ידעו לקשר בין שינוי מספר המולים של הגז לבין נפח הגז.

רוב התלמידים שטעו קבעו שנפח המזרק לא השתנה:

• "נפח המזרק לא השתנה, מכיוון שהוא תלוי בשינוי לחץ וטמפרטורה."

• "הנפח לא השתנה, כי טמפרטורה ולחץ נשארו קבועים."

מומלץ להפנות את תשומת הלב של התלמידים לכך שקיימים שני סוגים עיקריים של שאלות המתייחסות לגזים הנמצאים בכלים סגורים:

1. גז הנמצא בכלי סגור שנפחו קבוע. נפח הגז במקרה זה שווה לנפח הכלי ולא יכול להשתנות.

אם בכלי כזה מתרחשת תגובה שבמהלכה משתנה מספר מולים של גז, הלחץ בכלי משתנה.

2. גז הנמצא בכלי סגור שנפחו יכול להשתנות - כגון מזרק. אם בכלי כזה מתרחשת תגובה שבמהלכה משתנה מספר מולים של לגז, נפח הכלי משתנה.

שאלות לתרגול - מומלץ לבקש מהתלמידים לנמק את קביעתם:

שאלה 1

בכלי סגור בצורת מזרק נמצאים 150 מיליליטר חמצן O2(g).

יצרו ניצוץ חשמלי בכלי על ידי מתג חיצוני.

נפח הכלי קטן ל- 100 מיליליטר.

תלמידים הציעו סיבות שונות להקטנת הנפח.

בהסתמך על תוצאות הניסוי -

הסיבה להקטנה של נפח הכלי היא:

1. התפרקות מולקולות החמצן לאטומים בודדים.

2. הפיכת החמצן לנוזל.

**3. היווצרות הגז אוזון O3(g).**

4. התלכדות מולקולות החמצן לזוגות.

שאלה 2

במזרק (כלי המשנה את נפחו) A נמצאים 14 גרם של גז חנקן, N2(g) .

במזרק B נמצאים 14 גרם של הגז אתילן , C2H4(g) .

הטמפרטורה בשני הכלים זהה, אך הלחץ השורר בכלי A

קטן מהלחץ השורר בכלי B.

מהי הקביעה הנכונה?

1. מספר המולים של גז בכלי A גדול ממספר המולים של גז בכלי B .

2. מספר המולים של גז בכלי A קטן ממספר המולים של גז בכלי B .

**3. נפח הגז בכלי A גדול מנפח הגז בכלי B .**

4. נפח הגז בכלי A קטן מנפח הגז בכלי B .

סעיף ג' (הציון 82)

1.38 גרם NO2(g) מגיבים עם מים על פי התגובה:

3NO2(g) + 3H2O(l) → 2H3O+(aq) + 2NO3−(aq) + NO(g)

חשב את הנפח של NO(g) שהתקבל בתגובה, אם נתון שנפח מולרי של גז בתנאי התגובה הוא 25 ליטר.

פרט את חישוביך.

**תשובה:**

0.03 mol

3

= 0.01 mol

liter

mol

25 × 0.01 mol = 0.25 liter

gr

mol

46

1.38 gr

= 0.03 mol

gr

mol

46

המסה המולרית של NO2(g) :

מספר המולים של NO2(g) שהגיב:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול NO(g) התקבל מ- 3 מול NO2(g) ,

לכן מספר המולים של NO(g) שהתקבל:

הנפח של NO(g) שהתקבל:

או טבלה מסכמת לסעיף ג'

מסה מולרית (גרם למול)

מספר מולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

מסה נתונה/נדרשת

בניסוי ספציפי (גרם)

יחס המולים בניסוח תגובה

נפח מולרי של גז בתנאי הניסוי (ליטר למול)

נפח הגז נתון/נדרש

בניסוי ספציפי (ליטר)

3NO2(g) + 3H2O(l) → 2H3O+(aq) + 2NO3−(aq) + NO(g)

46

3 1

25

0.03 0.01

0.255

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

הטעות העיקרית בסעיף זה היא חוסר התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה - חישוב הנפח של NO(g) שהתקבל על פי 0.03 מול חומר. טעויות נוספות הן טעויות חישוב ואי-רישום יחידות.

סעיף ד' (הציון 73)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**83**

**81**

**60**

**תת-סעיף i (הציון 83)**

חשב את מספר המולים של יוני H3O+(aq) שהתקבלו בתגובה. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 2 מול יוני H3O+(aq) התקבלו מ- 3 מול NO2(g) ,

0.03 mol × 2

3

= 0.02 mol

לכן מספר המולים של יוני H3O+(aq) שהתקבלו:

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

גם בתת-סעיף זה הטעות העיקרית היא חוסר התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה, וכתוצאה מכך חישוב שגוי של מספר המולים של יוני H3O+(aq) שהתקבלו. טעויות נוספות הן טעויות חישוב.

**תת-סעיף ii (הציון 81)**

הריכוז של יוני H3O+(aq) בתמיסה המימית שהתקבלה היה 0.04 M .

מהו הנפח של התמיסה שהתקבלה? פרט את חישוביך.

**תשובה:**

= 0.5 liter

0.02 mol

liter

mol

0.04

הנפח של התמיסה שהתקבלה:

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

רוב הטעויות שאותרו בתת-סעיף זה הן טעויות חישוב ואי-רישום יחידות.

**תת-סעיף iii (הציון 60)**

לתמיסה שהתקבלה הוסיפו מים עד שהתקבלה תמיסה שבה ריכוז יוני H3O+(aq) היה 0.01 M .

חשב את נפח המים שהוסיפו. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

ב- 0.5 ליטר תמיסה יש 0.02 מול יוני H3O+(aq) .

מספר מולים זה יישאר בתמיסה המהולה.

ב- 1 ליטר של התמיסה המהולה יש 0.01 מול יוני H3O+(aq).

ב- X ליטר של התמיסה המהולה יש 0.02 מול יוני H3O+(aq).

0.02 mol × 1 liter

0.01 mol

= 2 liter

נפח התמיסה המהולה:

נפח המים שהוסיפו: 2 liter − 0.5 liter = 1.5 liter

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לחשב את נפח המים שהוסיפו לתמיסה המקורית.

הטעויות האופייניות הן:

⬩ התייחסות למים שנוצרו בתגובה כאל מים שהוסיפו לתמיסה במטרה למהול אותה.

⬩ תשובה המתייחסת למיהול פי 2 של התמיסה. התלמידים שענו כך סבורים שהמיהול הוא תמיד פי 2 .

