**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית

###### אגף מדעים

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה

3 יחידות לימוד

שאלון 37303 תשע"ג

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

**במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה**

**בראשות: זיוה בר-דב**

**צוות הכתיבה: חני אלישע**

**רחל אשר**

 **אסתר ברקוביץ**

 **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**

**מרץ 2014**

# תוכן עניינים

• מבוא כללי 3

• ניתוח התוצאות של שאלה 1 - החלק הרב ברירתי 4

• מבוא לניתוח התוצאות של שאלות פתוחות 28

• ניתוח התוצאות של שאלה 2 29

• ניתוח התוצאות של שאלה 3 39

• ניתוח התוצאות של שאלה 4 53

• ניתוח התוצאות של שאלה 5 62

• ניתוח התוצאות של שאלה 6 74

• ניתוח התוצאות של שאלה 7 82

• ניתוח התוצאות של שאלה 8 92

• נספח: הצעת תבנית לפתרון שאלות שבתשובה עליהן נדרשת

 השוואה בין טמפרטורות רתיחה של חומרים 106

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה תשע"ג

שאלון 37303

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות נעשה 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"ב 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 9930 תלמידים. על-פי הממצאים של מכון סאלד:

ציון ממוצע של הבחינה 71 , ציון שנתי ממוצע 83 וציון סופי ממוצע 77 .

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

41-54

12%

0-40

7%

55-84

55%

85-100

26%

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"ג**

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

**ציון ממוצע של שאלה 1 הוא 84**

**פיזור הציונים על-פי הממצאים של מכון סאלד**

41-54

6%

0-40

7%

55-84

22%

85-100

65%

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| נושא | מבנה האטום | מבנה וקישור | סטויכיו-מטריה | חמצון-חיזור | ויטמינים | חומצות ובסיסים | חומצות אמיניות |
| סעיף | א | ב | ג | ד | ה | ו | ז | ח |
| ציון | **86** | **99** | **85** | **44** | **88** | **88** | **97** | **85** |
| רמת חשיבה | יישום | יישום | יישום | אנליזה | יישום | יישום | יישום | יישום |

**מבנה וקישור**

# מבנה האטום

**חמצון-חיזור**

**ויטמינים**

**חומצות ובסיסים**

**חומצות אמיניות**

**חומצות ובסיסים**

**סטויכיומטריה**

**ח ז ו ה ד ג ב א**

**מס' השאלה**

**%**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

**86**

**88**

**85**

**44**

**85**

**99**

**88**

**97**

## שאלה 1

# ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 84

סעיף א'

חמישה יסודות שמספריהם האטומיים עוקבים מסומנים באותיות . z , y , x , w , v

בדיאגרמה שלפניך מוצגים הרדיוסים של אטומי היסודות האלה ביחידות אורך אנגסטרם (Å).

v w x y z

2

1

0

יסוד

רדיוס אטומי

(Å)

מהי הקביעה הנכונה?

3% 1. היסודות z-vנמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית.

1% 2. היסוד z הוא יסוד ממשפחת הגזים האצילים.

**86% 3. היסוד y הוא יסוד ממשפחת המתכות האלקליות.**

10% 4. מספר אלקטרוני הערכיות באטום של יסוד v קטן ממספר אלקטרוני

 הערכיות באטום של יסוד z .

**הנימוק:**

רדיוס אטומי של אטומי היסודות קטן לאורך השורה (המחזור) בטבלה המחזורית, מפני שמספר הפרוטונים בגרעיני האטומים עולה - המטען הגרעיני עולה. לכן כוחות המשיכה הפועלים באטום בין הגרעין לאלקטרונים מתחזקים והרדיוס האטומי קטן.

רדיוס אטומי של אטומי היסודות בטור גדל, מפני שגדל מספר רמות האנרגיה באטום.

על פי הגרף הנתון הרדיוס האטומי של אטומי היסודy גדול בהרבה מזה של אטומי היסוד x .

המסקנה: היסודות הנתונים נמצאים בשתי שורות של הטבלה המחזורית. היסוד x נמצא בטור השמיני בשורה העליונה והיסוד y נמצא בטור הראשון - במשפחת המתכות האלקליות, בשורה התחתונה. ערכי הרדיוס האטומי של שאר היסודות הנתונים מתאימים לקביעה זו:

|  |  |
| --- | --- |
|  | מספר הטור בטבלה המחזורית |
| שמיני | שביעי | שישי | חמישי | רביעי | שלישי | שני | ראשון |
| שורה עליונה | x | w | v |  |  |  |  |  |
| שורה תחתונה |  |  |  |  |  |  | z | y |

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

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

⮘ מהו הקשר בין המספר האטומי לבין מטען הגרעין של האטום.

⮘ לקשר בין המספר האטומי של היסוד לבין הרדיוס האטומי של אטומי היסוד - על פי מיקומו בטבלה המחזורית - שורה וטור.

⮘ השפעה של כוחות המשיכה הפועלים באטום בין גרעין לאלקטרונים על ערך הרדיוס האטומי.

⮘ מגמת עלייה בערכי רדיוס אטומי של יסודות לאורך השורה בטבלה המחזורית.

⮘ השפעה של מספר רמות אנרגיה באטום על ערך הרדיוס האטומי.

⮘ מגמת ירידה בערכי רדיוס אטומי של יסודות בטור בטבלה המחזורית.

⮘ מחזוריות של גודל רדיוס אטומי בטבלה המחזורית.

⮘ מיקומם של גזים אצילים בטבלה המחזורית.

⮘ מיקומן של מתכות אלקליות בטבלה המחזורית.

⮘ מיקומן של מתכות אלקליות עפרוריות בטבלה המחזורית.

⮘ היערכות אלקטרונים באטום, רמות אנרגיה.

⮘ אלקטרוני ערכיות באטום, קביעת מספרם.

⮘ לקרוא גרף עמודות.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה. 10% מהתלמידים שבחרו במסיח 4 טעו בקביעת המספר של אלקטרוני הערכיות. יתכן שהתלמידים התבלבלו בין המספר הכולל של האלקטרונים באטום לבין אלקטרוני הערכיות.

4% מהתלמידים, שבחרו במסיחים 2-1, לא הבינו שהיסודות הנתונים אינם נמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית אלא בשתי שורות.

מומלץ להבהיר לתלמידים מהו הקשר בין מספר אלקטרוני הערכיות באטום נתון לבין מספר הטור שבו נמצא היסוד בטבלה המחזורית.

תרגיל לדוגמה:

יסוד X נמצא בשורה שלישית (במחזור השלישי) במערכה המחזורית.

לאטום של יסוד X שני אלקטרוני ערכיות. יסוד X מגיב עם יסוד Y שנמצא בשורה השנייה

(במחזור השני) בטבלה המחזורית.

 הנוסחה של תוצר התגובה היא XY2.

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

א. XY2 היא תרכובת יונית. בתרכובת זו מספר אלקטרונים שווה בכל אחד מהיונים.

ב. XY2 היא תרכובת יונית. בתרכובת זו מספר האלקטרונים בכל יון חיובי קטן ממספר

האלקטרונים בכל יון שלילי.

ג. לאטום של יסוד Y יש 9 אלקטרוני ערכיות.

ד. לאטום של יסוד Y יש 7 אלקטרוני ערכיות.

סעיף ב'

במצב נוזל כוחות המשיכה בין מולקולות החומר דו-כלורו מתאן, CH2Cl2(l) , חזקים מכוחות המשיכה בין מולקולות החומר ארבע פלואורומתאן, CF4(l) .

למולקולות של שני החומרים צורת טטראדר.

מה גורם לשוני בחוזק הכוחות הבין מולקולריים בשני החומרים?

1% 1. ענן האלקטרונים במולקולות CH2Cl2 גדול מענן האלקטרונים במולקולות CF4 .

**99% 2. במולקולות CH2Cl2 יש דו-קוטב קבוע, ואילו במולקולות CF4 יש דו-קוטב רגעי**

 **בלבד.**

- 3. שטח המגע בין מולקולות CH2Cl2 קטן משטח המגע בין מולקולות CF4 .

- 4. בין מולקולות CH2Cl2 יש קשרי מימן, ואילו בין מולקולות CF4 יש אינטראקציות

 ון-דר-ואלס.

**הנימוק:**

CH2Cl2(l) ו- CF4(l) הם חומרים מולקולריים. גודל ענני אלקטרונים במולקולות של שני החומרים שווה - כל מולקולה מכילה 42 אלקטרונים. במצב נוזל בין המולקולות של כל אחד מהחומרים יש אינטראקציות ון-דר-ואלס, אך בחומר CH2Cl2(l) אינטראקציות אלה חזקות יותר, כי במולקולות CH2Cl2 יש דו-קוטב קבוע, ואילו במולקולות CF4 יש דו-קוטב רגעי בלבד. כוחות המשיכה בין מולקולות קוטביות חזקים יותר מכוחות המשיכה בין מולקולות לא קוטביות.

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

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

⮘ להעריך את גודל ענן האלקטרונים של מולקולה על פי מספר אלקטרונים שהיא כוללת.

⮘ השפעה של גודל ענני אלקטרונים במולקולות החומר על חוזק הכוחות הבין מולקולריים.

⮘ לקבוע אם מולקולה, שצורתה טטראדר, היא קוטבית או לא קוטבית.

⮘ השפעת הקוטביות של מולקולות החומר על החוזק של אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות.

⮘ להשוות גודל של שטח מגע בין מולקולות בחומרים מולקולריים.

⮘ תנאים לקיום קשרי מימן בין מולקולות.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה ביותר. התלמידים ידעו לקבוע מהו הגורם המשפיע על חוזק הכוחות הבין מולקולריים במקרה הנתון - קוטביות המולקולות של CH2Cl2(l) . תלמידים מעטים - 1% התקשו להעריך את גודל ענן האלקטרונים של מולקולה על פי מספר אלקטרונים שהיא כוללת, ובחרו במסיח 1 .

סעיף ג'

בכל אחד משני הכלים, A ו- B , יש 100 מ"ל מים. לכל כלי הכניסו מוצק.

בכלי A התרחשה התגובה:

 Rb(s) + H2O(l) → Rb+(aq) + OH−(aq) + H2(g)

בכלי B התרחשה התגובה:

1

2

 RbH(s) + H2O(l) → Rb+(aq) + OH−(aq) + H2(g)

התגובות בשני הכלים התרחשו באותה טמפרטורה ובאותו לחץ.

במהלך כל אחת מהתגובות נפלטו 0.25 מול גז.

מהי הקביעה הנכונה?

2% 1. לכל אחד משני הכלים הכניסו מסות שוות של המוצק שהגיב.

9% 2. לכל אחד משני הכלים הכניסו אותו מספר מולים של המוצק שהגיב.

4% 3. בתום התגובות נפח הגז בכלי A היה גדול מנפח הגז בכלי B .

**85% 4. בתום התגובות מספר המולים של יוני Rb+(aq) בכלי A היה גדול ממספר**

 **המולים של יוני Rb+(aq) בכלי B .**

**הנימוק:**

1

2

חישובים עבור התגובה המתרחשת בכלי A :

יחס המולים בניסוח התגובה בין H2(g) ליוני Rb+(aq) ול- Rb(s) הוא 1:1:0.5 ,

לכן אם נוצרים 0.25 מול H2(g) , נוצרים **0.5 מול יוני Rb+(aq)** ומגיבים 0.5 מול Rb(s) .

המסה המולרית של Rb(s) :

85.5 × 0.5 mol = 42.75 gr

gr

mol

85.5

gr

mol

המסה של Rb(s) שהגיב:

או:

2

85.5

 1 1 0.5

 0.5 **0.5** 0.25

42.75

מסה מולרית (גרם למול)

מסה נתונה/נדרשת

בניסוי ספציפי (גרם)

יחס המולים בניסוח תגובה

מספר המולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

 Rb(s) + H2O(l) → Rb+(aq) + OH−(aq) + H2(g)

1

חישובים עבור התגובה המתרחשת בכלי B :

יחס המולים בניסוח התגובה בין H2(g) ליוני Rb+(aq) ול- RbH(s) הוא 1:1:1 ,

לכן אם נוצרים 0.25 מול H2(g) , **נוצרים 0.25 מול יוני Rb+(aq)** ומגיבים 0.25 מול RbH(s) .

המסה המולרית של RbH(s) :

86.5 × 0.25 mol = 21.625 gr

gr

mol

86.5

gr

mol

המסה של RbH(s) שהגיב:

או:

21.625

 RbH(s) + H2O(l) → Rb+(aq) + OH−(aq) + H2(g)

86.5

 1 1 1

 0.25 **0.25** 0.25

מסה מולרית (גרם למול)

מסה נתונה/נדרשת

בניסוי ספציפי (גרם)

יחס המולים בניסוח תגובה

מספר המולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

על פי תוצאות החישובים, תשובה 4 נכונה: בתום התגובות מספר המולים של יוני Rb+(aq) בכלי A היה

גדול ממספר המולים של יוני Rb+(aq) בכלי B . שאר המסיחים אינם מתאימים לנתוני השאלה

ולתוצאות החישובים.

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

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

⮘ חישובים סטויכיומטריים.

⮘ השערת אבוגדרו.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים והגיעו לתשובה הנכונה. 11% מהתלמידים שבחרו במסיחים 2-1 הניחו שלשני הכלים הכניסו כמויות שוות של המוצקים - אותו מספר מולים או אותה המסה. כנראה תלמידים אלה לא ביצעו חישובים. 3% מהתלמידים שבחרו במסיח 3 התעלמו מנתוני השאלה: התגובות בשני הכלים התרחשו באותה טמפרטורה ובאותו לחץ. במהלך כל אחת מהתגובות נפלטו 0.25 מול גז.

סעיף ד'

ערבבו תמיסה המכילה יוני יודאט, IO3−(aq) , עם תמיסת מימן על חמצני, H2O2(aq) .

התרחשה תגובה.

אילו תוצרים יכולים להתקבל בתגובה זו?

**44% 1. O2(g) ו- I2(aq)**

17% 2. O2(g) ו- IO4−(aq)

19% 3. OH−(aq) ו- I2(aq)

20% 4. OH−(aq) ו- IO−(aq)

**הנימוק**:

+1

+5

−1

−2

+1

+5

−1

−2

+7

−1

+2

−2

+1

−1

על פי דרגות החמצון של אטומי חמצן ויוד בתוצרים, אפשר להסיק שמדובר בתגובת חמצון-חיזור.

דרגות החמצון של אטומים במגיבים הנמצאים בתמיסה המימית (לאחר ערבוב התמיסות):

H2O2(aq) IO3−(aq)

דרגת החמצון המרבית של אטומי יוד היא

דרגת החמצון המזערית של אטומי יוד היא

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

לכן אטומי יוד ביוני IO3−(aq) יכולים לשמש גם מחמצן וגם מחזר.

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

דרגת החמצון המזערית של אטומי חמצן היא

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

לכן אטומי חמצן במולקולות H2O2(aq) יכולים לשמש גם מחמצן וגם מחזר, וביוני IO3−(aq) רק מחזר.

דרגת החמצון המרבית של אטומי מימן היא

דרגת החמצון המזערית של אטומי מימן היא

(כי לאטום מימן אלקטרון אחד ברמת האנרגיה.)

לכן אטומי מימן במולקולות H2O2(aq) יכולים לשמש רק מחמצן.