⬩ חישוב נכון של נפח התמיסה המהולה ללא המשך.

מומלץ לבצע במעבדה את המיהול המתואר בשאלה וללוות את הניסוי בחישוב מספר המולים של יוני H3O+(aq) וריכוז יוני H3O+(aq) . כמו כן אפשר להיעזר באיורים סכמתיים בהסבר של תהליך המיהול. לדוגמה, אפשר לסכם את התרגיל באיור הבא:

0.5 ליטר תמיסה

המכילה 0.02 מול

יוני H3O+(aq)

מוסיפים

1.5 ליטר מים

2 ליטר תמיסה

המכילה 0.02 מול

יוני H3O+(aq)

ריכו יוני H3O+(aq) 0.01 M

שאלה 6

חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 68 פיזור ציונים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 9% מהתלמידים**

**59**

**84**

**68**

**58**

**62**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

41-54

9%

0-40

19%

55-84

36%

85-100

36%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לזהות את הסיום של תגובת חומצה - בסיס.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לנתח מידע חדש המופיע בשאלה וליישם אותו (במקרה זה חישוב דרגת ניקיון של תוצר).

⮘ לנסח תגובה בין תחמוצת בסיסית לבין חומצה, כשתגובה דומה - עם חומצה אחרת, נתונה בשאלה.

⮘ לקבוע את מספר המולים של יוני H3O+(aq) הנוצרים בתמיסה מימית ממול חומצה נתונה.

⮘ לזהות חומצה ובסיס על פי נוסחותיהם.

⮘ להכיר את התכונות של חומצות ובסיסים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

אבקת מגנזיום חמצני, MgO(s) , בדרגת ניקיון גבוהה, משמשת בין היתר לייצור תוספים לדלק.

מגדירים את דרגת הניקיון כאחוז של MgO(s) טהור בדגימה, המחושב על פי הנוסחה:

• 100%

מסת MgO(s) טהור בדגימה

מסת הדגימה

ביצעו שני ניסויים לקביעת דרגת הניקיון של אבקה המכילה מגנזיום חמצני.

בניסוי הראשון לקחו דגימה של 8 גרם מגנזיום חמצני. הוסיפו לדגימה, במנות קטנות, תמיסה מימית של חומצת מימן כלורי, HCl(aq) , בריכוז 0.45 M .

התרחשה התגובה:

MgO(s) + 2H3O+(aq) → Mg2+(aq) + 3H2O(l)

התגובה הסתיימה כשהגיבו 860 מ"ל תמיסת HCl(aq) .

סעיף א' (הציון 59)

כיצד קובעים שהתגובה הסתיימה?

**תשובה:**

אחת מהתשובות:

- קובעים שהתגובה הסתיימה בעזרת אינדיקטור מתאים, שהצבע שלו משתנה במעבר מתמיסה

חומצית לתמיסה ניטרלית.

- בדיקה ב- pH-מטר.

- המוצק נעלם

- תמיסה עכורה הופכת לצלולה.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו בקביעת סיום התגובה. הם לא הבינו, שיש להתייחס לשיטה ניסויית - לשינוי הנראה לעין, ותיארו את סיום התגובה ברמה מיקרוסקופית במקום לתאר אותו ברמה מאקרוסקופית:

• "התגובה הסתיימה כאשר כל יוני ***H3O+(aq)*** הגיבו."

• "התגובה הסתיימה כשכל החומר ***MgO(s)*** הגיב וכל יוני ***H3O+(aq)*** הגיבו במלואם."

• "כל תוספת של ***HCl(aq)*** מעבר ל- ***860*** מ"ל לא יוצרת תוצרים, לכן ניתן להניח שכל ה- ***MgO(s)*** הגיב במלואו."

חלק מהתלמידים מתקשים להבחין בין תיאור המערכת ברמה מאקרוסקופית לבין תיאורה ברמה מיקרוסקופית. מומלץ להדגיש את ההבדלים בין רמות אלה במהלך ביצוע ניסויים, אנימציות ותרגילים. מומלץ לבצע ניסוי המתואר בשאלה ולבקש מהתלמידים לתאר את התצפיות שלהם, לקבוע את סיום התגובה, ולאחר מכן לתאר את המתרחש בתגובה ברמה מיקרוסקופית.

סעיף ב' (הציון 84)

**84**

**83**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 84)**

חשב את המסה של MgO(s) שהגיבה עם תמיסת HCl(aq) . פרט את חישוביך.

**תשובה:**

liter

mol

0.45 × 0.860 liter = 0.387 mol

0.387 mol

2

= 0.194 mol

gr

mol

40

40 × 0.194 mol = **7.76 gr**

gr

mol

מספר המולים של HCl ב- 860 מ"ל תמיסה:

מ- 1 מול HCl נוצר בתמיסה מימית 1 מול יוני H3O+(aq) , מספר המולים של יוני H3O+(aq)

ב- 860 מ"ל תמיסה: 0.387 mol

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 2 מול יוני H3O+(aq) מגיבים עם 1 מול MgO(s) ,

לכן מספר המולים של MgO(s) שהגיב:

המסה המולרית של MgO(s) :

המסה של MgO(s) שהגיב:

**או טבלה מסכמת לתת-סעיף ב' i**

מסה מולרית (גרם למול)

מספר מולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

מסה נתונה/נדרשת

בניסוי ספציפי (גרם)

יחס המולים בניסוח תגובה

ריכוז מולרי של מומס בתמיסה (M)

נפח התמיסה (ליטר)

MgO(s) + 2H3O+(aq) → Mg2+(aq) + 3H2O(l)

1 2

0.194 0.387

40

**7.76**

0.860

0.45

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לחשב את המסה של MgO(s) שהגיב, על פי נתונים על תמיסת HCl(aq) .

הטעות העיקרית בתת- סעיף זה היא חוסר התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה - חישוב המסה של MgO(s) שהגיב על פי 0.387 מול חומר. טעויות נוספות הן טעויות חישוב ואי-רישום יחידות.

**תת-סעיף ii (הציון 83)**

חשב את דרגת הניקיון. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

7.76 gr

8 gr

× 100% = 97%

דרגת הניקיון של מגנזיום חמצני שבדגימה:

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

רוב התלמידים הבינו את ההסבר שבתחילת השאלה וחישבו נכון את דרגת הניקיון של מגנזיום חמצני שבדגימה, אך היו תלמידים שטעו בחישוב או דילגו על תת-סעיף זה.

סעיף ג' (הציון 68)

בניסוי השני לקחו דגימה של 8 גרם מגנזיום חמצני. הוסיפו לדגימה תמיסה מימית של חומצה גפרתית, H2SO4(aq) בריכוז 0.45 M .