דרגות החמצון של אטומים במגיבים:

|  |  |
| --- | --- |
| מגיבים | דרגות חמצון של  |
| אטומי יוד | אטומי חמצן | אטומי מימן |
| IO3−(aq) |  |  |  |
| H2O2(aq) |  |  |  |

+1

0

0

+7

−2

0

0

−2

−2

−2

+1

+1

דרגות החמצון של אטומים בתוצרים:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| מספרתשובה | תוצרים | דרגות חמצון של | תהליך שצריך להתרחש בתגובה | האם התגובה אפשרית? |
| אטומי יוד | אטומי חמצן | אטומי מימן |
| 1 | I2(aq) |  |  |  | אטומי יוד צריכים לעבור חיזור | כן |
| O2(g)  |  |  |  | אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון |
| 2 |  IO4−(aq) |  |  |  | אטומי יוד צריכים לעבור חמצון | לא |
|  O2(g)  |  |  |  | אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון |
| 3 | I2(aq) |  |  |  | אטומי יוד צריכים לעבור חיזור | לא |
|  OH−(aq) |  |  |  | אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור |
| 4 |  IO−(aq)  |  |  |  | אטומי יוד צריכים לעבור חיזור | לא |
|  OH−(aq) |  |  |  | אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור |

תשובה 1 נכונה, כי התגובה, שבה מהמגיבים הנתונים יתקבלו התוצרים הנתונים, יכולה להתרחש: במגיבים יש חלקיקים שיעברו חמצון ויש חלקיקים שיעברו חיזור.

שאר המסיחים אינם נכונים, כי בתגובה לא יכולים להתקבל התוצרים הנתונים - אין אפשרות להתרחשות גם תהליך חמצון וגם תהליך חיזור.

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

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

⮘ לקבוע דרגות חמצון של אטומים בתרכובות וביונים מורכבים.

⮘ לקבוע דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומי יסוד.

⮘ לקבוע אם חלקיקים יכולים לשמש רק מחמצן, רק מחזר או גם מחמצן וגם מחזר.

⮘ תהליכי חמצון-חיזור.

⮘ לקבוע אם התגובה הנתונה היא תגובת חמצון-חיזור.

⮘ לקבוע אם חלקיקי המגיב עוברים חמצון או חיזור במהלך התגובה.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הצליחו לקבוע שהתגובה המתוארת בשאלה היא תגובת חמצון-חיזור, וכדי שהיא תתרחש, במגיבים צריכים להיות חלקיקים שיעברו חמצון וחלקיקים שיעברו חיזור.

תנאי זה מתקיים רק בתשובה הנכונה 1 .

במסיח 2 (בחרו 17%) גם אטומי יוד וגם אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון.

במסיחים 3 (בחרו 19%) ו- 4 (בחרו 20%) גם אטומי יוד וגם אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור.

נתונים אלה פוסלים את התוצרים שבשלושת המסיחים לשמש תוצרים של תגובת חמצון-חיזור.

סיבה אפשרית נוספת לטעויות היא קביעה שגויה של דרגות חמצון.

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מסוג זה - להציג לתלמידים דוגמאות של תרכובות ויונים

מורכבים שונים, המכילים אטומים של אותו יסוד בדרגות חמצון שונות. אנו מביאים מספר שאלות מתאימות מהחוברת "שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו",

שהוכנה על ידי משתתפי הסדנה לפיתוח משימות מבחן, במכון ויצמן למדע, תשס"ח. החוברת

נמצאת באתר המפמ"ר, בדף:

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

שאלה 1

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

תיוסולפט, S2O32−(aq) , לבין יוני הידרוניום, H3O+(aq) :

S2O32−(aq) + 2H3O+(aq) → S8(s) + SO2(g) + 3H2O(l)

מהי הקביעה הנכונה?

1. התגובה הנתונה היא מסוג חומצה-בסיס בלבד.

1

8

2. בתגובה הנתונה, הגופרית, S8(s) , היא תוצר החמצון של יוני S2O32−(aq) .

3. בניסוי שבו מגיב 1 מול יוני S2O32−(aq) על פי התגובה הנתונה עובר 1 מול אלקטרונים.

**4. בתגובה הנתונה יוני S2O32−(aq) פועלים גם כמחמצן וגם כמחזר.**

שאלה 2

החיטוי של מי בריכה נעשה בדרך כלל על ידי הזרמת הגז כלור, Cl2(g) , למים.

כלור מגיב עם מי הבריכה על פי התגובה:

 Cl2(g) + 2H2O(l) → HOCl(aq) + H3O+(aq) + Cl−(aq)

החומצה החלשה HOCl(aq) משמידה את החיידקים.

החיטוי של מי בריכה נעשה בדרך כלל על ידי הזרמת הגז כלור, Cl2(g) , למים.

כלור מגיב עם מי הבריכה על פי התגובה:

 Cl2(g) + 2H2O(l) → HOCl(aq) + H3O+(aq) + Cl−(aq)

החומצה החלשה HOCl(aq) משמידה את החיידקים.

על פי התגובה הנתונה, מהו ההיגד הנכון?

1. החומצה HOCl(aq)  היא תוצר של חמצון.

2. החומצה HOCl(aq)  היא תוצר של חיזור.

3. יוני Cl−(aq) הם תוצר של חמצון.

4. התגובה הנתונה אינה תגובת חמצון-חיזור.

שאלה 3

לפניך ארבע תרכובות המכילות גופרית:

 H2SO3(l) , H2S(g) , H2SO4(l) , SO3(g) , SO2(g)

באילו מבין התרכובות הנתונות עשויים אטומי גופרית גם לחמצן וגם לחזר?

1. SO2(g) ו- H2SO4(l) בלבד.

**2. SO2(g) ו- H2SO3(l) בלבד.**

3. SO2(g) , H2SO4(l) ו- H2S(g) בלבד.

4. SO2(g) , SO3(g) ו- H2SO4(l) בלבד.

שאלה 4

כאשר חומצה חנקתית חשופה לאור או לחום, היא משחררת תחמוצות חנקן המחלישות הגנות

הגוף נגד מחלות נשימתיות כגון דלקת ראות.

לפניך חמש תחמוצות חנקן: N2O , NO , NO2 , N2O3 , N2O5 .

א. קבע דרגת חמצון של אטומי חנקן בכל אחת מהתחמוצת הנתונות.

ב. קבע עבור כל אחת מהתחמוצות אם היא יכולה לשמש מחמצן בלבד, מחזר בלבד,

 או גם מחמצן וגם מחזר. נמק.

תשובות:

א. N2O NO NO2 N2O3 N2O5

+2

+1

+4

+3

+5

ב. התחמוצת N2O5 יכולה לשמש מחמצן בלבד,

כי דרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות התחמוצת היא +5 ,

שהיא דרגת החמצון הגבוהה ביותר האפשרית של אטומי החנקן,

לכן הם יכולים רק "לקבל" אלקטרונים - לעבור חיזור.

התחמוצות N2O , NO , NO2 , N2O3 יכולות לשמש גם מחמצן וגם מחזר,

כי דרגת החמצון של אטומי החנקן במולקולות של כל אחת מהתחמוצות האלה היא

לא הגבוהה ביותר (+5) ולא הנמוכה ביותר (−3) האפשרית של אטומי החנקן, לכן הם

יכולים גם "לקבל" אלקטרונים - לעבור חיזור, וגם "לוותר" על האלקטרונים" -

לעבור חמצון.

שאלה 5

השאלה עוסקת ביוד, בתרכובותיו וביונים המכילים אטומי יוד.

בכל אחת משלוש התגובות (1)-(3) שלפניך אחד המגיבים הוא יוד. צבע התמיסה המימית של

יוד הוא חום.

(1) I2(s) + Cl2(g) → 2ICl(l)

(2) I2(aq) + 2OH−(aq) → IO−(aq) + I−(aq) + H2O(l)

(3) I2(aq) + 2S2O32−(aq) → 2I−(aq) + S4O62−(aq)

א. i עבור כל אחת מהתגובות, ציין את דרגת החמצון של אטומי יוד בכל אחד מסוגי

 החלקיקים המכילים אטומים אלה.

 ii עבור כל אחת מהתגובות קבע אם אטומי היוד פועלים כמחמצן או כמחזר. נמק.

 iii עבור כל אחת מהתגובות קבע אם מופיעים בה סוגי אטומים שלא משתתפים

 בתהליך חמצון-חיזור. נמק.

בניסוי אחר התרחשה תגובת חמצון-חיזור בין I2O5(s) ותמיסת Na2S(aq) . במהלך תגובה

זו השתנו דרגות החמצון של אטומי יוד ושל אטומי גופרית.

ב. קבע אם דרגת החמצון של אטומי היוד בתוצר, שהתקבל בתגובה, גבוהה מדרגת

 החמצון של אטומי היוד ב- I2O5(s) , נמוכה ממנה או שווה לה. נמק.

תשובות:

א. i

(1) I2(s) + Cl2(g) → 2ICl(l)

+1

0

0

+1

−1

0

−1

(2) I2(aq) + 2OH−(aq) → IO−(aq) + I−(aq) + H2O(l)

(3) I2(aq) + 2S2O32−(aq) → 2I−(aq) + S4O62−(aq)

 ii בתגובה (1) אטומי היוד פועלים כמחזר, כי דרגת החמצון של אטומי יוד שבמולקולות I2

 עלתה מ- 0 ל-+1 במהלך התגובה.

בתגובה (2) אטומי היוד פועלים גם כמחמצן וגם כמחזר. דרגת החמצון של חלק מאטומי

יוד שבמולקולות I2 ירדה מ- 0 ל-−1 במהלך התגובה, אטומים אלה פועלים כמחמצן.

דרגת החמצון של חלק אחר מאטומי יוד שבמולקולות I2 עלתה מ- 0 ל-+1 במהלך

התגובה, אטומים אלה פועלים כמחזר.

בתגובה (3) אטומי היוד פועלים כמחמצן, כי דרגת החמצון של אטומי יוד שבמולקולות I2

ירדה מ- 0 ל-−1 במהלך התגובה

 iii בתגובה (1) לא מופיעים סוגי אטומים שטינם משתתפים בתהליך חמצון-חיזור.

 דרגת החמצון של כל אחד מסוגי האטומים משתנה במהלך התגובה.

 בתגובה (2) מופיעים סוגי אטומים שלא משתתפים בתהליך חמצון-חיזור: דרגות

 החמצון של אטומי המימן ושל אטומי החמצן שביוני OH−(aq) אינן משתנות במהלך התגובה.

 בתגובה (3) מופיע סוג אטומים שלא משתתפים בתהליך חמצון-חיזור: דרגת החמצון

 של אטומי חמצן שביוני S2O32−(aq) אינה משתנה במהלך התגובה.

סעיף ה'

# ויטמין C וויטמין E הם שני ויטמינים הפועלים גם כנוגדי חמצון (אנטיאוקסידנטים).

176

gr

mol

המסה המולרית של ויטמין C - המסה המולרית של ויטמין E -

430

gr

mol

לפניך נוסחאות מבנה של שני הוויטמינים:

ויטמין E

HO

HO

O

O

OH

HO

ויטמין C

מהו ההיגד הנכון?

5% 1. ב- 1 גרם ויטמין C יש פחות מולקולות מאשר ב- 1 גרם ויטמין E .

6% 2. שני הוויטמינים שייכים לקבוצת הוויטמינים המסיסים במים.

1% 3. שני הוויטמינים שייכים לקבוצת הוויטמינים המסיסים בשמן.

**88% 4. בתגובה עם רדיקלים חופשיים שני הוויטמינים עוברים חמצון.**

**הנימוק:**

שני הויטמינים הנתונים מגיבים כמחזרים טובים. רדיקלים חופשיים מגיבים כמחמצנים טובים. בתגובה בין רדיקלים חופשיים שהם מחמצנים חזקים לויטמינים, שני הויטמינים יגיבו כמחזרים ויעברו תהליך של חמצון.

מסיח 1 שגוי. לוויטמין C מסה מולרית קטנה מזו של ויטמין E. לכן ב- 1 גרם של ויטמין C יהיו יותר מולים ולכן גם יותר מולקולות מאשר ב- 1 גרם של ויטמיןE .

mol

1

430

mol

1

176

(ב- 1 גרם של ויטמין C: ; ב- 1 גרם של ויטמין E: ).

מסיחים 2 ו- 3 שגויים. ויטמיןC מסיס במים וויטמיןE מסיס בשמן.

בין המולקולות של ויטמיןC לבין מולקולות המים נוצרים קשרי מימן:

- בין אטומי מימן החשופים מאלקטרונים שבקבוצות -OH במולקולות ויטמיןC לבין זוגות אלקטרונים לא קושרים על אטומי חמצן במולקולות המים,

- בין אטומי מימן החשופים מאלקטרונים שבמולקולות המים לבין זוגות אלקטרונים לא קושרים על אטומי חמצן במולקולות ויטמין C .

ויטמין E מסיס בשמן, כי נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות ויטמיןE לבין מולקולות השמן. המולקולות של שני החומרים מורכבות מאטומי פחמן ומימן בלבד.

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

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

⮘ תגובות חמצון-חיזור.

⮘ חומרים מחמצנים וחומרים מחזרים בתגובות חמצון-חיזור.

⮘ כיצד פועלים אנטיאוקסידנטים - מחזרים טובים.

⮘ רדיקלים חופשיים הם מחמצנים חזקים.

⮘ לקבוע לפי ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה את מידת המסיסות של חומרים מולקולריים במים ובממס לא מימי.

⮘ לחשב מספר מולקולות במסה נתונה של חומר לפי מסה מולרית.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

 הציון גבוה. 5% מהתלמידים, שבחרו במסיח 1, סברו כנראה כי קיים יחס ישר בין מסה מולרית של חומר למספר המולקולות במסה נתונה של אותו החומר. 7% מהתלמידים, שבחרו במסיחים 2 ו-3, מתקשים לקבוע את מידת המסיסות של חומרים מולקולריים. התלמידים שבחרו במסיח 2 לא התייחסו לכך שבמולקולות של ויטמין E אין מוקדים ליצירת קשרי מימן עם המים. רק 1% מהתלמידים בחרו במסיח 3. תלמידים אלה סבורים כי כל חומר מולקולרי מסיס בממס אל מימי, כגון שמן, מכיוון שהוא יכול ליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס.

כדי למנוע בלבול בנושא של מסיסות חומרים מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות העוסקות

בהמסה של חומרים מולקולריים שונים בממסים אל מימיים ובמים. רצוי להביא דוגמאות של

חומרים שיכולים להתמוסס:

- במים בלבד

- בממס אל מימי בלבד

- גם במים וגם בממס אל מימי

- חומרים שמגיבים עם מים (בתגובות חומצה בסיס למשל)

מומלץ לבקש מהתלמידים לפרט מהם הגורמים למסיסות של כל חומר בממס מסוים.

דוגמאות ניתן למצוא באתר המפמ"ר ← עזרי הוראה ל- 3 יח"ל בנושא מבנה וקישור:

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

סעיף ו'

תה מצמח לבנדר יכול לשמש אינדיקטור לחומצות ולבסיסים.

צבע התה הוא ורוד ב- pH<7 , סגול ב- pH=7 , וירוק ב- pH>7 .

הוסיפו תה לבנדר לארבע תמיסות מימיות שונות.

איזו מהשורות 1-4 בטבלה שלפניך מציגה נכון את הצבע של כל תמיסה לאחר הוספת התה?