**80**

**63**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 80)**

נסח ואזן את התגובה שהתרחשה בניסוי השני.

**תשובה:**

MgO(s) + 2H3O+(aq) → Mg2+(aq) + 3H2O(l)

MgO(s) + 2H3O+(aq) + SO42−(aq) → Mg2+(aq) + SO42−(aq) + 3H2O(l) או:

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

רוב התלמידים ידעו לנסח תגובה בין תחמוצת בסיסית לבין חומצה, כשתגובה דומה - עם חומצה אחרת, נתונה בשאלה. הטעות העיקרית בתת-סעיף זה היא איזון שגוי:

• ***MgO(s) + 4H3O+(aq) → Mg2+(aq) + 6H2O(l)***

• ***MgO(s) + H3O+(aq) → Mg2+(aq) + H2O(l)***

טעויות נוספות שנתגלו הן רישום מגנזיום גופרתי מוצק בתוצרים:

• ***MgO(s) + 2H3O+(aq) + SO42−(aq) → MgSO4(s) + 3H2O(l)***

ורישום ניסוח מולקולרי:

• ***MgO(s) + H2SO4(aq) → MgSO4(aq) + H2O(l)***

כאשר התלמידים מנסחים תגובות חומצה - בסיס, מומלץ לבקש מהם לרשום ניסוחי תגובה יוניים, בנוסף לניסוחי נטו.

**תת-סעיף ii (הציון 63)**

קבע אם בניסוי השני התגובה הסתיימה לאחר הוספה של 860 מ"ל תמיסת H2SO4(aq) ,

הוספה של יותר מ- 860 מיליליטר או הוספה של פחות מ- 860 מ"ל. נמק.

**תשובה:**

התגובה הסתיימה לאחר הוספה של פחות מ- 860 מ"ל תמיסת H2SO4(aq) .

מ- 1 מול HCl נוצר בתמיסה מימית 1 מול יוני H3O+(aq) .

מ- 1 מול H2SO4 נוצרים בתמיסה מימית 2 מול יוני H3O+(aq) .

לכן יידרש נפח קטן פי שניים של תמיסת H2SO4(aq) באותו ריכוז כמו תמיסת HCl(aq) .

(לקבל גם חישוב כנימוק.)

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

הציון נמוך יחסית. תלמידים רבים התקשו לקבוע את מספר המולים של יוני H3O+(aq) , הנוצרים בתמיסה מימית ממול החומצה הנתונה, וכתוצאה מכך טעו בהערכת הנפח של תמיסת H2SO4(aq) שהוסיפו לכלי:

• "יש אותו יחס, אך מולקולות החומצה גדולות יותר, לכן הנפח יהיה גדול יותר."

• "היחס הוא אותו יחס, ולכן הנפה נשאר אותו דבר."

(למרות שאפשרות זו לא מופיעה בשאלה.)

מומלץ להכין - יחד עם התלמידים, ציורים המתארים תמיסות מימיות של חומצות ברמה מיקרוסקופית, כגון:

תמיסת H2SO4(aq) תמיסתHCl(aq)

**Cl−**

**Cl−**

**H3O+**

**H3O+**

**SO4**

**2−**

**SO4**

**2−**

**H3O+**

**H3O+**

**H3O+**

**H3O+**

סעיף ד' (הציון 58)

בתהליך הייצור של MgO(s) מתקבל תוצר לוואי - מגנזיום הידרוקסידי, Mg(OH)2(s) .

אם הדגימה מכילה גם Mg(OH)2(s) , הקביעה של דרגת ניקיון אינה מדויקת. הסבר מדוע.

**תשובה:**

הקביעה של דרגת ניקיון תהיה לא מדויקת, כי גם Mg(OH)2(s) , שהוא בסיס, יגיב עם תמיסת החומצה.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לקשר בין דיוק הקביעה של דרגת ניקיון של מגנזיום חמצני לבין התגובה בין בסיס Mg(OH)2(s) לבין חומצה. תלמידים אלה ניסו להמציא סיבות שונות לכך שדרגת ניקיון תהיה לא מדויקת:

• "יש מסה נוספת ולכן קשה לבדוק את דרגת הניקיון."

• "תוצר לוואי מוסיף מסה."

• "צריך להפריד תוצר לוואי וזה מקשה על הבדיקה."

טעות אופיינית נוספת היא אי-זיהוי של מגנזיום הידרוקסידי כבסיס המגיב עם חומצה:

• " ***Mg(OH)2(s)***לא מגיב עם חומצה."

• "רק בסיסים מגיבים עם חומצה, ו- ***Mg(OH)2(s)***אינו בסיס."

סעיף ה' (הציון 62)

נתונות שלוש תמיסות מימיות: תמיסת חומצה מתאנואית, HCOOH(aq) , תמיסת אמוניה, NH3(aq) ,

תמיסת אשלגן כלורי, KCl(aq) .

קבע, עבור כל אחת משלוש התמיסות, אם היא מגיבה עם Mg(OH)2(s) .

אם כן - נסח את התגובה. אם לא - הסבר מדוע.

**תשובה:**

Mg(OH)2(s) + 2HCOOH(aq) → Mg2+(aq) + 2HCOO−(aq) + 2H2O(l)

Mg(OH)2(s) + 2H3O+(aq) → Mg2+(aq) + 4H2O(l) או:

תמיסת NH3(aq) אינה מגיבה עם בסיס Mg(OH)2(s) , כי גם האמוניה היא בסיס.

תמיסת מלח KCl(aq) אינה מגיבה עם בסיס Mg(OH)2(s) , כי אין בתמיסה חלקיקים המתנהגים כחומצה.

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

הציון נמוך יחסית. הטעויות האופייניות שאותרו בסעיף זה הן:

⬩ תלמידים שלא זיהו Mg(OH)2(s) כבסיס בסעיף הקודם, קבעו שחומר זה לא מגיב עם חומצה מתאנואית.

⬩ זיהוי נכון של Mg(OH)2(s) כבסיס וזיהוי מוטעה של NH3(aq) כתמיסת חומצה:

• ***Mg(OH)2(s) + NH3(aq) → MgNH4(aq) + H2O(l)***

⬩ זיהוי מוטעה של Mg(OH)2(s) כמלח וקביעה שהוא מגיב עם תמיסת KCl(aq) בתגובת שיקוע:

• ***Mg(OH)2(s) + 2KCl(aq) → MgCl2(s) + KOH(aq)***

מומלץ לבצע עם התלמידים את כל הניסויים והפעילויות המתוארים בשאלה, לדון בסוג של כל חומר, בשיטות הזיהוי של חומצות ובסיסים ובתכונות שלהם, לבצע את החישובים.

מומלץ לבצע את האנימציה הנמצאת באתר של מכון דוידסון שליד מכון ויצמן למדע:

<http://davidson.weizmann.ac.il/online/tikshuv/chemistry/%D7%AA%D7%9E%D7%99%D7%A1%D7%95%D7%AA-%D7%97%D7%95%D7%9E%D7%A6%D7%94-%D7%91%D7%A1%D7%99%D7%A1>

שאלה 7

חומצות ובסיסים

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 61 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 56% מהתלמידים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

**62**

**63**

**68**

**53**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

16%

0-40

22%

55-84

43%

85-100

19%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לנסח תגובה בין חומצה חזקה לבין המים.

⮘ לנסח תגובה בין חומצה חלשה לבין המים.

⮘ להבחין בין חומצה חזקה לבין חומצה חלשה.

⮘ לקשר בין חוזק החומצה לבין ריכוז יוני הידרוניום,H3O+(aq) , בתמיסה המימית.

⮘ לדעת מהו pH התמיסה המימית.

⮘ לקשר בין ריכוז יוניH3O+(aq) בתמיסה מימית לבין ה- pH של התמיסה.

⮘ לקשר בין ריכוז יוניH3O+(aq) בתמיסה מימית לבין המוליכות החשמלית של התמיסה.

⮘ לדעת מהו מצב שיווי-משקל בתמיסה של חומצה חלשה.

⮘ לדעת מהו ריכוז מולרי.

⮘ לתאר ברמה מיקרוסקופית את התמיסה המימית של חומצה חלשה.

⮘ לזהות את יוני HCO3−(aq) כבסיס חלש.

⮘ לדעת כיצד משתנה pH התמיסה במהלך התגובה בין חומצה לבסיס.

⮘ לדעת כיצד משתנה pH התמיסה במהלך הערבוב של תמיסות החומצות השונות בריכוזים שונים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שלוש תמיסות מימיות, I - III .

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| התמיסה | שם החומר המומס | נוסחת החומר המומס | ריכוז התמיסה  (M) | pH של התמיסה |
| I | חומצה חנקתית | HNO3(l) | 0.1 | 1 |
| II | חומצה אצטית | CH3COOH(l) | 0.1 | 2.9 |
| III | חומצת מימן כלורי | HCl(g) | ? | 1.7 |

סעיף א' (הציון 62)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**92**

**69**

**34**

**תת-סעיף i (הציון 92)**

נסח את התהליך שמתרחש כאשר מכניסים למים כל אחת מהחומצות HNO3(l) ו- HCl(g).

**תשובה:**

HNO3(l) + H2O(l) → H3O+(aq)  + NO3−(aq)

HCl(g) + H2O(l) → H3O+(aq)  + Cl−(aq)

***H2O(l)***

***H2O(l)***

***H2O(l)***

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

הציון גבוה. התלמידים ידעו לנסח תגובה בין חומצה חזקה לבין המים.

תלמידים מעטים התייחסו למים כאל ממס:

• ***HCl(g) → H+(aq) + Cl−(aq)***

• ***HNO3(l) → H3O+(aq) + NO3−(aq)***

• ***HCl(g) → HCl(aq)***

**תת-סעיף ii (הציון 69)**

ii קבע איזה משני הניסוחים (1)-(2) שלפניך הוא הניסוח הנכון עבור התגובה של

CH3COOH(l) עם מים. נמק.

→

←

(1) CH3COOH(l) + H2O(l) CH2COOH−(aq) + H3O+(aq)

→

←

(2) CH3COOH(l) + H2O(l)  CH3COO− (aq) + H3O+(aq)

**תשובה:**

ניסוח (2)

בניסוח (2) אטום המימן בקבוצה קרבוקסילית (במולקולה של חומצה) חשוף מאלקטרונים (או: מימן חומצי; או: קשור בקשר קוולנטי לאטום בעל אלקטרושליליות גבוהה). לכן מולקולות המים מושכות אטום זה.

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

רוב התלמידים קבעו נכון את ניסוח התגובה של CH3COOH(l) עם מים, אך חלקם התקשו לנמק את בחירתם. הופיעו אמירות כלליות ללא הסבר לעומק:

• "ניסוח ***(2)*** נכון, כי זאת חומצה חלשה."

• "ניסוח ***(2)*** נכון, כי ***CH3COOH(l)*** כי זאת חומצה קרבוקסילית."

**תת-סעיף iii (הציון 34)**

תאר ברמה המיקרוסקופית את התמיסה המימית של CH3COOH(aq) .

**תשובה:**

בתמיסה מימית של חומצה אצטית יש מולקולותCH3COOH הקשורות בקשרי מימן למולקולות

המים, יוניH3O+(aq) ויוני CH3COO−(aq) המוקפים במולקולות מים. בין היונים לבין הקוטב הנגדי

של מולקולות המים נוצרים כוחות משיכה חשמליים. כמו כן יש בתמיסה מולקולות מים שאינן

משתתפות במיום היונים. בין מולקולות אלה יש קשרי מימן. החלקיקים בתמיסה הם ניידים.

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

הציון נמוך במיוחד. הדבר מצביע על חוסר ידע והבנה מהו תיאור ברמה מיקרוסקופית. תלמידים רבים התקשו לתאר ברמה מיקרוסקופית את התמיסה המימית של CH3COOH(aq) . הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא תשובות חלקיות: ציון יונים ללא התייחסות למולקולותCH3COOH , אי-ציון של קשרי מימן בין מולקולות המים ו/או בין מולקולות החומצה לבין מולקולות המים, אי-ציון של כוחות משיכה חשמליים בין היונים לבין הקוטב הנגדי של מולקולות המים:

• "התמיסה מכילה יוני ***H3O+*** ויונים ***CH3COO− .***"

• "בתמיסה יש יונים חיוביים ויונים שליליים."

כמו כן הופיעו תיאורים שגויים:

⬩ תיאור שגוי של כוחות הפועלים בין היונים לבין מולקולות המים:

• "בתמיסה קיימים קשרי מימן בין היונים לבין מולקולות המים."

• "בין היונים של חומצה לבין היונים של מים יש קשרים יוניים."

⬩ טעויות ובלבול במושגי יסוד:

• "התמיסה המימית מכילה יונים ניידים בים של אלקטרונים."

• "בתמיסה יש קשרי ון-דר-ואלס ***(C−C , C−H , C−O)*** וקשרי מימן ***(O−H)***."