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | HBr(aq) | KOH(aq) | CH3OH(aq) | CH3NH2(aq( |
|  1 1% | סגול | ורוד | ירוק | ירוק |
|  2 9% | ורוד | ירוק | ירוק | ירוק |
|  **3 88%** | **ורוד** | **ירוק** | **סגול** | **ירוק** |
|  4 2% | ורוד | סגול | סגול | ורוד |

**הנימוק:**

מים

מים

מים

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| חומר מוצא | HBr(g) | KOH(s) | CH3OH(l) | CH3NH2(g) |
| תיאור של חומר מוצא | חומצה, חומר מולקולרי. מגיב עם מים  | בסיס, חומר יוני. מתמוסס במים תוך התפרקות ליונים | כוהל, חומר מולקולרי. מתמוסס במים, אך לא מגיב איתם | אמין, חומר מולקולרי. מתמוסס במים. מגיב עם מים כבסיס (במידה מועטה) |
| תהליכים המתרחשים במהלך המסה במים | HBr(g) + H2O(l) →H3O+ + Br−(aq) | KOH(s) →  K+(aq) + OH−(aq)  | CH3OH(l) → CH3OH(aq) | CH3NH2(g) → CH3NH2(aq)CH3NH2(aq) + H2O(l) →CH3NH3+(aq) + OH−(aq)  |
| התמיסה שנוצרהבסיסית/ניטרלית/ חומצית | חומצית | בסיסית | ניטרלית | בסיסית |
| תחום ה- pHשל התמיסה | pH < 7 | pH > 7 | pH = 7 | pH > 7 |
| צבע התמיסה לאחר הוספת תה לבנדר | **ורוד** | **ירוק** | **סגול** | **ירוק** |

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

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

⮘ לזהות את סוגי החומרים על פי הנוסחאות שלהם.

⮘ לזהות את הרכב התמיסות המימיות שעשויות להיווצר מהחומרים הנתונים.

⮘ לקבוע עבור כל תמיסה, על פי הרכבה, אם היא בסיסית, ניטרלית או חומצית

⮘ סולם ה- pH של תמיסות מימיות.

⮘ להתאים בין תחום ה- pH לסביבה הנוצרת בתמיסה.

⮘ מהו אינדיקטור.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה. 9% מהתלמידים בחרו במסיח 2. ההבדל היחיד בין מסיח 2 לתשובה הנכונה הוא בתמיסת CH3OH(aq). התלמידים התבלבלו וקבעו כי כוהל יוצר תמיסה בסיסית עקב נוכחות הקבוצה ההידרוקסילית OH- .

התלמידים שבחרו במסיחים 1 ו- 4 כפי הנראה לא ידעו לקבוע איזה סוג תמיסה נוצר ובחרו בתשובות באופן אקראי.

מומלץ לתרגל עם התלמידים ניסוחים של תהליכים המתרחשים במהלך המסה במים של חומרים

שונים ולקבוע את תחום ה- pH של התמיסות הנוצרות.

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

חומרים מולקולרים, אשר יכולים להתמוסס תוך כדי תגובת חומצה בסיס, לעומת חומרים שמסיסים ללא תגובת חומצה בסיס.

אפשר לבקש מהתלמידים להשלים את הטבלאות הבאות:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| חומר מוצא | HCl(g) | NaOH(s) | CH3CH2OH(l) | CH3CH2NH2(l) |
| תיאור של חומר מוצא |  |  |  |  |
| תהליכים המתרחשים במהלך המסה במים |  |  |  |  |
| התמיסה שנוצרהבסיסית/ניטרלית/ חומצית |  |  |  |  |
| תחום ה- pHשל התמיסה |  |  |  |  |
| צבע התמיסה לאחר הוספת אינדיקטור אוניברסלי |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| חומר מוצא | HNO3(l) | Ba(OH)2(s) | CH3OCH3(g) | CH3COOH(l) |
| תיאור של חומר מוצא |  |  |  |  |
| תהליכים המתרחשים במהלך המסה במים |  |  |  |  |
| התמיסה שנוצרהבסיסית/ניטרלית/ חומצית |  |  |  |  |
| תחום ה- pHשל התמיסה |  |  |  |  |
| צבע התמיסה לאחר הוספת אינדיקטור אוניברסלי |  |  |  |  |

סעיף ז'

ערבבו 100 מ"ל תמיסת בריום הידרוקסידי, Ba(OH)2(aq) , בריכוז 0.01M עם 100 מ"ל תמיסה מימית של חומצה. התרחשה תגובה, ובסיומה נמצא כי ה- pH של התמיסה היה קטן מ- 7.

מהי התמיסה המימית של החומצה?

- 1. תמיסת HNO3(aq) בריכוז 0.01M

3% 2. תמיסת HNO3(aq) בריכוז 0.02M

- 3. תמיסת H2SO4(aq) בריכוז 0.01M

**97% 4. תמיסת H2SO4(aq) בריכוז 0.02M**

**הנימוק:**

קביעה של מספר המולים של יוני הידרוקסיד בתמיסת בריום הידרוקסידי הנתונה:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| התמיסה | נפחהתמיסה(מ"ל) | ריכוזהתמיסה(M) | ריכוזיוני OH−(aq)(M) | מספר המוליםשל יוני OH−(aq)ב- 100 מ"ל תמיסה |
| Ba(OH)2(aq) | 100 | 0.01 | 0.02 | 0.002 |

כל התמיסות שבתשובות הן תמיסות חומציות. לאחר הוספה של תמיסה חומצית לתמיסת

Ba(OH)2(aq) מתרחשת תגובת סתירה:

OH−(aq) + H3O+(aq) → 2H2O(l)

לסתירה מלאה של 0.002 מול יוני OH−(aq) נדרשים 0.002 מול יוני H3O+(aq).

כדי שבסיומה של התגובה ה- pH של התמיסה יהיה קטן מ- 7 , מספר המולים של יוני H3O+(aq)

צריך להיות גדול יותר ממספר המולים של יוני OH−(aq).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| התמיסה | נפחהתמיסה(מ"ל) | ריכוזהתמיסה(M) | ריכוזיוני H3O+(aq)(M) | מספר המוליםשל יוני H3O+(aq) ב- 100 מ"ל תמיסה | בסיום התגובה התקבלה תמיסה |
| HNO3(aq) | 100 | 0.01 | 0.01 | 0.001 | בסיסית |
| HNO3(aq) | 100 | 0.02 | 0.02 | 0.002 | ניטרלית |
| H2SO4(aq) | 100 | 0.01 | 0.02 | 0.002 | ניטרלית |
| H2SO4(aq) | 100 | 0.02 | 0.04 | 0.004 | חומצית |

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

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

⮘ לזהות את התמיסה Ba(OH)2(aq)כתמיסה בסיסית ואת התמיסות HNO3(aq) ו- H2SO4(aq) כתמיסות חומציות.

⮘ להבחין בין תמיסה של חומצה חד-פרוטית לתמיסה של חומצה דו-פרוטית.

⮘ חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לקבוע את מספר המולים הנדרש בתגובת סתירה.

⮘ לקבוע את תחום ה- pH של התמיסה לאחר הסיום של תגובת סתירה.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה מאוד. התלמידים זיהו נכון את התחום של pH התמיסה לאחר הסיום של תגובת סתירה והבחינו בין ריכוז התמיסה לבין מספר המולים של יוני H3O+(aq) ויוני OH−(aq) בנפח הנתון של התמיסה.

3% מהתלמידים בחרו במסיח 2 . טעות זו נובעת מכך שהתלמידים חישבו את מספר המולים של יוני הידרוניום הנדרש לסתירה מלאה, ושכחו להתייחס לכך שנדרש עודף של יוני הידרוניום כדי בסיום התגובה תתקבל תמיסה חומצית.

סעיף ח'

לפניך נוסחאות מבנה של שתי חומצות אמיניות:

O

H2N

NH2

OH

O

NH2

OH

ליזין לאוצין

לפניך ארבעה היגדים I-IV .

I לכל אחת משתי החומצות האמיניות יש קבוצה צדדית, R , קוטבית.

II שתי החומצות האמיניות מוצקות בטמפרטורת החדר.

III בתמיסה מימית ב- pH=7 המטען החשמלי הכולל על כל אחת משתי החומצות האמיניות שווה לאפס.

IV בין שתי החומצות האמיניות יכולה להתרחש תגובת דחיסה.

מהם ההיגדים הנכונים?

3% 1. I ו- III בלבד

**85% 2. II ו- IV בלבד**

8% 3. I ו- IV בלבד

4% 4. II ו- III בלבד

**הנימוק:**

היגדים נכונים:

היגד II נכון: חומצות אמיניות בנויות מחלקיקים טעונים - דו-יונים. קבוצה קרבוקסילית -COOH

מגיבה כחומצה וקבוצה אמינית -NH2 מגיבה כבסיס. כתוצאה מכך נוצר דו-יון:

COO−

NH3+

הקצה הקרבוקסילי טעון במטען שלילי, הקצה האמיני טעון במטען חיובי. בין הקצוות בעלי המטענים המנוגדים קיימת משיכה חשמלית חזקה - קשרים יוניים, לכן טמפרטורות ההיתוך של חומצות אמיניות גבוהות מטמפרטורת החדר, ובטמפרטורה זו הן נמצאות במצב מוצק.

היגד IV נכון: בין שתי חומצות אמיניות יכולה להתרחש תגובת דחיסה - בין הקצה הקרבוקסילי בחלקיק של חומצה אמינית אחת לקצה האמיני בחלקיק של חומצה אמינית שנייה.

היגדים לא נכונים:

היגד I אינו נכון: לחומצה האמינית ליזין קבוצה צדדית R קוטבית המכילה קבוצה אמינית. לחומצה האמינית לאוצין קבוצה צדדית לא קוטבית המכילה שייר פחמימני בלבד.

היגד III אינו נכון: בתמיסה מימית ב- pH=7 הקצה הקרבוקסילי בחלקיק של חומצה אמינית טעון במטען שלילי, והקצה האמיני טעון במטען חיובי. בתמיסה מימית של ליזין בכל חלקיק יש שתי קבוצות אמיניות וקבוצה קרבוקסילית אחת, ולכן המטען החשמלי הכולל על החומצה האמינית ליזין יהיה +1 . בחומצה האמינית לאוצין בכל חלקיק יש קבוצה אחת אמינית וקבוצה אחת קרבוקסילית, ולכן המטען החשמלי הכולל על לאוצין שווה לאפס.

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

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

⮘ לקבוע את סוג הקבוצה הצדדית בחומצות אמיניות: קוטבית או לא קוטבית.

⮘ קבוצה קרבוקסילית כקבוצה פונקציונלית המגיבה כחומצה.

⮘ קבוצה אמינית כקבוצה פונקציונלית המגיבה כבסיס.

⮘ חומצה אמינית מורכבת מהחלקיקים שהם דו-יונים.

⮘ הסיבה לכך שטמפרטורות ההיתוך של חומצות אמיניות גבוהות מטמפרטורת החדר היא משיכה חשמלית חזקה - קשרים יוניים, בין הקצוות בעלי המטענים המנוגדים.

⮘ לקבוע את המטען החשמלי הכולל על חומצה אמינית בתמיסה מימית ב- pH=7 .

⮘ תגובות של חומצות אמיניות.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

8% מהתלמידים בחרו במסיח 3. התלמידים ידעו לקבוע שהיגד IV נכון, אך שגו בקביעה לגבי היגד I.

4% מהתלמידים בחרו במסיח 4. התלמידים ידעו לקבוע שהיגד II נכון אך שגו בקביעה לגבי היגד III.

3% מהתלמידים בחרו במסיח 1, כלומר לא ידעו לקבוע מהם ההיגדים הנכונים.

התלמידים שקבעו כי היגד I נכון כנראה סברו שהקבוצה האמינית היא הקבוצה הצדדית בלאוצין

ולפיכך קבעו כי גם ללאוצין קבוצה צדדית קוטבית.

התלמידים שקבעו כי היגד III נכון התייחסו למטען על הקבוצה הקרבוקסילית ועל הקבוצה האמינית, מבלי להתייחס למטען על קבוצה אמינית נוספת בקבוצת הצד.

מומלץ, כהעשרה, לנסח יחד עם התלמידים לנסח את שתי תגובות הדחיסה האפשריות בין שתי החומצות

H3O+(aq)

(1)

(2)

O

H2N

NH2

N

H

O

OH

→ + H2O(l)

O

H2N

NH2

OH

O

NH2

OH

+ →

NH2

O

NH2

N

H

O

OH

→ + H2O(l)

O

H2N

NH2

OH

O

NH2

OH

+ →

H3O+(aq)

האמיניות הנתונות:

O

H2N−CH−C−OH

CH2

CH

CH3

CH3

CH2

CH2

CH2

CH2

NH2

O

H2N−CH−C−OH

CH2

CH2

O

H2N−CH−C−N−CH−C−OH

CH2

CH

CH3

CH3

CH2

CH2

NH2

H

O

O

H2N−CH−C−N−CH−C−OH

CH2

CH

CH3

CH3

CH2

CH2

CH2

CH2

NH2

H

O

O

H2N−CH−C−OH

CH2

CH

CH3

CH3

CH2

CH2

CH2

CH2

NH2

O

H2N−CH−C−OH

+ → + H2O(l)

H3O+aq)

או:

(1)

(2)

ניתוח התוצאות של שאלות פתוחות

**בבחינת הבגרות תשע"ג**

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 **9930**  נבחנים.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| מס' שאלה |  2 |  3 |  4 |  5 |  6 |  7 |  8 |
| נושא | ניתוח קטע ממאמר מדעי | מבנה האטום,קישורותכונות של חומרים | תכונות של חומרים וסטויכיו-מטריה | מבנה וקישור, חמצון-חיזור | מצב גז וסטויכיו-מטריה | חמצון-חיזורוחומצות ובסיסים | סוכריםוחלבונים |
| ציון ממוצע | 73 | **73** | **59** | **58** | **75** | **67** | **64** |
|  % תלמידים שבחרו בשאלה | 100% | 71% | 22% | 62% | 34% | 62% | 47% |
|  %תלמידים שציונם |  85-100 | 36 | 36 | 22 | 13 | 46 | 24 | 18 |
|  55-84 | 45 | 45 | 37 | 44 | 35 | 50 | 52 |
|  0-54 (0-40) | 19(8) | 19(10) | 41 (27) | 43(24) | 19(12) | 26(12) | 30(16) |

**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: 73 פיזור ציונים**

 **ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

**67**

**59**

**88**

**83**

**73**

41-54

11%

0-40

8%

55-84

45%

85-100

36%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לעבוד עם קטע ממאמר מדעי לא מוכר.

⮘ ליישם את הידע המדעי שנלמד.

⮘ להסיק מסקנות מן הכתוב בטקסט מדעי.

⮘ להבין ייצוג גרפי של נתונים ולעבוד איתו.

⮘ לרשום נוסחאות מבנה של מולקולות כשנתונות נוסחאות מולקולריות.

⮘ לדעת גורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים.

⮘ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים, כגון טמפרטורת רתיחה.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לקבוע דרגות חמצון של אטומים בתרכובות, כולל קביעת דרגת חמצון של אטומי פחמן בתרכובות פחמן.

⮘ לדעת מהו תהליך חמצון-חיזור.

⮘ לקבוע אם תוצר התגובה הוא תוצר של חמצון או תוצר של חיזור.

⮘ להבין את הקשר בין ריכוז יוני הידרוניום בתמיסה מימית לבין pH התמיסה.

⮘ להבין שה- pH של מי השתייה צריך להיות קרוב ל- 7 , הוא לא יכול להיות נמוך מאוד.