⬩ תיאור התמיסה ברמה מאקרוסקופית:

• "התמיסה היא חסרת צבע וחומצית."

כדי לעזור לתלמידים לענות נכון לשאלות מסוג זה, מומלץ לבקש מהם להתייחס לשלושה היבטים עיקריים:

1. אילו חלקיקים נמצאים בתמיסה? כדאי להזכיר לתלמידים שיש להתייחס גם לחלקיקי הממס.

2. מהם סוגי האינטראקציות בין חלקיקים?

3. מהם סוגי התנועה של החלקיקים?

כדאי להזכיר לתלמידים שיש להתייחס גם לחלקיקי הממס.

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים, הכוללים המסה במים של חומצות ובסיסים שונים, ולבקש מהתלמידים לרשום את ניסוחי התהליכים בליווי הסבר מפורט של המתרחש בעת ההמסה ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית.

סעיף ב' (הציון 63)

**66**

**60**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 66)**

הסבר מדוע ה- pH של תמיסה II גבוה מה- pH של תמיסה I .

**תשובה:**

חומצה אצטית היא חומצה חלשה. רק חלק ממולקולות החומצה מגיב עם מולקולות המים ליצירת יוני H3O+(aq) ויוני CH3COO−(aq) .

חומצה חנקתית היא חומצה חזקה המגיבה במלואה עם המים ליצירת יונים.

ריכוז יוני הידרוניום בתמיסה II נמוך מריכוז יוני ההידרוניום בתמיסה I . ככל שריכוז יוני ההידרוניום נמוך יותר, ה-pH של התמיסה גבוה יותר. לכן ה-pH של תמיסה II גבוה מה-pH של תמיסה I .

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

רוב התלמידים ידעו שחומצה חנקתית היא חומצה חזקה וחומצה אצטית היא חומצה חלשה, אך חלקם התקשו לפרש את המושגים האלה - לקשר בין חוזק החומצה לבין ריכוז יוני הידרוניום בתמיסה. הופיעו הסברים הקושרים את חוזק החומצה ל- pH התמיסה, אך ללא אזכור הריכוז של יוני הידרוניום.

חלק מהתלמידים סבורים ש- pH התמיסה נקבע על ידי מידת המסיסות של חומצה במים:

• "מסיסות חומצה חנקתית במים גבוהה יותר מזו של חומצה אצטית, לכן ***pH*** התמיסה של חומצה חנקתית חומצי יותר - קרוב לאפס."

מומלץ להפעיל עם התלמידים אנימציות המתארות את התגובות עם מים של חומצה חזקה ושל חומצה חלשה:

<http://stwww.weizmann.ac.il/G-CHEM/animationsindex/acidbasepH/HCl(aq).html>

<http://stwww.weizmann.ac.il/G-CHEM/animationsindex/acidbasepH/aceticeq.html>

**תת-סעיף ii (הציון 60)**

קבע אם הריכוז המולרי של תמיסה III גדול מהריכוז המולרי של תמיסה I , קטן ממנו או שווה לו. נמק.

**תשובה:**

הריכוז המולרי של תמיסה III נמוך מהריכוז המולרי של תמיסה I .

שתי החומצות הן חזקות וחד-פרוטיות. ממול של כל חומצה נוצר מול יוני הידרוניום.

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

ניתן למיין את הטעויות האופייניות בתת-סעיף זה לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה באמצעות השוואה בין חוזק החומצות - חוסר ידע ששתי החומצות הן חזקות:

• "חומצה ***HCl(l)*** חלשה יותר, לכן הריכוז המולרי שלה גדול יותר."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• "הריכוז שווה, כי שתיהן מתפרקות ליונים."

• "הריכוז שווה בגלל ששתי החומצות הן תרכובות יוניות."

סעיף ג' (הציון 68)

מדדו את המוליכות החשמלית של תמיסות I ו- II . קבע אם המוליכות החשמלית של תמיסה I גבוהה

מהמוליכות החשמלית של תמיסה II , נמוכה ממנה או שווה לה. נמק.

**תשובה:**

המוליכות החשמלית של תמיסה I גבוהה מהמוליכות החשמלית של תמיסה II .

הריכוזים של התמיסות אמנם שווים, אך בכל תמיסה ריכוזי היונים שונים.

חומצה אצטית היא חומצה חלשה. ריכוז היונים בתמיסה II נמוך מריכוז היונים בתמיסה I .

ככל שריכוז היונים בתמיסה גדול יותר המוליכות החשמלית של התמיסה גבוהה יותר.

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

רוב התלמידים קבעו נכון. הם ידעו שחומצה חנקתית היא חומצה חזקה וחומצה אצטית היא חומצה חלשה, אך חלקם התקשו לקשר בין חוזק החומצה לבין המוליכות החשמלית של התמיסה. הופיעו הסברים הקושרים את חוזק החומצה למוליכות התמיסה, אך ללא אזכור הריכוזים של יונים.

חלק מהתלמידים שטעו סבורים שהולכה חשמלית אפשרית רק בתמיסה מימית של חומר יוני, ולא מתייחסים להיווצרות יונים בתמיסה מימית בתגובות בין חומרים מולקולריים מסוימים, כגון חומצות ובסיסים, לבין המים. הטעויות האופייניות הנוספות הן:

⬩ התייחסות לחומצה חנקתית כאל חומר יוני:

• "המוליכות של תמיסה ***I*** גבוהה יתר, כי ***HNO3*** זה חומר יוני ו- ***CH3COOH*** זה חומר מולקולרי."

⬩ התייחסות לגודל היונים בתמיסה כאל גורם המשפיע על מידת ניידות היונים ועל המוליכות:

• "המוליכות של תמיסה ***I*** גבוהה יותר, כי היונים בה קטנים יותר, ולכן ניידים יותר."

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי שבו מכינים תמיסות של מספר חומצות - חזקות וחלשות, בריכוזים שונים. לבדוק pH ומוליכות חשמלית של כל תמיסה, לבקש מהתלמידים להסביר את התוצאות ולרשום את תהליכי ההמסה של החומצות במים. לאחר מכן אפשר לסכם:

I. תמיסות של אותה חומצה בריכוזים שונים:

⬩ ככל שריכוז התמיסה גדול יותר, ריכוז היונים בתמיסה גדול יותר. ולכן:

- pH התמיסה נמוך יותר

- המוליכות החשמלית של התמיסה גבוהה יותר.

II. תמיסות שוות ריכוז של חומצות חזקות ושל חומצות חלשות:

⬩ ככל שחומצה חזקה יותר, ריכוז היונים בתמיסה גדול יותר. ולכן:

- pH התמיסה נמוך יותר

- המוליכות החשמלית של התמיסה גבוהה יותר.

שאלה לתרגול:

הכינו 1 ליטר תמיסה על ידי המסה במים של 0.1 מול HCl(g) . נמדד pH=1 .

הכינו 1 ליטר תמיסה על ידי המסה במים של 0.1 מול CH3COOH(l) . נמדד pH=5 .

א. הסבר את ההבדל בערכי ה- pH של שתי התמיסות.

ב. המוליכות החשמלית בתמיסת HCl(aq) הייתה גבוהה בהרבה מהמוליכות בתמיסת CH3COOH(aq) . הסבר את ההבדל במוליכות של שתי התמיסות.

סעיף ד' (הציון 53)

**59**

**47**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 59)**

ל- 100 מ"ל של תמיסה III הוסיפו סודה לשתייה, NaHCO3(s) .

קבע אם לאחר ההוספה ה- pH של תמיסה III עלה , ירד או לא השתנה. נמק.

**תשובה:**

ה-pH של התמיסה עלה.

בתמיסת NaHCO3(aq) יש יוני HCO3−(aq) .

יונים אלה מגיבים כבסיס עם יוני הידרוניום שבתמיסת HCl(aq) .

( HCO3−(aq) + H3O+(aq) → 2H2O(l) + CO2(g) )

ריכוז יוני הידרוניום בתמיסה ירד ולכן ה- pH של התמיסה עלה.

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא אי-זיהוי של סודה לשתייה כחומר יוני, שמתמוסס במי התמיסה, מתפרק ליונים, ויוני HCO3−(aq) מתנהגים כבסיס - מגיבים עם יוני H3O+(aq) .

ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים:

1. קביעה נכונה שה- pH של התמיסה עלה, המלווה בנימוק שגוי:

⬩ התייחסות להוספת סודה לשתייה במצב מוצק כאל הוספת תמיסה ניטרלית:

• "המים שבתמיסה שהוספה גרמו להורדת הריכוז של יוני הידרוניום."

⬩ התייחסות לסודה לשתייה כאל חומר מולקולרי, שהמולקולות שלו השפיעו על pH התמיסה:

• "המולקולות ***NaHCO3*** תפסו מקום בתמיסה ובכך העלו את ***pH*** התמיסה."

2. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

⬩ התייחסות לסודה לשתייה כאל חומצה:

• " ***pH*** התמיסה ירד, כי הוסיפו חומצה חזקה."

מומלץ לעבור עם התלמידים על תרכובות יוניות המכילות יונים המתנהגים כחומצה או כבסיס. כמו כן מומלץ לעבור עם התלמידים על דפי התגובות של חומצות ובסיסים, שתלמיד צריך להכיר, ולהביא דוגמאות נוספות.

**תת-סעיף ii (הציון 47)**

ערבבו 100 מ"ל תמיסה I עם 50 מ"ל תמיסת HCl(aq) 0.1M .

קבע אם לאחר הערבוב ה- pH של התמיסה עלה, ירד או לא השתנה. נמק.

**תשובה:**

ה-pH של התמיסה לא השתנה.

ערבבו תמיסות שוות ריכוז של שתי חומצות חזקות חד-פרוטיות.

ריכוז יוני H3O+(aq) לא השתנה. לכן ה-pH של התמיסה לא השתנה.

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

הציון נמוך מאוד. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבנה מהו pH של תמיסה. תלמידים רבים לא ידעו ש- pH התמיסה תלוי אך ורק בריכוז יוני הידרוניום, ולא בכמות שלהם בתמיסה:

• " ***pH*** התמיסה ירד, כי הוספו יוני הידרוניום."

• "הוספת חומצה לחומצה מעלה ריכוז של יוני הידרוניום ובכך מורידה ***pH***."

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות 1, 2, 3, 7 (וגם שאלות נוספות) מהחוברת המכילה שאלות בנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו", שנכתבו במסגרת הסדנה לפיתוח משימות מבחן, שהתקיימה במכון ויצמן. החוברת נמצאת באתר הספר, במדריך למורה:

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

ובאתר המפמ"ר:

<http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/Mivnyot/AzareyHoraa.htm>

אנו מודים למשתתפי הקורס "מורים מובילים חונכים מורים חדשים בנושאים של תכנית הלימודים" בהנחיית שרה אקונס, ד"ר דבורה קצביץ וזיוה בר-דב, על העזרה בניתוח שאלה זו ועל ההצעות המועילות. הקורס מתקיים במרכז הארצי למורי הכימיה, במכון ויצמן למדע.

שאלה 8

חומצות שומן וסוכרים

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 70 פיזור ציונים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 58% מהתלמידים**

**69**

**75**

**62**

**82**

**64**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

41-54

11%

0-40

13%

55-84

43%

85-100

33%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר צורות ייצוג שונות של חומצות שומן: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה ונוסחה מולקולרית.

⮘ להכיר את המושגים: רווי, לא-רווי וההבדל ביניהם.

⮘ להכיר את הגורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הפועלים בין מולקולות של חומצות שומן.

⮘ לדעת מהי ההשפעה של קשרים כפולים בתוך מולקולות של חומצות שומן על חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות של חומצות שומן.

⮘ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים בחומצות שומן לבין טמפרטורות היתוך של חומצות.

⮘ לדעת את ההבדל בין התארגנות המולקולות של חומצות שומן, המכילות קשרים כפולים במבנה ציס, לבין התארגנות המולקולות של חומצות שומן, המכילות קשרים כפולים במבנה טרנס; מהי ההשפעה של התארגנות המולקולות על חוזק הכוחות הבין מולקולריים המשפיע על טמפרטורות היתוך של חומצות שומן.

⮘ לנסח תגובה בין חומצת שומן בלתי רוויה לבין מימן, לקבלת חומצת שומן רוויה.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לדעת את מבנה של חד-סוכרים ודו-סוכרים.

⮘ להכיר את נוסחאות הייוורת של חד-סוכרים ודו-סוכרים.

⮘ לדעת מהם אפימרים ומהם ההבדלים בין אפימרים של גלוקוז (כגון מאנוז, גאלקטוז).

⮘ להכיר את הקשר הגליקוזידי בדו-סוכרים.

⮘ לדעת מבנה של אנומרים, תבנית α ותבנית β בקשר גליקוזידי.

⮘ להכיר את צורת האלדהיד עם שרשרת פתוחה של חד-סוכר.