⮘ להכיר את התכונות של חומצות ובסיסים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

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

**סוכר וחיידקים מנקים את הסביבה**

ניקוי יבש הוא תהליך של ניקוי בגדים באמצעות ממס שאינו מים. בעבר הרבו להשתמש בממס פרכלורואתן (PCE), שנוסחתו C2Cl4(l) . לאחרונה התברר כי ממס זה מזיק לבריאות.

באזורים שבהם היו מפעלים לניקוי יבש, מי השפכים, שהכילו PCE בריכוז גבוה, גרמו לזיהום של הקרקע ושל מקורות מי השתייה.

בארץ, הריכוז המרבי המותר של PCE במי השתייה הוא 5 מולקולות PCE על כל 109 מולקולות

מים. מי שתייה המכילים ריכוזים גבוהים יותר של PCE מסוכנים לבריאות.

לניקוי קרקע ולניקוי מקורות מים מעודפי ה- PCE משתמשים בשיטת טיפול חדשנית, המכונה ביורמדיציה. שיטה זו מנצלת חיידקים לטיפול בחומרים המזהמים את הסביבה. בשיטה זו מוסיפים מולסה לקרקע או למקורות המים. מולסה היא נוזל סמיך עשיר בגלוקוז, C6H12O6(aq) , המתקבל בתהליך הייצור של סוכר מקנה סוכר.

גלוקוז מאפשר תנאים מיטביים להתרבות חיידקים מסוימים המצויים בקרקע או במקורות מים.

בעזרת הגלוקוז חיידקים אלה הופכים את מולקולות ה-PCE למולקולות אתן, C2H4 , בתהליך

חמצון-חיזור רב-שלבי.

לפניך הניסוח הכולל של התהליך:

C6H12O6(aq) + 3C2Cl4(aq) + 18H2O(l) → 6CO2(g) + 3C2H4(g) + 12Cl–(aq) + 12H3O+(aq)

חוזרים על הטיפול פעמים אחדות, עד שריכוז ה- PCE מגיע לריכוז המותר.

בשנים האחרונות השימוש בשיטה זו הולך ומתרחב.

(Argentine, C."Microbes and Molasses A Successful Partnership" ChemMatters, April 2012 מעובד על פי:)

סעיף א' (הציון 67)

**58**

**81**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 81)**

רשום נוסחאות מבנה למולקולות של PCE ושל אתן.

**תשובה:**

H

H

C = C

H

H

Cl

Cl

C = C

Cl

Cl

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

רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחאות המבנה של המולקולות על פי הנוסחאות המולקולריות הנתונות.

הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר ידע והבנה של כללי הקישור התוך מולקולרי:

⬩ רישום קשר יחיד במקום קשר כפול:

***H***

***H***

***H***

***H***

***C C***

***Cl***

***Cl***

***Cl***

***Cl***

***C C***

•

• רישום שני אטומי מימן או שני אטומי כלור במקום ארבעה: *H−C=C−H Cl−C=C−Cl*

תלמידים מעטים התייחסו לאותיות בשם התרכובת PCE כאל סמלים של אטומים ורשמו: *P≡C−E*

מומלץ להציע לתלמידים לרשום נוסחת מבנה למולקולה של חומר על פי הסדר הבא:

1. לקבוע ערכיות של כל אחד מהאטומים במולקולה.

2. לשים במרכז הנוסחה אטום (או אטומים), שהערכיות שלו היא הגבוהה ביותר.

3. למקם סביב האטום המרכזי את שאר האטומים ולהוסיף קווים - על פי הערכיות של האטומים.

מומלץ לא להסתפק ברישום נוסחת מבנה אלא להוסיף לה אלקטרונים בלתי קושרים:

Cl:

Cl:

C = C

:Cl

:Cl

: : : :

: : : :

**תת-סעיף ii (הציון 58)**

הסבר מדוע בתנאי החדר PCE הוא נוזל ואילו אתן הוא גז.

**תשובה:**

ענן האלקטרונים במולקולת PCE גדול בהרבה מענן האלקטרונים במולקולת אתן.

(80 אלקטרונים בכל מולקולה של PCE לעומת 16 אלקטרונים בכל מולקולה של אתן.)

או: מולקולות PCE גדולות ממולקולות אתן (יש יותר סיכוי ליצירת דו-קטבים רגעים והמטענים החלקיים גדולים יותר).

אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות PCE חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות אתן.

(לכן טמפרטורת הרתיחה של PCE גבוהה יותר מטמפרטורת החדר.)

לכן PCE הוא נוזל בתנאי החדר, ואילו אתן הוא גז.

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

הציון נמוך. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר אבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים:

• "ככל שענן אלקטרונים גדול יותר, כך המשיכה יותר חזקה, ולכן המשיכה שבמולקולה של ***PCE*** חזקה יותר מזו שבמולקולה של אתן."

• "במולקולות גדולות יותר, הקשרים הקוולנטיים חזקים יותר, ולכן ***PCE*** רותח בטמפרטורה גבוהה יותר."

חלק מהתלמידים מתקשים להבחין בין רמה מיקרוסקופית לרמה מאקרוסקופית:

• "ענן האלקטרונים שלו גדול יותר והוא תופס מקום רחב יותר, שמזכיר במבנהו את הגז."

• "ככל שענן האלקטרונים גדול יותר מצב הצבירה נוזלי יותר."

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| אתן | פרכלורואתן (PCE) | החומר |
| שניהם חומרים מולקולריים | סוג החומר |
| C2H4 | C2Cl4 | נוסחה מולקולריתשל מולקולת החומר |
| Cl:Cl:C = C:Cl:Cl: : : :: : : :HHC = CHH |  | נוסחת מבנה של מולקולת החומר |
| ענני האלקטרונים במולקולות PCE (80 אלקטרונים במולקולה) גדולים מענני אלקטרונים במולקולות אתן (16 אלקטרונים במולקולה). | גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים |
| מולקולות לא קוטביות | מולקולות לא קוטביות | קוטביות של מולקולות החומר |
| אינטראקציות ון-דר-ואלס | אינטראקציות ון-דר-ואלס | סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של PCE חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות אתן, כי במולקולות של PCE יש יותר סיכוי ליצירת דו-קטבים רגעים והמטענים החלקיים גדולים יותר. | חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| טמפרטורת הרתיחה של PCE גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של אתן, כי טמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק כוחות בין מולקולריים. | טמפרטורות רתיחה של החומרים |
| נתון: PCE הוא נוזל בתנאי החדר, ואילו אתן הוא גז.הסיבה לכך היא הבדל בטמפרטורות הרתיחה של החומרים: טמפרטורת הרתיחה של PCE גבוהה מטמפרטורת החדר,וטמפרטורת הרתיחה של אתן נמוכה מטמפרטורת החדר.  | מצבי צבירה של החומרים בתנאי החדר |

סעיף ב' (הציון 59)

חשב את המספר המרבי המותר של מולקולות PCE בכוס שמכילה 180 גרם מים.

במול אחד של חלקיקים יש 6.02·1023 חלקיקים. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

18

gr

mol

18

gr

mol

180 gr

= 10 mol

5 × 6.02·1024

109

= 3.01·1016 מולקולות

המסה המולרית של H2O(l) :

מספר המולים של מים ב- 180 גרם:

(ב- 1 מול מים יש 6.02·1023 מולקולות מים.)

מספר מולקולות המים ב- 10 מול מים: מולקולות10 × 6.02·1023 = 6.02·1024

המספר המרבי של מולקולות PCE המותר ב- 10 מול מים:

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הבינו את תיאור הריכוז שבקטע: "הריכוז המרבי המותר של PCE במי השתייה הוא 5 מולקולות PCE על כל 109 מולקולות מים" - גם המושג "הריכוז המרבי המותר" וגם את סוג הריכוז - מספר מולקולות מומס ב- 109 מולקולות מים.

הטעויות האופייניות שאותרו בסעף זה הן:

⬩ שימוש במסה המולרית של PCE במקום המסה המולרית של מים.

⬩ חישוב מספר אטומים של מים במקום מספר מולקולות:

 • "במולקולת מים יש שלושה אטומים, לכן מספר החלקיקים המותר ב- ***10*** מול מים:

 "

***5 × 3 × 6.02·1024***

***109***

***= 9.03·1016***

מומלץ ללמד את התלמידים, לפני שניגשים לפתרון שאלות מסוג זה, לרשום בנפרד את נתוני השאלה - גם אלה שבקטע וגם אלה שבשאלה עצמה, ומה צריך למצוא. אפשר להוסיף הבהרות לנתונים.

לדוגמה:

|  |  |
| --- | --- |
| נתון:- הריכוז המרבי המותר של PCE במי השתייה הוא 5 מולקולות PCE על כל 109 מולקולות מים. (סוג חדש של ריכוז: מספר מולקולות מומס ב- 109 מולקולות מים.)- במול אחד של חלקיקים יש 6.02·1023 חלקיקים. (החלקיקים הם מולקולות המים.)- מסת המים בכוס: 180 גרם. | יש למצוא:המספר המרבי המותר של מולקולות PCE בכוס שמכילה 180 גרם מים. |

סעיף ג' (הציון 88)

ציין שני תפקידים של גלוקוז בתהליך הניקוי המתואר בקטע.

**תשובה:**

- מאפשר את התרבות החיידקים (משמש קרקע-מזון להתרבות החיידקים).

- משתתף בתגובה שבה PCE הופך לאתן.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים הבינו את מה שכתוב בקטע הנתון, הסיקו מסקנות נכונות וציינו נכון את תפקידי הגלוקוז. התלמידים המעטים שטעו לא הבינו מהם התפקידים של גלוקוז וכתבו:

• "גלוקוז מסייע לחיידקים לבצע את התהליך."

טעות נוספת שאותרה נובעת מחוסר התייחסות לתפקידים של גלוקוז בתהליך הניקוי:

• "גלוקוז משמש גם כמחזר וגם כמחמצן."

סעיף ד' (הציון 83)

**72**

**90**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 90)**

קבע את דרגת החמצון של אטומי הפחמן בכל אחת מן המולקולות:

C2H4 , CO2 , C2Cl4

**תשובה:**

דרגת החמצון של אטומי C ב-:

−2

+2

+4

 C2Cl4 -

+2

 CO2 -

 C2H4 -

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

הציון גבוה. התלמידים ידעו לקבוע דרגות חמצון של אטומי פחמן בתרכובות פחמן.

תלמידים מעטים טעו בקביעת דרגת חמצון של אטומי פחמן במולקולה C2H4 - רשמו .

**תת-סעיף ii (הציון 72)**

קבע אם בתגובה הרשומה בקטע C2H4(g) הוא תוצר חמצון או תוצר חיזור של C2Cl4(aq) . נמק.

**תשובה:**

−2

+2

C2H4(g) הוא תוצר חיזור של C2Cl4(aq) .

במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי הפחמן ירדה מ- ל- ,

כלומר אטומי C ב- C2Cl4(aq) עברו חיזור (קיבלו אלקטרונים).

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

הציון בינוני. הטעויות שאותרו נובעות מבלבול בין המושגים:

"חמצון" - "חומר מחמצן" - "חומר שעובר חמצון" - "תוצר חמצון"

"חיזור" - "חומר מחזר" - "חומר שעובר חיזור" - "תוצר חיזור"

רוב התלמידים שטעו קבעו נכון שבמהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי הפחמן ירדה, אך הסיקו מסקנה לא נכונה:

• "דרגת החמצון של אטומי ***C*** ירדה, וזה אומר שהוא עבר חמצון, לכן הוא תוצר של חמצון."

היו תלמידים שקבעו נכון, אך טעו בנימוק:

• "***C2H4(g)*** הוא תוצר חיזור. ***C2Cl4(g)*** הוא מחמצן, מכיוון שהוא תורם אלקטרונים ל- ***C2H4(g)*** ."

סעיף ה' (הציון 73)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**82**

**71**

**תת-סעיף i (הציון 71)**

עקבו אחרי התקדמות הניקוי של מקור מי שתייה באמצעות מדידת ה- pH .

איזה מהגרפים I-III שלפניך מתאר נכון את שינוי ה- pH של המים עם הזמן? נמק.

I II III

pH

זמן

0

1

7

7.5

pH

זמן

0

1

7

7.5

pH

זמן

0

1

7

7.5

**תשובה:**

גרף I .

בתגובה הנתונה נוצרים יוני H3O+(aq) , ולכן ה- pH של מי השתייה יורד.

ה- pH של מי השתייה צריך להיות קרוב ל- 7 (או: ה- pH של מי השתייה לא יכול להיות נמוך מאוד, ולכן גרף II אינו מתאים).

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

הציון בינוני. תלמידים שבחרו בגרף III לא הבינו את הקשר בין ריכוז יוני H3O+(aq) , הנוצרים בתגובה, לבין ה- pH של מי השתייה:

• "גרף ***III***. בתגובה נוצרו יוני ***H3O+(aq)*** ולכן ה- ***pH*** עלה."

תלמידים שבחרו בגרף II התייחסו לירידה ב- pH של מי השתייה, אך לא הבינו שה- pH של מי השתייה צריך להיות קרוב ל- 7 ולא יכול להיות נמוך מאוד. הם נימקו את בחירתם בכך שעל פי הקטע חזרו על הטיפול פעמים אחדות.

**תת-סעיף ii (הציון 82)**

לקרקעות שבהן מבצעים את הטיפול המתואר בקטע ממליצים להוסיף גיר, CaCO3(s) . הסבר מדוע.

**תשובה:**

הגיר, CaCO3(s) , מגיב עם יוני H3O+(aq) . הוספת הגיר מונעת עלייה בחומציות הקרקע (או: מונעת ירידה ב- pH של הקרקע).

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

התלמידים שטעו אינם מכירים את התכונות של חומצות ובסיסים - הם לא ידעו שיוני H3O+(aq) מגיבים עם הגיר, CaCO3(s) . הופיעו הסברים שונים, בעיקר הסברים המתייחסים לעליה בנפח המים וירידה בריכוז של יוני הידרוניום:

• "***CaCO3(s)*** מתפרק במים ליונים, נפח המים גדל, ריכוז יוני ***H3O+(aq)*** יורד, ולכן ה- ***pH*** עולה."

התגובה בין יוני H3O+(aq) לבין CaCO3(s) היא תגובה שתלמיד צריך להכיר, אך אינו חייב לנסח:

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

מומלץ להציג לתלמידים תגובה זו ולדון איתם על השימוש בזיהוי סלעים ועוד.

מומלץ להראות לתלמידים את הסרטון:

<https://www.youtube.com/watch?v=Nakhb0sStVI>

וגם סרטונים נוספים מהאתר של מכון דוידסון, מכון ויצמן למדע, בנושא חומצות ובסיסים, לדוגמה:

<http://www.youtube.com/watch?annotation_id=annotation_375578&feature=iv&src_vid=Nakhb0sStVI&v=u4tiizXA8nE>

שאלה 3

מבנה האטום, קישור ותכונות של חומרים

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

 **ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 71% מהתלמידים**

**75**

**79**

**73**

**64**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

9%

0-40

10%

55-84

45%

85-100

36%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לדעת מבנה של אטום: פרוטונים, נויטרונים, אלקטרונים.

⮘ לדעת מהו המטען הגרעיני של אטום היסוד ומהו מספר המסה שלו.

⮘ לדעת לקבוע את המטען הגרעיני של אטום היסוד.

⮘ לדעת מהם איזוטופים.

⮘ לדעת סידור אלקטרונים באטום לפי רמות אנרגיה.

⮘ לרשום נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות.

⮘ לקבוע מטען חלקי חיובי ומטען חלקי שלילי על אטום במולקולה.

⮘ לדעת את הגורמים המשפיעים על אורך קשר קוולנטי במולקולה.

⮘ להכיר את סולם ה- pH .

⮘ להכיר תגובות חומצה-בסיס.

⮘ להבין מהו חומר מולקולרי בסיסי וכיצד הוא מתנהג במים.

⮘ לדעת מהם קשרים בין- מולקולריים והשפעתם על טמפרטורת הרתיחה של החומר.

⮘ להכיר את סוגי הכוחות הבין מולקולריים.

⮘ לדעת תנאים לקיום קשרי מימן בין מולקולות החומר.

⮘ לדעת גורמים המשפעים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים.

⮘ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין תכונות החומרים, כגון טמפרטורת הרתיחה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| האטום | a | b | c | f | g |
| מספר מסה | 14 | 14 | 15 | 17 | 18 |
| מספר נויטרונים | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 |

סעיף א' (הציון 75)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**95**

**64**

**65**

**תת-סעיף i (הציון 95)**

קבע לאיזה מן האטומים שבטבלה המטען הגרעיני הקטן ביותר. נמק.

**תשובה:**

לאטום b .

המטען הגרעיני נקבע על פי מספר הפרוטונים בגרעין. לאטום b יש 6 פרוטונים בגרעין (14 − 8 = 6).

(מספר הפרוטונים בשאר האטומים גדול יותר.)

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים הכירו מבנה של אטום וידעו לקבוע את המטען הגרעיני של אטום היסוד

הטעויות המעטות שאותרו נובעות מבלבול בין המטען הגרעיני של אטום לבין מטען היון:

• "לאטום ***g*** המטען הגרעיני הקטן ביותר, כי יש לו ***9*** אלקטרונים, ולכן המטען שלו ***−1*** שהוא הנמוך ביותר."

ומבלבול בין מספר פרוטונים בגרעין האטום לבין מספר נויטרונים:

• "לאטום ***a*** המטען הגרעיני הקטן ביותר, משום שמספר הנויטרונים בו הוא הקטן ביותר."

**תת-סעיף ii (הציון 64)**

קבע אילו מן האטומים שבטבלה הם איזוטופים של חנקן, N . נמק.

**תשובה:**

a ו- c .

(מספר האטומי של חנקן הוא 7.)

לכל אחד מאטומי a ו- c יש 7 פרוטונים בגרעין, אך מספר הנויטרונים שונה (יש להם אותו מספר אטומי, אך מספר המסה שונה).

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

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים אינם יודעים מהם איזוטופים וכיצד לקבוע אם אטומים נתונים הם איזוטופים.

הטעויות האופייניות הן:

⬩ התייחסות לאטומים עם אותו מספר נויטרונים כאל איזוטופים:

• "***b*** ו- ***c*** הם איזוטופים של חנקן, כי יש להם אותו מספר נויטרונים."

⬩ התייחסות לאטומים עם אותו מספר מסה כאל איזוטופים:

• "אטומים ***a*** ו- ***b*** הם איזוטופים של חנקן. מספר המסה שלהם שווה, אך מספר נויטרונים שונה."

הנושא של מבנה האטום, כולל האיזוטופים, נלמד בתחילת כיתה י', לכן תלמידים רבים שוכחים את ההגדרה של איזוטופים. מומלץ לחזור ולתרגל את הנושא גם בכיתה י"א, ולהסביר מה הקשר בין

המסה האטומית שמופיעה בטבלה המחזורית לבין שכיחות האיזוטופים של אותו יסוד.

מומלץ לתת דוגמאות לאיזוטופים של יסודות שונים ותרגילים לחישוב מספר הפרוטונים, מספר האלקטרונים ומספר הניוטרונים באטום.

**תת-סעיף iii (הציון 65)**

רשום היערכות האלקטרונים ברמות אנרגיה באטומים . g , f , c

**תשובה:**

c (N): 2 , 5

f (O): 2 , 6

g (F): 2 , 7

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

הציון נמוך יחסית.

הקושי נובע מחוסר הבנה של המושג "היערכות אלקטרונים". הטעויות האופייניות בתת-סעיף זה הן

רישום היערכות אלקטרונית על פי מספר המסה:

*· g 2 , 8 , 5 · f 2 , 8 , 7 · c 2 , 8 , 5*

או על פי מספר נויטרונים:

*· g 2 , 7 · f 2 , 7 · c 2 , 6*

מומלץ לתרגל עם התלמידים הערכות אלקטרונים של אטומים ויונים שונים.

כדי לעזור לתלמידים להבין את נושא מבנה האטום ולענות על השאלות כמו אלה המופיעות בסעיף זה,מומלץ לבקש מהתלמידים לעבוד עם הסימולציות של PhET Colorado "הרכב אטום" ו"איזוטופים ומסה אטומית". הקישור נמצא באתר המפמ"ר:

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

לפניך נוסחאות של ארבע מולקולות המכילות חנקן:

NH3 , NF3 , FNO , HONH2

סעיף ב' (הציון 79)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**81**

**78**

**תת-סעיף i (הציון 78)**

רשום נוסחת ייצוג אלקטרונית לכל אחת מן המולקולות הנתונות.

**תשובה:**

H

H:N:H

: :

:F:N:F:

: :

: :

: :

:F:

 :

:F:N::O:

: :

:

 :

H

: :

H:N:O:H

: :

H

H−N−H

: −

: :

: :

:F−N−F:

:F:

 :

: −

 :

:F−N=O:

: :

 :

H

: −

H−N−O−H

: :

N

:

:

O

H

H

H

. .

N

:

H

H

H

N

:

:F:

:

:F:

:

:F:

:

N

:

:F:

:

:

O:

או:

או:

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

רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של מולקולות, אך חלק מהתלמידים טעו.

הטעויות האופייניות הן רישום אלקטרונים לא מזווגים:

***:F:***

 ***:***

***:F:N:F:***

***:F:***

 ***:***

***:F:N:F:***

**: :**

**: :**

**: :**

***:F:N::O:***

**: :**

**:**

 **:**

***:F:N::O:***

**: :**

**:**

 **:**

**:**

***H***

***: :***

***:H:N:O:H:***

***: : :***

***:F:N::O:***

**: :**

**:**

 **:**

**: :**

**: :**

**: :**

רישום זוגות אלקטרונים לא קושרים מיותרים:

רישום נוסחאות עם זוגות אלקטרונים חסרים:

מומלץ לחזור ולתרגל נוסחאות ייצוג אלקטרונים גם בכיתה י"א , על ידי שימוש במודלים שונים להסבר צורות גיאומטריות של מולקולות ויונים, וסימון אלקטרונים בלתי קושרים על המודל.

אפשר להמליץ לתלמידים על הסרטון "אלקטרוני ערכיות ונוסחאות לואיס" ועל ההסבר באתר:

<http://davidson.weizmann.ac.il/online/maagarmada/chemistry/%D7%90%D7%9C%D7%A7%D7%98%D7%A8%D7%95%D7%A0%D7%99-%D7%A2%D7%A8%D7%9B%D7%99%D7%95%D7%AA-%D7%95%D7%93%D7%99%D7%90%D7%92%D7%A8%D7%9E%D7%95%D7%AA-%D7%9C%D7%95%D7%90%D7%99%D7%A1>

בסרטונים הבאים מוצגות שיטות הוראה של נוסחאות ייצוג אלקטרונים:

<https://www.youtube.com/watch?v=8JsK6rPpi70>

<https://www.youtube.com/watch?v=NYFE5uslaNo>

**תת-סעיף ii (הציון 81)**

ציין אם המטען החלקי על אטום החנקן בכל אחת מן המולקולות הוא מטען חלקי חיובי או מטען חלקי שלילי.

**תשובה:**

- על אטום N ב- FNO וב- NF3 יש מטען חלקי חיובי.

- על אטום N ב- NH3 וב- NH2OH יש מטען חלקי שלילי.

 עבור NH2OH התקבלה גם תשובה ללא סיכום של מטענים חלקיים:

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

N

δ+

δ+

:

:

O

H

H

H

. .

δ+

δ−

δ−

δ−

רוב התלמידים קבעו נכון את הסימן של המטען החלקי על אטום החנקן. הטעויות שאותרו

חלק מהתלמידים לא הבינו שבמולקולה FNO אטום N מקבל מטען חלקי חיובי גם מהקשר עם אטום O וגם מהקשר עם אטום F , ולכן טעו בקביעה.

היו תלמידים שלא הבינו שצריך לחשב את סך המטען על האטום:

• "במולקולה ***HONH2*** מקבל אטום ***N*** גם מטען חלקי שלילי מהקשרים עם אטומי ***H*** ובעלי אלקטרושליליות נמוכה משלו וגם מטען חלקי חיובי עקב היותו מחובר לאטום ***O*** , שיותר אלקטרושלילי ממנו."

מומלץ לתרגל קביעת מטען חלקי על אטומים במולקולות שונות בעזרת הסימולציה של Colorado PhET "קוטביות מולקולרית". הקישור נמצא באתר המפמ"ר:

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

סעיף ג' (הציון 73)

**75**

**71**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 71)**

במולקולה HONH2 הקשר O–H קצר מהקשר N–H .

ציין גורם אחד לכך, והסבר את השפעתו על אורך הקשר.

**תשובה:**

הגורם: קוטביות הקשר (או: הפרש באלקטרושליליות).

הקשר O−H קוטבי יותר לעומת הקשר N−H (האלקטרושליליות של אטום החמצן גדולה מהאלקטרושליליות של אטום החנקן).

ככל שהקשר קוטבי יותר (המטענים החלקיים על אטומי הקשר גדולים יותר) כוחות המשיכה בין המטענים החלקיים חזקים יותר והקשר קצר יותר.

או:

הגורם: הרדיוס האטומי.

הרדיוס של אטום החמצן קטן מהרדיוס של אטום החנקן (כי המטען הגרעיני של אטום החמצן גדול מהמטען הגרעיני של אטום החנקן). ככל שהרדיוס האטומי קטן יותר, כוחות המשיכה בין אלקטרוני הקשר לשני הגרעינים חזקים יותר והקשר קצר יותר.

\* על פי מסמך הלימה בין תכנית הלימודים למסגרת שעות הלימוד בכימיה לשנת תשע"ד, התלמיד

 יידרש לציין את הגורמים המשפיעים על אורך קשר ולא יידרש לנמק בצורה מפורטת.

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

רוב הטעויות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים בין אטומים במולקולה לבין כוחות בין מולקולריים:

• "קשר ***O*−*H*** קצר מהקשר ***N*−*H*** . אמנם שניהם קשרי מימן (קשרים חזקים מאוד), אך הקשר ***O*−*H*** חזק יותר."

• "ההפרש באלקטרושליליות בין***O*** לבין ***H***יותר גדול מאשר בין ***N*** לבין ***H*** , ולכן הקשרים הבין מולקולריים יותר חזקים בין ***O*** ל- ***H***,ואז אורך הקשר קצר יותר."

חלק מהתלמידים התייחסו לענן האלקטרונים כגורם המשפיע, אך לא הבינו כיצד אורך הקשר תלוי בגודל האטומים:

• "קשר ***O*−*H*** קצר יותר, מכיוון שהענן האלקטרונים של אטומי ***O*** גדול יותר מזה של אטומי ***N*** ."

• "לשניהם יש קשרי מימן, אך ***O-H*** הוא קשר קצר יותר, כי ענן האלקטרונים גדול יותר."

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

|  |  |
| --- | --- |
| החלקיקים והמטענים שביניהם פועלים כוחות משיכה חשמליים | סוג הקשר |
| בין פרוטונים בגרעין לאלקטרונים באורביטלים האטומיים | באטום הבודד |
| בין גרעיני אטומים לאלקטרוני קשר. בקשר זה יש כיווניות. | קוולנטי טהור |
| בין גרעיני אטומים 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 במולקולה אחת לקטבים בעלי מטען חלקי שלילי במולקולה סמוכה (קוטביות רגעית מושרית או קוטביות קבועה). | אינטראקציותון-דר-ואלס |
| בין יונים חיוביים ושליליים. | יוני |
| יונים חיוביים נמשכים לקטבים בעלי מטען חלקי שלילי במולקולה סמוכה ויונים שליליים נמשכים לקטבים בעלי מטען חלקי חיובי במולקולה סמוכה.(יונים שליליים נדחים על ידי קטבים בעלי מטען חלקי שלילי במולקולה סמוכה ויונים חיוביים נדחים על ידי קטבים בעלי מטען חלקי חיובי במולקולה סמוכה). | אינטראקציות חשמליות בין יונים למולקולות קוטביות (לדוגמה: תמיסה מימית של חומר יוני) |

**תת-סעיף ii (הציון 75)**

איזה קשר קצר יותר: N–O או N=O ? נמק.

**תשובה:**

הקשר N=O .

בקשר N−O פועלים כוחות משיכה בין זוג של אלקטרונים קושרים לבין שני הגרעינים (קשר קוולנטי יחיד).

בקשר N=O פועלים כוחות משיכה בין שני זוגות של אלקטרונים קושרים לבין שני הגרעינים (קשר קוולנטי כפול).

כוחות המשיכה בקשר הכפול חזקים מכוחות המשיכה בקשר היחיד, ולכן הקשר קצר יותר.

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

רוב התלמידים ידעו לקבוע איזה קשר קצר יותר, אבל חלק מהתלמידים התקשו להסביר את קביעתם. הקושי נובע מחוסר הבנה כיצד סדר הקשר משפיע על אורך הקשר:

• "ל- ***N=O***יש יותר קשרים ואורך הקשר שלו קצר יותר, ככל שיש יותר קשרים אורך הקשר בין שני האטומים קטן יותר."

• " ***N=***Oהוא קשר כפול, שהוא חזק יותר מקשר יחיד, ולכן אורך הקשר קצר יותר."

היו תלמידים שלא הבחינו בין אלקטרוני קשר לבין אלקטרונים בלתי קושרים:

• "הקשר הכפול, כי ככל שיש יותר זוגות אלקטרונים בלתי קושרים, המשיכה לגרעין יותר חזקה."

חלק מהתלמידים טעו בקביעה, כי התייחסו רק להשפעת הקוטביות והרדיוס האטומי והתעלמו מההשפעה של סדר קשר:

• "לשניהם אותו אורך קשר, כיוון שהרדיוס שלהם שווה וכך גם ההפרש באלקטרושליליות."

• "הקשר ***N-O*** קצר יותר. הקשר ***N=O***כפול ולכן חזק יותר, קוטבי יותר וארוך יותר."

מומלץ להראות לתלמידים סימולציות המדגימות היווצרות קשר קוולנטי יחיד וקשר קוולנטי כפול, ולהדגיש שישנה משיכה בין הגרעין של אטום אחד לבין האלקטרונים שמשתתפים בקשר, וגם בין הגרעין של האטום השני לבין אלקטרוני הקשר.

סימולציה ליצירת קשרים קוולנטיים:

<https://www.youtube.com/watch?v=IY-4z1ZEoNs>

סעיף ד' (הציון 64)

**64**

**64**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 64)**

מכניסים את החומר הידרוקסיל אמין, HONH2(s) , למים. לתמיסה המתקבלת יש pH > 7 .

קבע איזה משני הניסוחים (1)-(2) שלפניך מציג נכון את התגובה שהתרחשה.

הסבר מדוע פסלת את הניסוח האחר.