⮘ להכיר את תהליך המוטרוטציה בתמיסה מימית של חד-סוכר.

⮘ לדעת מהי המשמעות של מצב שיווי-משקל בתמיסה מימית של חד-סוכר.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

חלב פרה מכיל, בין היתר, חומצות שומן וסוכרים.

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על חומצות שומן אחדות הנמצאות בחלב פרה.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| שם חומצת השומן | רישום מקוצר לנוסחה  של חומצת שומן | טמפרטורת ההיתוך  (oC) | מסה מולרית |
| פלמיטית | C16:0 | 63 | 256 |
| אולאית | C18:1ω9, cis | 13 | 282 |
| ארכידונית | C20:4ω6, cis, cis, cis, cis | −49 | 304 |

סעיף א' (הציון 69)

**82**

**61**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 82)**

רשום ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה לחומצה פלמיטית ולחומצה אולאית.

**תשובה:**

O

HO

O

HO

חומצה פלמיטית:

חומצה אולאית:

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

הטעויות האופייניות שהופיעו בתת-סעיף זה הן:

⬩ אי-רישום של קבוצות קרבוקסיליות.

***O***

***HO***

•

•

•

⬩ רישום קבוצה קרבוקסילית ללא ייצוג של קשרים קוולנטיים:

• ***-COOH***

⬩ רישום קשר כפול במולקולה של חומצה אולאית בעמדת טרנס במקום ציס:

כדי למנוע בלבול בין צורות הייצוג השונות של מולקולות, מומלץ לתרגל עם התלמידים מעבר בין צורות ייצוג שונות בפרק מבנה וקישור ולאחר מכן לחזור על התרגול ולהוסיף את צורות הייצוג הייחודיות למבנית "טעם של כימיה".

**תת-סעיף ii (הציון 61)**

הסבר את ההבדל בין טמפרטורת ההיתוך של חומצה פלמיטית לבין טמפרטורת ההיתוך של חומצה

אולאית.

**תשובה:**

במולקולה של חומצה פלמיטית אין קשר כפול (או: חומצת שומן רוויה).

במולקולה של חומצה אולאית יש קשר כפול במבנה ציס.

קשר כפול במולקולה גורם ליצירת אזור קשיח (או: יוצר כיפוף).

מתקבלת אריזה פחות צפופה (או: הכיפוף מפריע להתקרבות המולקולות).

אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות חלשות יותר, ולכן טמפרטורת ההיתוך נמוכה יותר

(למרות שענני האלקטרונים של מולקולות חומצה אולאית גדולים יותר).

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

הציון נמוך יחסית. תלמידים רבים התקשו להסביר את ההבדל בין טמפרטורות היתוך של שתי החומצות. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר שלב אחד או יותר בהסבר. רוב התלמידים שטעו ציינו שבמולקולה של חומצה אולאית יש קשר כפול ובמולקולה של חומצה פלמיטית אין, אך מכאן המשיכו להבדל בטמפרטורות היתוך, ללא אזכור של מבנה ציס, צפיפות אריזה ואינטראקציות ון-דר-ואלס:

• "במולקולה של חומצה פלמיטית אין קשר כפול ובמולקולה של חומצה אולאית יש. לכן טמפרטורת היתוך של חומצה פלמיטית גבוהה יותר."

טעויות אופייניות נוספות קשורות לחוסר דיוק בשפה מדעית. התלמידים מתבלבלים בין המושגים

חומר ומולקולה:

• "אינטראקציות ון-דר-ואלס במולקולה."

לא מבחינים בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים:

• "בין מולקולות של חומצה אולאית יש קשר כפול."

משייכים טמפרטורת היתוך לחומר במצב נוזל:

• "כדי להתיך את החומצה יש לשבור את הקשרים בנוזל."

מתארים מולקולות במושגים שגויים כגון:

• "מולקולות גמישות יותר."

סעיף ב' (הציון 75)

קבע אם טמפרטורת ההיתוך של חומצה אלאידית - C18:1ω9 trans , גבוהה מ- 13oC או

נמוכה מ- 13oC . נמק.

**תשובה:**

טמפרטורת היתוך של חומצה אלאידית גבוהה מ- 13oC .

מולקולות של חומצות שומן לא רוויות בסידור ציס כפופות יותר מאשר מולקולות המצויות בסידור טראנס עם אורך שרשרת זהה, ולכן הן מתארגנות באריזה פחות צפופה, אינטראקציות ון-דר-ואלס תהיינה חלשות יותר, ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצת שומן בסידור ציס נמוכה יותר.

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

ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה נכונה המלווה בנימוק שבו חסר שלב אחד או יותר:

• "בחומצה אלאידית יש קשר כפול טרנס, לכן טמפרטורת היתוך שלה גבוהה יותר."

2. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "נמוכה יותר, כי מבנה טרנס מקנה למולקולות צורה רופפת יותר."

• "נמוכה מ- ***13oC***, בגלל שקשרים בין מולקולות בחומצת טרנס חלשים יותר."

סעיף ג' (הציון 62)

**59**

**64**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 59)**

נסח ואזן את התגובה של חומצה ארכידונית עם מימן, H2(g) , בנוכחות ניקל, Ni(s) , לקבלת חומצת

שומן רוויה.

**תשובה:**

+ 4H2(g) →

Ni(s)

HO

O

O

HO

Ni(s)

C19H31COOH + 4H2(g) → C19H39COOH או:

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

חלק ניכר מהתלמידים התקשו לנסח תגובה בין חומצה לא רוויה לבין מימן. הטעויות האופייניות הן:

⬩ רישום מימן מעל החץ ולא כמגיב.

⬩ איזון שגוי של ניסוח התגובה.

⬩ רישום ניסוח תגובה, שבה מגיב רק מול אחד של מימן, למרות שנתון שמתקבלת חומצת שומן רוויה:

• ***C19H31COOH + 4H2(g) → C19H33COOH + 3H2(g)***

⬩ אי-רישום זרז - ניקל.

⬩ רישום ניקל כמגיב והמצאת תוצרים כגון NiH2(l) .

**תת-סעיף ii (הציון 64)**

חשב את הנפח של H2(g) הדרוש לתגובה עם 30.4 גרם של חומצה ארכידונית, אם נתון שנפח מולרי של גז

בתנאי התגובה הוא 32 ליטר. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

30.4 gr

= 0.1 mol

gr

mol

304

מספר המולים של חומצה ארכידונים שהגיבו:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 4 מול H2(g) מגיבים עם 1 מול של חומצה ארכידונית,

לכן מספר המולים של H2(g) הדרושים לתגובה: 0.1 mol × 4 = 0.4 mol

liter

mol

32 × 0.4 mol = 12.8 liter

הנפח של H2(g) הדרוש לתגובה:

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

הטעות העיקרית שהופיעה בתת-סעיף זה היא התעלמות מיחס המולים בניסוח התגובה - חישוב הנפח של H2(g) הדרוש לתגובה על פי 0.1 מול מימן.