(1) HONH2(s) + H2O(l) → HONH3+(aq) + OH–(aq)

(2) HONH2(s) → NH2+(aq) + OH–(aq)

**תשובה:**

ניסוח (1).

ניסוח (2) מתאים לתהליך המסה במים של חומר יוני, ואילו NH2OH(s) הוא חומר שבנוי ממולקולות.

מים

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

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים התקשו להבין מהו חומר מולקולרי בסיסי וכיצד הוא מתנהג במים. הטעות האופיינית העיקרית היא קביעה שגויה וניסיון להסבירה:

• "הניסוח הנכון הוא ניסוח ***(2)***. הניסוח ***(1)*** לא נכון, כי לפי הניסוח החומר מגיב עם מים, אך לא מתמוסס בהם. זה לא נכון, כי להידרוקסיל אמין מסיסות גבוהה במים בגלל ריבוי אתרים ליצירת קשרי מימן."

• "ניסוח ***(2)*** הוא הנכון,משום שפירוק חומר יוני במים - המסה במים, מסמנים בחץ של התגובה, והחומר מתפרק ליונים ויוצר יוני ***OH−*** בתמיסה שה- ***pH*** שלה גדול מ- ***7***."

התלמידים התייחסו אל הידרוקסיל אמין כאל חומר יוני ולא כאל חומר מולקולרי אשר מגיב עם מים.

מומלץ להדגיש לתלמידים שלא כל חומר שמכיל קבוצת -OH הוא חומר בסיסי. כדי לבדוק זאת, צריך קודם לבדוק אם החומר הוא יוני או מולקולרי. נוכחות קבוצת -OH מעידה על אופי בסיסי של החומר רק כאשר החומר הוא יוני.

מומלץ להדגיש שחומרים מולקולריים יכולים להיות ניטרליים או להתנהג כבסיסים (כגון אמינים), או כחומצה (כגון ClOH).

אנו מביאים סכמה שעשויה לעזור לתלמידים להבחין בין חומרים המכילים קבוצות -OH .

**סוגי חומרים המכילים קבוצות -OH**

 **חומרים מולקולריים**

 **חומרים יוניים**

 **הידרוקסידים**

 **של מתכות**

 **הידרוקסיל**

 **אמינים**

 **לחומרים**

 **אופי בסיסי**

 **לחומרים**

 **אופי בסיסי**

 **דוגמאות:**

**HONH2**

**HONHCH3**

 **הידרוקסידים**

 **של אל-מתכות**

 **לחומרים**

 **אופי חומצי**

 **דוגמאות:**

**ClOH**

**BrOH**

 **כהלים**

 **לחומרים**

 **אופי ניטרלי**

 **דוגמאות:**

**CH3OH**

**CH3CH2OH**

 **דוגמאות:**

**NaOH**

**Ca(OH)2**

הערה: לא צוינו כאן חומרים אמפוטריים, כגון אלומיניום הידרוקסיד.

**תת-סעיף ii (הציון 64)**

טמפרטורת הרתיחה של אמוניה, NH3(l) , גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של חנקן תלת-פלואורי, NF3(l) .

הסבר מדוע.

**תשובה:**

ב- NH3(l) יש קשרי מימן בין המולקולות.

ב- NF3(l) בין המולקולות פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס בלבד.

קשרי המימן בין מולקולות NH3(l) חזקים מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות NF3(l)

(נדרשת אנרגיה רבה יותר לניתוק הקשרים הבין מולקולריים). לכן טמפרטורת הרתיחה של NH3(l) גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של NF3(l) .

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

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים לקבוע מהם הגורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים, ולקשר בין כוחות אלה לבין טמפרטורת הרתיחה של החומרים.

ניתן למיין את הטעויות האופייניות למספר סוגים:

⬩ התייחסות לגודל של ענני האלקטרונים של מולקולות החומרים, ללא אזכור קשרי מימן הקיימים בין המולקולות של NH3(l) , תוך התעלמות מנתוני השאלה:

• "מכיוון שענן האלקטרונים של מולקולות ***NH3*** קטן יותר, טמפרטורת הרתיחה נמוכה יותר מאשר ***NF3(l)*** ."

⬩ התייחסות להבדל בקוטביות המולקולה במקום להבדל בסוגי הקשרים הבין מולקולריים:

• "טמפרטורת הרתיחה של ***NH3*** גבוהה יותר בשל הקוטביות הגדולה יותר, כלומר הפרש האלקטרושליליות גדול יותר."

• "הקשרים בין מולקולות ***NH3(l)*** חזקים מן הקשרים ב- ***NF3(l)*** , כי יש להם קוטביות והפרש אלקטרושליליות גדול יותר."

⬩ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים בין אטומים במולקולה לבין כוחות בין מולקולריים:

• "ב- ***NH3*** יש יכולת יצירת קשרי מימן בתוך המולקולה של האמוניה."

• "בין אטומי האמוניה מתקיימים קשרי מימן ובין אטומי החנקן תלת פלואורי מתקיימים כוחות ון-דר-ואלס."

מומלץ להראות לתלמידים סימולציות למעברים במצב הצבירה בחומר המולקולרי, ולהדגיש אילו קשרים מתפרקים בעת הרתיחה. כמו כן מומלץ להדגיש שהקשרים בתוך המולקולה הם קוולנטיים, ופירוק קשר קוולנטי מצריך השקעת אנרגיה רבה יותר. במהלך הרתיחה לא מתפרקים קשרים קוולנטיים.

מומלצת סימולציה "מצבי צבירה" של Colorado PhET "קוטביות מולקולרית". הקישור נמצא באתר המפמ"ר:

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

סימולציות נוספות:

<https://www.youtube.com/watch?v=lkl5cbfqFRM>

<http://stwww.weizmann.ac.il/G-CHEM/center/animationsindex/Matters/H-bonding.html>

בסרטון הבא מוצגת שיטת הוראה של נושא "קשרי מימן":

<https://www.youtube.com/watch?v=58Vn1dldevE>

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| חנקן תלת-פלואורי | אמוניה | החומר |
| שניהם חומרים מולקולריים | סוג החומר |
| NF3 | NH3 | נוסחה מולקולריתשל מולקולת החומר |
| N: HHHN: :F:: :F:: :F::  |  | נוסחת ייצוג אלקטרונית של מולקולת החומר |
| ענני האלקטרונים במולקולות NF3 (34 אלקטרונים במולקולה) גדולים מענני אלקטרונים במולקולות אמוניה (10 אלקטרונים במולקולה). | גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים |
| מולקולות קוטביות | מולקולות קוטביות | קוטביות של מולקולות החומר |
| אינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימןואינטראקציות ון-דר-ואלס | סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| נתון: טמפרטורת הרתיחה של NH3(l) גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של NF3(l) . המסקנה: קשרי המימן בין מולקולות NH3(l) חזקים מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות NF3(l) .במקרה הנתון, סוג הקשרים משפיע על חוזק הכוחות הבין מולקולריים יותר מההבדל בגודל של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים. | חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| טמפרטורת הרתיחה של NH3(l) גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של NF3(l) , כי טמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק כוחות בין מולקולריים. | טמפרטורות רתיחה של החומרים (נתונה) |

שאלה 4

תכונות של חומרים וסטויכיומטריה

 **ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 59 פיזור ציונים**

 **ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 22% מהתלמידים**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**53**

**72**

**54**

**59**

41-54

14%

0-40

27%

55-84

37%

85-100

22%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להבין את ההבדל המהותי בין חלקיק של חומר לבין צבר של חלקיקים, בין הכוחות הפועלים בחלקיק בודד לבין הכוחות הפועלים בין חלקיקים בצבר.

⮘ להכיר את המבנה של חומרים יוניים ואת הכוחות הפועלים בין היונים.

⮘ להכיר את המבנה המתכתי ואת הכוחות הפועלים במתכות.

⮘ לדעת מהי סגסוגת, מבנה של סגסוגות ותכונותיהן.

⮘ לדעת מהי קורוזיה של מתכות (ושל סגסוגות) ואיך להגן על מתכת מפניה.

⮘ לקשר בין נוסחאות החומרים לבין סוגיהם.

⮘ לתאר את מבנה החומרים מסוגים שונים ברמה מיקרוסקופית.

⮘ להבחין בין תגובת חומצה-בסיס לבין תגובת חמצון-חיזור על פי ניסוחי התגובות.

⮘ לקבוע את התפקיד של יוני הידרוניום, H3O+(aq) בתגובה: יש תגובות שבהן יונים אלה מגיבים כחומצה, מכיוון שהם מוסרים פרוטונים, ויש תגובות שבהן יונים אלה מגיבים כמחמצן כאשר אטומי מימן שביוני H3O+(aq) קולטים אלקטרונים ומתקבלות מולקולות של היסוד מימן.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לבצע חישוב אחוזים.

⮘ לדעת את התנאים למוליכות חשמלית של חומרים: חלקיקים טעונים ניידים.

ציון השאלה נמוך, חלק מהסעיפים היה קשה לתלמידים. יש בה שני תת-סעיפים ברמה של אנליזה, לעומת שאלות אחרות שציוניהן גבוההים יותר.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

ליניט היא סגסוגת של אלומיניום, Al(s) , ונחושת, Cu(s) .

על סגסוגת זו נוצרת שכבה של אלומיניום חמצני, Al2O3(s) , המגדילה את עמידות הסגסוגת בפני קורוזיה.

סעיף א' (הציון 53)

במה שונה המבנה של Al2O3(s) מהמבנה של סגסוגת ליניט? בתשובתך התייחס לסוג החלקיקים ולכוחות הפועלים ביניהם.

**תשובה:**

Al2O3(s) מורכב מיוני Al3+ ויוני O2− , שביניהם פועלים כוחות משיכה חשמליים (או: קשר יוני).

הסגסוגת ליניט מורכבת מיוני Al3+ , יוני Cu2+ , ו-"ים של אלקטרונים". בין היונים החיוביים ובין האלקטרונים שב"ים האלקטרונים" יש משיכה חשמלית (או: קשר מתכתי).

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להסביר את ההבדלים בין המבנה היוני של תחמוצת Al2O3(s) לבין המבנה המתכתי של סגסוגת ליניט. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שהופיעו בסעיף זה לשני סוגים עיקריים:

1. טעויות בתיאור המבנה המתכתי של סגסוגת ליניט:

⬩ התייחסות לסגסוגת כאל חומר מולקולרי ותיאור קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים במקום קשר מתכתי:

• "סגסוגת ליניט היא חומר מולקולרי שבו פועלים כוחות ון-דר-ואלס."

⬩ קביעה נכונה של סוג החומר - מתכתי, אך תיאור שגוי של המבנה:

• "סגסוגת ליניט היא מתכת שיש לה הרבה חלקיקים חיוביים ללא חלקיקים שליליים. לכן ישנם כוחות דחייה בין החלקיקים."

• "ליניט הוא חומר מתכתי שלא מתמוסס במים ובין האלקטרונים יש קשרים חזקים."

2. טעויות בתיאור המבנה היוני של תחמוצת Al2O3(s) :

⬩ ציון סוג החומר - חומר יוני, המלווה בהתייחסות אליו כאל חומר מולקולרי:

• "התחמוצת היא חומר יוני. במולקולות החומר יש קטבים חיוביים ושליליים."

 חוסר ידע והבנה מהו המבנה של חומר יוני, וכתוצאה מכך תיאורים מבולבלים של המבנה היוני:

• " ***Al2O3(s)***הוא חומר יוני, כלומר מולקולה גדולה ויש בה יון חיובי ויון שלילי."

• " ***Al2O3(s)-*** חומר יוני. הקשרים הפועלים בין מולקולות הם קשרים יוניים."

• "מולקולת ***Al2O3(s)***היא מולקולה יונית, לכן החומר הוא יוני. המולקולה היא קוטבית, ישנה משיכה בין קטבים מנוגדים במולקולה."

הטעויות משני הסוגים נובעות מחוסר הבחנה:

⬩ בין סוגי חומרים

⬩ בין סוגי חלקיקים

⬩ בין חלקיק בודד לצבר חלקיקים

⬩ בין סוגי הכוחות הפועלים בין חלקיקים בחומרים מסוגים שונים

⬩ בין מטען חשמלי של יון לבין מטען חשמלי חלקי על אטום במולקולה.

חלק מהתלמידים מתקשים בתיאור החומר ברמה מיקרוסקופית.

מומלץ לבקש מהתלמידים לתאר את שני החומרים ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית

 ולצייר באופן סכמתי את המבנה שלהם, לדוגמה:

**3+**

**3+**

**3+**

**2+**

**2+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**3+**

**3+**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**3+**

**3+**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**3+**

**3+**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**2**

 **−**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**3+**

**2**

 **−**

איור סכמתי של המבנה המתכתי

של סגסוגת ליניט

איור סכמתי של המבנה היוני

של תחמוצת אלומיניום

מומלץ לעבור עם התלמידים על המצגות בנושא "יחסים וקשרים בעולם החומרים", שהוכנו על ידי

ד"ר דורית בר וירדן קדמי. המצגות נמצאות באתר המפמ"ר בדף:

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

ביצעו ניסוי כדי לקבוע את ההרכב של סגסוגת ליניט.

לקחו דגימה של 6 גרם ליניט, הכניסו אותה לתמיסה של חומצת מימן כלורי, HCl(aq) .

התרחשו שתי התגובות (1) ו- (2) בלבד.

(1) Al2O3(s) + 6H3O+(aq) → 9H2O(l) + 2Al3+(aq)

 (2) 2Al(s) + 6H3O+(aq) → 3H2(g) + 2Al3+(aq) + 6H2O(l)

סעיף ב' (הציון 72)

**68**

**75**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 75)**

קבע עבור כל אחת מן התגובות (1) ו- (2) מהו סוג התגובה - חמצון-חיזור או חומצה-בסיס. נמק.

**תשובה:**

תגובה (1) היא תגובת חומצה-בסיס.

במהלך התגובה עוברים פרוטונים (יוני H+) מיוני H3O+(aq) שבתמיסה ליוני O2− ב- Al2O3(s) .

(לא חלים שינויים בדרגות החמצון של אטומים במהלך התגובה, לכן התגובה היא לא תגובת חמצון-חיזור.)

תגובה (2) היא תגובת חמצון-חיזור.

במהלך התגובה עוברים אלקטרונים מאטומי Al לאטומי H שביוני H3O+(aq)

(או: חלים שינויים בדרגות החמצון של אטומי Al ושל אטומי H).

(לא עוברים פרוטונים במהלך התגובה, לכן התגובה היא לא תגובת חומצה-בסיס.)

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

רוב התלמידים קבעו נכון את סוגי התגובות הנתונות, אך חלק מהתלמידים טעה.

הטעויות האופייניות שאותרו הן:

⬩ קביעה שגויה של סוג התגובה וניסיון לנמקה:

• "תגובה ***(1)*** היא תגובת חמצון-חיזור, כי יש בה יוני מתכת שהיא חומר מחזר."

• "תגובה ***(2)*** היא תגובת חומצה-בסיס, כי בתגובה משתתפים יוני ***H3O+(aq)*** שהם יוני חומצה."

⬩ קביעה נכונה של סוג התגובה המלווה בנימוק שאינו מתאים או חלקי:

• "תגובה ***(1)*** היא תגובת חומצה-בסיס, כי מגיבים בה יוני הידרוניום."

• "תגובה ***(2)*** היא תגובת חמצון-חיזור, כי במגיבים יש אלומיניום שהוא מתכת מחזרת."

**תת-סעיף ii (הציון 68)**

מהו התפקיד של יוני הידרוניום, H3O+(aq) , בכל אחת מן התגובות (1) ו- (2)? נמק.

**תשובה:**

+1

0

בתגובה (1) יוני H3O+(aq) מגיבים כחומצה, מכיוון שהם מוסרים פרוטונים (H+) ליוני O2− ב- Al2O3(s) .

בתגובה (2) יוני H3O+(aq) מגיבים כמחמצן. אטומי מימן שביוני H3O+(aq) מקבלים אלקטרונים מאטומי אלומיניום ונוצרות מולקולות של יסוד מימן.

(או: דרגת החמצון של אטומי H ביוני H3O+(aq) יורדת מ- ל- ).

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

תת-סעיף זה היה קשה לחלק מהתלמידים. הטעויות האופייניות הן:

⬩ טעויות המשגה בנושא חומצות ובסיסים:

• "בתגובה ***(1)*** יוני ***H3O+(aq)*** פועלים כבסיס משום שהם מוסרים פרוטונים."

• "בכל אחת מהתגובות התפקיד של יוני ***H3O+(aq)*** הוא להיות אינדיקטור לרמת ה- ***pH*** בתמיסה."

• "התפקיד של יוני ***H3O+(aq****)* בתגובה ***(2)***: לשמור על מתכת בפני קורוזיה."

⬩ אי הבנה של השאלה - פירוש לא מתאים של המילה "תפקיד":

• "התפקיד של יוני ***H3O+(aq****)* בתגובה ***(1)*** הוא להגיב עם***Al2O3(s)*** ."

• "התפקיד של יוני ***H3O+(aq****)* בתגובה ***(1)*** הוא לפרק את***Al2O3(s)*** ליוני אלומיניום, כדי להכניס אותם לתמיסה."

• "התפקיד של יוני ***H3O+(aq****)* בתגובה ***(2)*** הוא לפרק את הסגסוגת ליונים ובכך להוסיף לתמיסה יוני אלומיניום."

מומלץ להציג לתלמידים תגובות שונות שבהן לאותם חלקיקים יכולים להיות תפקידים שונים, תלוי בתגובה.

סעיף ג' (הציון 54)

נמצא כי בתגובה של 6 גרם סגסוגת ליניט עם תמיסת HCl(aq) בכמות מספקת נפלטו 7.875 ליטר H2(g) , ונותרו 0.3 גרם מוצק שלא הגיב.

הנפח של 1 מול גז בתנאי התגובה הוא 25 ליטר.

## i ii iii iv

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

**75**

**55**

**38**

**19**

**תת-סעיף i (הציון 75)**

כמה מולים של גז נפלטו? פרט את חישוביך.

**תשובה:**

25

liter

mol

7.875 liter

= 0.315 mol

מספר המולים של גז שנפלטו בתגובה:

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

חלק מהתלמידים לא ידעו לחשב את מספר המולים של גז על פי הנתונים. הם הכפילו את נפח הגז שנפלט בנפח מולרי של גז.

**תת-סעיף ii (הציון 55)**

כמה מולים של Al(s) הגיבו? נמק.

**התשובה:**

0.315 × 2

3

= 0.21 mol

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ- 2 מול של Al(s) מתקבלים 3 מול H2(g) .

מספר המולים של Al(s) שהגיבו:

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

הציון נמוך. הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה הן:

⬩ התעלמות מיחס המולים בניסוח התגובה וחישוב על פי יחס 1:1 .

⬩ המצאה של "נוסחת הסגסוגת" ושל "התפרקותה במים" וחישוב על פי יחס המסה:

AlCu(s) → Al3+(aq) + Cu2+(aq)

 1 : 1 : 1

 גרם 6 → גרם 3 גרם 3

**תת-סעיף iii (הציון 38)**

חשב את אחוז ה- Al(s) בדגימה. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

27 × 0.21 mol = 5.67 gr

gr

mol

6 gr

5.67 gr

× 100% = 94.5%

המסה של Al(s) שהתקבלה:

אחוז Al(s) בדגימה:

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

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים לא הצליחו לחשב את אחוז האלומיניום בדגימה, כי לא הכירו חישוב אחוזים. טעות נוספת שאותרה היא חישוב שגוי של מסת האלומיניום.

**תת-סעיף iv (הציון 19)**

חשב את המסה של Al2O3(s) בדגימה. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

ב- 6 גרם סגסוגת יש 5.67 גרם Al(s) , 0.3 גרם Cu(s) .

המסה של Al2O3(s) בדגימה: 6 gr − (5.67 gr + 0.3 gr) = 0.03 gr

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

הציון נמוך במיוחד. הטעויות האופייניות הן:

⬩ קושי להבין שאם לאחר התגובה נותר מוצק, המשמעות היא שלא כל החומר הגיב.

⬩ אי הבנה שהסגסוגת מכילה שלושה סוגי חומרים: אלומיניום, נחושת ואלומיניום חמצני.

⬩ אי הבנה של התהליך הכולל תגובות של חומצה HCl(aq) עם אלומיניום ועם אלומיניום חמצני. המוצק שנותר הוא נחושת מתוך הסגסוגת, שלא הגיבה עם חומצה.

מומלץ לבצע עם התלמידים פעילויות שונות - לעבוד עם מאמרים, סרטים, שאלות ברמה גבוהה - בעבודות, לאו דווקא במבחנים.

פעילויות ושאלות לדוגמה אפשר למצוא במדריך למורה לפרק 3 של ספר הלימוד "יחסים וקשרים בעולם החומרים", הנמצא באתר הספר:

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

כולל פעילויות נוספות שלא מופיעות בספר: ניסויים, סרטים, מאמרים, שאלות מסוג "ניתוח קטע ממאמר מדעי" ודפי עבודה.

סעיף ד' (הציון 59)

איזה חומר מוליך חשמל טוב יותר, Al(s) או Al2O3(s) ? נמק.

**תשובה:**

Al(s) .

Al(s) הוא מתכת ואילו Al2O3(s) הוא תרכובת יונית.

ב- Al(s) יש "ים אלקטרונים" ניידים (או: אלקטרונים בלתי מאותרים).

יוני Al3+ ויוני O2− שבסריג של Al2O3(s) אינם ניידים, ולכן Al2O3(s) אינו מוליך זרם חשמלי.

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

חלק ניכר מהתלמידים אינם יודעים את התנאים למוליכות חשמלית של החומר: נוכחות חלקיקים טעונים ויכולתם לנוע. הטעויות האופייניות שאותרו בסעיף זה הן:

⬩ חוסר ידע - הנחה שהתנאי היחיד למוליכות החומר הוא חלקיקים טעונים:

• "חומר יוני בנוי מיונים טעונים - חיוביים ושליליים, לכן הוא מוליך היטב חשמל."

⬩ קביעה נכונה המלווה בנימוק חלקי ברמה המאקרוסקופית או שאינו מתאים:

• "ידוע שמתכות מוליכות חשמל. ***Al(s)*** הוא מתכת ולכן מוליך."

• "***Al2O3(s)*** הוא חומר מולקולרי, ולכן לא מוליך חשמל."

⬩ קביעה שגויה ונימוק המתבסס על תיאורים שגויים של מבנה החומרים:

• "חומר יוני מוליך חשמל, כי הוא בנוי ממולקולות, שבכל מולקולה יון חיובי ויון שלילי."

• " ***Al2O3(s)***מוליך חשמל טוב יותר מ- ***Al(s)*** , כי הוא קוטבי יותר מ- ***Al(s)*** ."

מומלץ לבצע ניסויים - לבדוק מוליכות חשמלית של חומרים שונים, ולהסביר את התוצאות ברמה

מיקרוסקופית.

שאלה 5

מבנה וקישור, חמצון-חיזור

 **ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 58 פיזור ציונים**

 **ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 62% מהתלמידים**

**60**

**44**

**84**

**43**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

19%

0-40

24%

55-84

44%

85-100

13%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לדעת לרשום ייצוג מלא לנוסחת מבנה של מולקולה על פי ייצוג מקוצר.

⮘ להכיר את המושג "איזומרים".

⮘ לקבוע על פי נוסחאות מבנה של חומרים אם החומרים הם איזומרים.

⮘ להכיר את סוגי הכוחות הבין מולקולריים: אינטראקציות ון-דר-ואלס וקשרי מימן.

⮘ לדעת תנאים לקיום קשרי מימן בין מולקולות החומר.

⮘ לדעת גורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים.

⮘ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין טמפרטורת הרתיחה של חומר.

⮘ לקשר בין שייר פחמימני גדול במולקולת החומר לבין מסיסות החומר במים.

⮘ להבחין בין רמה מאקרוסקופית לבין רמה מיקרוסקופית ולתאר חומרים גם ברמה מאקרוסקופית וגם ברמה מיקרוסקופית.

⮘ להכיר קבוצות פונקציונליות אחדות בתרכובות פחמן.

⮘ לקבוע דרגות חמצון של אטומי פחמן בתרכובות פחמן.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

בטבלה שלפניך מוצג מידע על טמפרטורות הרתיחה של שלושה חומרים, A , B ,C , שנוסחתם המולקולרית היא C4H10O .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| החומר | ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה | טמפרטורת רתיחה(oC) |
| A | OHOH | 118 |
| B |  | 83 |
| C | ? | נמוכה מ- 40 |

סעיף א' (הציון 60)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**58**

**67**

**44**

**תת-סעיף i (הציון 58)**

הסבר מדוע טמפרטורת הרתיחה של החומר A גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של החומר B .

**תשובה:**

- בין המולקולות של A ו- B יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס.

(בכל מולקולה של A ו- B יש קבוצת-OH אחת, ולכן למולקולות של שני החומרים יש אותן אפשרויות ליצירת קשרי מימן.)

- ענן האלקטרונים במולקולה של חומר A שווה בגודלו לענן האלקטרונים במולקולה של חומר B .

- (השרשרת הפחמימנית במולקולה של חומר A ארוכה (פרושה), ואילו השרשרת הפחמימנית במולקולה של חומר B מסועפת.) שטח המגע בין המולקולות של חומר A גדול יותר, אינטראקציות ון-דר-ואלס חזקות יותר (נדרשת אנרגיה רבה יותר לניתוק הקשרים הבין מולקולריים), ולכן טמפרטורת הרתיחה של חומר A גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של חומר B .

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

הציון נמוך. ניתן למיין את הטעויות האופייניות למספר סוגים:

⬩ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים בין אטומים בתוך מולקולה לבין כוחות בין מולקולריים:

• "מכיוון שבחומר ***A*** אין הסתעפויות הקשרים חזקים יותר - קשרים קוולנטיים, וקשה יותר לפרק אותם."

• "המבנה בו מסודרות מולקולות משפיע על חוזק המשיכה של קשרים קוולנטיים בין האטומים המרכיבים אותן. בין אטומי מולקולה ***A*** משיכה חזקה יותר, הפרש באלקטרושליליות גדול יותר מאשר במולקולה ***B***."

⬩ הסברים חלקיים - התלמידים מציינים את ההבדל בשטח מגע בין מולקולות בשני האיזומרים, אך לא עורכים השוואה בין שאר הגורמים: לא מתייחסים לשוויון בגודל ענן האלקטרונים, לא מציינים קשרי מימן ושוויון במספר המוקדים ליצירתם:

• "המבנה המרחבי של חומר ***A*** מאפשר שטח מגע גדול יותר מחומר ***B*** , ולכן טמפרטורת הרתיחה שלו גבוהה יותר."

⬩ התייחסות לשני החומרים כאל חומרים עם קוטביות שונה:

• "הקוטביות של***B*** גבוהה יותר מזו של ***A*** ."

• "חומר ***B*** פחות קוטבי בגלל שצורתו טטראהדר ולכן הוא פחות יציב. טטראהדר זו הצורה הכי לא קוטבית."

⬩ תשובות כלליות ומעורפלות ללא שימוש במונחים מדויקים:

• "המבנה של***A*** מתאים יותר."

• "הקשר של חומר ***A*** עם האוויר יותר פתוח."

• "מכיוון שחומר ***A***הוא חומצת שומן ולחומצת שומן יש טמפרטורת רתיחה גבוהה, וגם שטח פנים יותר גדול."

מומלץ לתרגל עם התלמידים בניית תשובות מלאות. יש להתייחס לסוג הכוחות הבין מולקולריים ולכל הגורמים המשפיעים על חוזקם. בשאלות שבהן נדרשת השוואה בין תכונות של שני חומרים (טמפרטורת רתיחה, מסיסות) יש לציין מה מאפיין כל חומר ואז להתייחס לשוני.

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B | A | החומר |
| שניהם חומרים מולקולריים | סוג החומר |
| C4H10Oהחומרים הם איזומרים | נוסחה מולקולריתשל מולקולת החומר |
| OHOH |  | נוסחת מבנה של מולקולתהחומר |
| ענני האלקטרונים במולקולות של שני החומרים שווים בגודלם, כי החומרים הם איזומרים (42 אלקטרונים במולקולה). | גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים |
| מולקולות קוטביות | מולקולות קוטביות | קוטביות של מולקולות החומר |
| קשרי מימןואינטראקציות ון-דר-ואלס | סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| שטח המגע בין המולקולות של חומר A גדול יותר, כי השרשרת הפחמימנית במולקולה של חומר A ארוכה (פרושה), ואילו השרשרת הפחמימנית במולקולה של חומר B מסועפת. | שטח המגע בין מולקולות החומר |
| נתון: טמפרטורת הרתיחה של חומר A גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של חומר B . המסקנה: אינטראקציות ון-דר-ואלס חזקות יותר (נדרשת אנרגיה רבה יותר לניתוק הקשרים הבין מולקולריים). | חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| טמפרטורת הרתיחה של חומר A גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של חומר B , כי טמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק כוחות בין מולקולריים. | טמפרטורות רתיחה של החומרים (נתונה) |

**תת-סעיף ii (הציון 67)**

הסבר מדוע המסיסות של החומרA במים נמוכה.

**תשובה:**

למולקולות של חומר A שייר פחמימני (או: חלק הידרופובי) ארוך יחסית (יכול ליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס בלבד) שאינו יכול ליצור קשרי מימן עם מולקולות המים (או: שמפריע להשתלבות המולקולות של חומר A בין מולקולות המים). כתוצאה מכך המסיסות של חומרA במים היא נמוכה.

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר יכולת לקשר בין שייר פחמימני גדול במולקולת החומר לבין מסיסות נמוכה של החומר במים.

הטעויות העיקריות הן:

⬩ חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים בין אטומים בתוך מולקולה לבין כוחות בין מולקולריים:

• "מפני שהרדיקל של מולקולה ארוך, מה שהופך אותה לחזקה מאוד וקשה לפירוק - זה קשרים קוולנטיים חזקים."

• "במולקולה קשרים חזקים, ולכן לא ניתן להמיס אותה במים."

⬩ ציון מוקדים מעטים ליצירת קשרי מימן, אך חוסר התייחסות לשייר פחמימני גדול במולקולה:

• "לחומר ***A***מספר מוקדים קטן ליצירת קשרי מימן."

⬩ התייחסות לשייר פחמימני גדול במולקולה, אך שימוש במונחים לא נכונים:

• "שטח פנים גדול יותר, ולכן קשה למולקולות מים לעטוף אותו."

• "מפני שהקרבוקסיל של מולקולה ארוך, למרות שיש אתרים ליצירת קשרי מימן

לא ניתן להמיס את החומר במים."

**תת-סעיף iii (הציון 44)**

הכניסו למבחנה מים וחומר A , וערבבו.