סעיף ד' (הציון 82)

מרכיב חשוב של חלב פרה הוא דו-סוכר לקטוז, שכל מולקולה שלו מורכבת מטבעת גלוקוז וטבעת גלקטוז. לפניך נוסחאות הייוורת של לקטוז וגלוקוז.

OH

O

OH

OH

HO

CH2OH

H

H

H

H

H

O

OH

OH

HO

CH2OH

H

H

H

H

H

H

H

OH

O

OH

OH

CH2OH

H

H

H

O

לקטוז גלוקוז

**84**

**81**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 84)**

במה שונה טבעת גלקטוז מטבעת גלוקוז?

**תשובה:**

בטבעת גלקטוז, באטום פחמן מספר 4 , קבוצת -OH פונה כלפי מעלה (בטבעת גלוקוז - כלפי מטה).

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

הציון גבוה. התלמידים ידעו מהו ההבדל בין טבעת גלקטוז לטבעת גלוקוז.

הופיעו תשובות חלקיות, שבהן צוין מספר של אטום הפחמן בטבעת, ללא התייחסות לקבוצת -OH .

היו תלמידים שלא הבינו את השאלה והתבלבלו בין גלקטוז ללקטוז:

• "גלוקוז הוא חד-סוכר וגלקטוז הוא דו-סוכר."

**תת-סעיף ii (הציון 81)**

התייחס לקשר הגליקוזידי בדו-סוכר לקטוז וציין את תבנית הקשר ואת אטומי הפחמן שביניהם נוצר

קשר (עמדות הקישור).

**תשובה:**

תבנית הקשר היא β .

הקשר הגליקוזידי נוצר בין אטום פחמן מס' 1 בטבעת גלקטוז לבין אטום פחמן מס' 4 של טבעת גלוקוז.

או: β(1−4)

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

רוב התלמידים קבעו נכון את תבנית הקשר הגליקוזידי ואת עמדות הקישור. יחד עם זאת היו תלמידים שרשמו עמדת הקישור ותבנית הקשר שגויות:

• ***α(1−4)***

• ***β(4−1)***

• ***α(1−4)β***

סעיף ה' (הציון 64)

תמיסה מימית של גלוקוז מכילה מולקולות של שלושה איזומרים:

α גלוקוז, β גלוקוז ואיזומר שלישי של גלוקוז שנוסחתו:

CH2OH

C

C

C

C

C

H

O

H

OH

H

H

H

OH

OH

HO

**66**

**58**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 66)**

קבע ממולקולות של איזה איזומר יכולות להתקבל מולקולות של האיזומר השלישי:

רק α גלוקוז, רק β גלוקוז או גם α גלוקוז וגם β גלוקוז? נמק.

**תשובה:**

גם מ- α גלוקוז וגם מ- β גלוקוז.

האיזומר השלישי הוא אלדהיד. בתמיסה מימית של גלוקוז מתרחש תהליך מוטרוטציה: תהליך מעבר מאנומר β לאנומר α ולהפך דרך איזומר עם שרשרת פתוחה.

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר ידע והבנה של תהליך מוטרוטציה - תהליך מעבר מאנומר β לאנומר α ולהפך דרך איזומר עם שרשרת פתוחה:

• "מ- ***β*** גלוקוז יכול להתקבל רק ***α*** גלוקוז ולהפך. האיזומר השלישי מתקבל מחומר אחר."

• "מנוסחת פישר יכולים להתקבל שני איזומרים, כי תלוי איך תיסגר הטבעת."

• "רק מ- ***β*** גלוקוז, כי איזומר זה יכול לעבור מוטרוטציה בתמיסה מימית."

היו תלמידים שקבעו נכון, אך לא נימקו.

**תת-סעיף ii (הציון 58)**

לפניך נוסחה של ממתיק מלאכותי סורביטול:

CH2OH

H

OH

H

H

H

OH

OH

HO

CH2OH

C

C

C

C

הסבר מדוע לא קיימות מולקולות סורביטול בצורה של טבעת.

**תשובה:**

במולקולת הגלוקוז יש קבוצה אלדהידית (פחמן מספר 1), אשר מגיבה עם הקבוצה הכוהלית על פחמן מספר 5 , וכך נסגרת הטבעת. במולקולת הסורביטול אין קבוצה אלדהידית ולכן תהליך זה לא מתרחש.

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

הציון נמוך. הטעויות שהופיעו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר ידע והבנה של תהליך סגירת השרשרת לטבעת (ותהליך הפוך) בחד-סוכרים אלדהידיים, כגון גלוקוז. חלק מהתלמידים ציינו שלקבוצה אלדהידית יש חלק בתגובה, אך לא פרטו. היו תלמידים שכתבו הסברים לא מתאימים ולא הגיוניים:

• "סורביטול הוא ממתיק מלאכותי ולא טבעי."

• "למולקולת סורביטול אין אטומים בלתי מזווגים, חופשיים."

• "כי לטבעת צריכים להיות חמישה אטומי פחמן ולמולקולת סורביטול יש רק ארבעה."

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות 4, 8, 9, 12, 15, 18, 19, 20 (וגם שאלות נוספות) מהחוברת המכילה שאלות בנושאי המבנית "טעם של כימיה", שנכתבו במסגרת הסדנה לפיתוח משימות מבחן, שהתקיימה במכון ויצמן. החוברת נמצאת ובאתר המפמ"ר:

<http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/Mivnyot/AzareyHoraa.htm>

בעת ההוראה של הנושא מומלץ להיעזר בדגם הוראה בנושא פחמימות, שהוכן במסגרת הסדנה

לכתיבת דגמי הוראה, שהתקיימה במכון ויצמן. הדגם נמצא באתר המרכז הארצי למורי

הכימיה:

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

מומלץ להיעזר במצגת המצורפת בנושא "סוכרים". זוהי מצגת שצורפה לניתוח בגרות תש"ע,

שעודכנה השנה. המצגת עוסקת בעיקר בהיבט הכימי של הנושא, והיא מכילה גם חומר העשרה. מומלץ להשתמש בחלקים מהמצגת בעת הוראת הנושא, וללוות את הצגת השקופיות בעבודה עם

מודלים.