תאר ברמה המאקרוסקופית את התערובת שהתקבלה.

**תשובה:**

במבחנה יתקבלו שתי שכבות של נוזל (או: במבחנה התקבל נוזל עכור).

(בשכבה התחתונה יהיה החומר שלו צפיפות גבוהה יותר.)

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

הציון נמוך מאוד. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר יכולת של תלמידים רבים לתאר תערובת הטרוגנית של הנוזלים שהמסיסות של נוזל אחד בשני נמוכה. חלקם לא ידעו איך תיראה התערובת:

• "התערובת תיראה כמו מים."

• "בתערובת היו מים ובתוכם גוש מוצק שלא התמוסס."

וחלקם הבינו שבמבחנה ייראו שני החומרים, אך לא ידעו כיצד לתאר את התערובת:

• "תמיסה במצב נוזלי עם פירורים קטנים של חומר שלא הצליח להתמוסס."

• "מתקבלת במבחנה תמיסה הטרוגנית."

בעיה נוספת היא חוסר הבחנה בין רמה מאקרוסקופית לרמה מיקרוסקופית. היו תלמידים שתיארו מולקולות, יונים, קשרי מימן:

• "יש המסה חלקית של חומר ***A*** במים, ולכן נראה עדיין מולקולות של חומר ***A*** שלא נקשרו עם מולקולות המים."

• "יוני החמצן שבמים נמשכים ליוני המימן של החומר."

• "מעט קשרי מימן במולקולות וקשרי ון-דר-ואלס חלשים בין מולקולות של חומר ***A***לבין מולקולות המים."

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים - ערבוב חומרים עם מים ועם ממסים נוספים, ולבקש

מהתלמידים לרשום את התצפיות ולתאר את התמיסות ואת התערובות ברמה מאקרוסקופית

וברמה מיקרוסקופית.

סעיף ב' (הציון 44)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**38**

**50**

**תת-סעיף i (הציון 50)**

הצע נוסחת מבנה למולקולות של החומר C .

**תשובה:**

H−C−C−C−O−C−H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

H−C−C−O−C−C−H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

או:

 או: CH3CH2OCH2CH3 או: CH3CH2CH2OCH3

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא חשבו על אתרים - איזומרים של כוהלים. חלק מהתלמידים אינם יודעים מהם איזומרים וכיצד לקבוע אם נוסחאות מבנה נתונות מייצגות איזומרים.

הופיעו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

⬩ התעלמות מהנתון שחומר C הוא איזומר של A ו- B , והצעת נוסחאות של חומרים מולקולריים בעלי מולקולות לא קוטביות ו/או חומרים שענני אלקטרונים במולקולות שלהם קטנים מאלה שבמולקולות של חומר B:

• *CH3CH2OH* • *CH4* • *CO2*

⬩ היו תלמידים שהבינו שיש להציע נוסחה של חומר שהוא איזומר של A ו- B , אך כנראה חשבו שמולקולות של איזומרים צריכות להכיל אותן קבוצות פונקציונליות, ולכן רשמו נוסחאות של 1-בוטאנול (חומר A) או של 2-בוטאנול עם שרשרת פחמימנית מקופלת:

• ***CH3 CH2OH***

***CH2 CH2***

• ***CH3 CH3***

***CH2 CH2OH***

**תת-סעיף ii (הציון 38)**

הסבר מדוע טמפרטורת הרתיחה של החומר C נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של החומר B .

**תשובה:**

(בכל מולקולה של חומר C יש אטום חמצן שעליו זוגות אלקטרונים בלתי קושרים, אך אין אטום מימן חשוף מאלקטרונים.)

בין המולקולות של חומר C יש אינטראקציות ון-דר-ואלס בלבד, והן חלשות מקשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס שבין המולקולות של חומר B (נדרשת פחות אנרגיה לניתוק הקשרים שבין המולקולות של חומר C).

לכן טמפרטורת הרתיחה של חומר C נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של חומר B .

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

הציון נמוך מאוד. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שהופיעו בתת-סעיף זה לשלושה סוגים עיקריים:

1. התייחסות למולקולות של חומר C כאל מולקולות בעלות דו-קוטב רגעי, ולמולקולות של B כאל בעלות דו-קוטב קבוע.

• "המולקולות של חומר ***C*** אינן קוטביות, לכן הקשרים הבין מולקולריים ביניהן חלשים יותר מהקשרים בין המולקולות הקוטביות של חומר ***B*** ."

2. חוסר הבחנה בין תהליך הרתיחה של החומר לבין המסיסות של החומר במים - התייחסות ליצירת קשרי מימן בין מולקולות החומר לבין מולקולות המים, במקום ליצירת קשרי מימן בין מולקולות החומר:

• "משום שלחומר ***B*** יש מוקד ליצירת קשרי מימן עם המים ולחומר C אין מוקדים ליצירת קשרי מימן, רק ליצירת קשרי ון-דר-ואלס עם המים."

• "בחומר ***C*** אין מימנים חשופים מאלקטרונים, ולכן הוא יכול ליצור קשרי מימן רק במידה והמימנים של המים יסתדרו בדיוק בזוית של ***180*** מעלות מול החמצן שלו."

3. חוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים בין אטומים בתוך מולקולה לבין כוחות בין מולקולריים - ייחוס טמפרטורת הרתיחה לחוזק קשרים בין אטומים בתוך מולקולה:

• "טמפרטורת הרתיחה של חומר ***C*** נמוכה כי אין למולקולה שלו קשרים כפולים והאנרגיה הדרושה לפירוקה נמוכה."

• "בחומר ***C*** אין קשר מימני שיחזק את המולקולה."

• "בין המולקולות בחומר ***C*** הרבה קשרים ***C−H*** אשר מהווים קשרים ארוכים יחסית שקל יותר לפרק."

חשוב להדגיש את ההבדל בין חוזק קשרים קוולנטיים בתוך מולקולה לבין חוזק כוחות בין

מולקולריים הניתקים ברתיחה. מומלץ לתרגל כתיבת הסבר מילולי להבדלים בטמפרטורת הרתיחה

של חומרים מולקולריים שונים. אפשר להיעזר בניתוח של שאלה 3 מן השנה שעברה (תשע"ב).

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C | B | החומר |
| שניהם חומרים מולקולריים | סוג החומר |
| C4H10Oהחומרים הם איזומרים | נוסחה מולקולריתשל מולקולת החומר |
| OHO |  | נוסחת מבנה של מולקולתהחומר |
| ענני האלקטרונים במולקולות של שני החומרים שווים בגודלם, כי החומרים הם איזומרים (42 אלקטרונים במולקולה). | גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים |
| מולקולות קוטביות | מולקולות קוטביות | קוטביות של מולקולות החומר |
| אינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימןואינטראקציות ון-דר-ואלס | סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| נתון: טמפרטורת הרתיחה של חומר B גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של חומר C . המסקנה: קשרי המימן בין מולקולות B(l) חזקים מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות C(l) .  | חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| טמפרטורת הרתיחה של חומר B גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של חומר C, כי טמפרטורת הרתיחה היא מדד לחוזק כוחות בין מולקולריים. | טמפרטורות רתיחה של החומרים (נתונה) |

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה של מולקולות החומרים I-IV .

OH

OH

HO

\*

O

OH

HO

OH

O

OH

H

HO

O

HO

I II III IV

סעיף ג' (הציון 84)

**76**

**86**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 86)**

רשום ייצוג מלא לנוסחאות המבנה של מולקולות החומרים I-IV .

**תשובה:**

−

O

−

H

−

H

−

H

−

H

H−C−C−C−O−H

O

−

H

−

H

H−O−C−C−C−O−H

O

−

H

−

H

−

H

−

H

−

H

−

O

−

H

H−O−C−C−C−H

O

−

H

−

H

H−O−C−C−C−O−H

−

H

−

H

−

H

−

O

−

H

I

II

III

IV

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לעבור מייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה לייצוג מלא.

הטעויות שאותרו:

⬩ כתיבת קבוצת-OH כיחידה אחת, ללא ציון הקשר בין אטום החמצן לאטום המימן.

⬩ כתיבת נוסחה מולקולרית במקום נוסחת מבנה.

⬩ ציון אטומי המימן רק בקבוצות הפונקציונליות ללא הוספת אטומי מימן על כל אטומי הפחמן.

**תת-סעיף ii (הציון 76)**

אילו מן החומרים I-IV הם איזומרים?

**תשובה:**

החומרים II , III ו- IV (אותה נוסחה מולקולרית: C3H6O3).

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

רוב התלמידים זיהו נכון את האיזומרים, אך היו שלא ידעו מהם איזומרים וכיצד לקבוע על פי נוסחאות מבנה אם הן מייצגות איזומרים. הטעות העיקרית שאותרה היא ציון של חומרים II ו- IV בלבד - השמטת חומר III . יתכן שהתלמידים אשר טעו סברו שלמולקולות של איזומרים צריכות להיות אותן קבוצות פונקציונליות (רק במקומות שונים) ולכן לא זיהו אלדהיד וקטון כאיזומרים.

סעיף ד' (הציון 43)

קבע את דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב-\* במולקולות של חומר I . נמק.

**תשובה:**

דרגת החמצון של אטום הפחמן המסומן ב- \* במולקולה של חומר I היא אפס.

במולקולה של חומר I אטום C המסומן ב- \* קשור לשני אטומי C, לאטום H ולאטום O .

קשרי C−C אינם קוטביים והמטען היחסי על האטום המסומן הוא אפס.

הקשר C−O הוא קשר קוטבי (אטום החמצן מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר), והמטען היחסי אטום הפחמן המסומן הוא +1 .

הקשר C−H הוא קשר קוטבי (אטום הפחמן מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר), והמטען היחסי על אטום הפחמן המסומן הוא −1 .

בסך הכול, המטען היחסי על אטום הפחמן המסומן הוא: 0 + (+1) + (−1) = 0

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

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים התקשו לחשב דרגות חמצון של אטום פחמן בתרכובות פחמן.

הטעות העיקרית היא חישוב מתמטי לפי ההנחה שסכום דרגות חמצון של אטומים במולקולה ניטראלית שווה לאפס, ללא הבחנה בין אטומי הפחמן השונים במולקולה:

 • " 3***X +8×(+1) + 3×(−2) = 0*** מכאן ***X*** - דרגת החמצון של אטום פחמן שווה ל- "

***( − )***

***2***

***3***

כדי למנוע טעויות מסוג זה מומלץ לתרגל חישוב דרגות חמצון על אטומי פחמן בתרכובות שונות.

אפשר לעשות זאת תוך התייחסות לכל אטום פחמן + האטומים הקשורים אליו כאל קבוצה שסכום דרגות החמצון שלה שווה לאפס, וכן שימוש בחיצים על גבי כל קשר לתיאור כיון "תזוזת"

האלקטרונים וספירת מספר החיצים "היוצאים" ו"הנכנסים" לכל אטום.

בכל מקרה יש להדגיש שאין דרגות חמצון שהן שבר - דרגת חמצון היא מספר שלם, וכן - במולקולה

שבה יש מספר אטומי פחמן, יתכן שהם בעלי דרגות חמצון שונות.

לסיכום, שאלה 5 הייתה קשה לתלמידים. ציון השאלה 58 הוא נמוך בהשוואה לממוצע של

הבחינה 71 .

יתכן שהסיבה לכך היא שהשאלה עוסקת בתרכובות פחמן, שלא נלמדות כפרק נפרד. מומלץ בעת

חזרה על החומר הנלמד לקראת בחינת הבגרות להקדיש זמן לתרכובות הפחמן - לרכז את כל מה

שנדרש בפרקים השונים של תוכנית הלימודים.

מומלץ להיעזר בדגם הוראה: שילוב הנושא "כימיה של תרכובות פחמן" בתכנים לאורך התוכנית

של 3 יחידות לימוד. הדגם נמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

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

שאלה 6

מצב גז וסטויכיומטריה

 **ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 75 פיזור ציונים**

 **ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 34% מהתלמידים**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

**70**

**68**

**84**

**75**

**74**

41-54

7%

0-40

12%

55-84

35%

85-100

46%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את מצבי הצבירה של החומרים ואת ההבדלים ביניהם מבחינת המאפיינים המיקרוסקופיים: סדר חלקיקים, צפיפות חלקיקים, אופני התנועה שלהם, יכולת קישור בין חלקיקים.

⮘ לדעת מהו ההבדל בין תיאור החומר ברמה מאקרוסקופית לבין תיאור ברמה מיקרוסקופית.

⮘ להכיר את המאפיינים המיקרוסקופיים והמאקרוסקופיים של הגזים.

⮘ לדעת מהי ההשפעה של שינוי נפח על הלחץ של גז, ולהפך - שינוי לחץ על הנפח של גז.

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

⮘ לדעת מהי ההשפעה של שינוי טמפרטורה על הנפח ועל הלחץ של הגז.

⮘ לדעת את השערת אבוגדרו, קשר בין נפח גז, מספר מולי גז ונפח מולרי של גז.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור סוגים שונים של תהליכים, גם כאלה שבהם מעורבים גזים ו/או תמיסות מימיות.

⮘ להבין מהי המשמעות של הריכוז המרבי המותר של גז רעיל באוויר.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

השאלה עוסקת בגז מימן גפרי, H2S(g) .

סעיף א' (הציון 70)

מאחסנים את הגז בכלי סגור.

ציין שני מאפיינים מיקרוסקופיים של גז הנמצא בכלי סגור.

**תשובה:**

שניים מבין המאפיינים:

- המולקולות נעות בכול הכיוונים (תנועה אקראית).

- המולקולות מבצעות שלושה סוגי תנועה: מעתק, סיבוב ותנודה.

- המולקולות מתנגשות אחת בשנייה ובדפנות הכלי.

- המרחקים בין המולקולות גדולים מאוד (ביחס לגודל המולקולות).

- אין אינטראקציות בין המולקולות (הן זניחות).

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

הטעות האופיינית העיקרית בסעיף זה היא חוסר הבחנה בין מאפיינים מאקרוסקופיים לבין מאפיינים מיקרוסקופיים, בין תיאור החומר ברמה מאקרוסקופית לרמה מיקרוסקופית:

• "הגז ממלא את נפח הכלי."

• "גז מתפשט בכל הכלי."

• "ככל שמעלים טמפרטורה בכלי סגור לחץ הגז עולה."

טעות נוספת שנובעת מחוסר הבנה של מצב הגז בפרט ושל מצבי צבירה בכלל:

• "טמפרטורת גז תמיד גבוהה, כי החלקיקים זזים מהר."

סעיף ב' (הציון 68)

בכלי סגור A יש 6.8 גרם H2S(g) .

בכלי סגור B יש 12.8 גרם SO2(g) .

לחץ הגז בכלי A קטן מלחץ הגז בכלי B . שני הכלים נמצאים באותה טמפרטורה.

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

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**58**

**78**

**תת-סעיף i (הציון 78)**

המספר הכולל של האטומים בכלי A שווה למספר הכולל של האטומים בכלי B .

**תשובה:**

34

gr

mol

34

gr

mol

6.8 gr

= 0.2 mol

64

gr

mol

64

gr

mol

12.8 gr

= 0.2 mol

המסה המולרית של H2S(g) :

מספר המולים של H2S(g) בכלי A :

המסה המולרית של SO2(g) :

מספר המולים של SO2(g) בכלי B :

בשני הכלים יש אותו מספר מולים של גז, ולכן יש אותו מספר של מולקולות.

במולקולה של כל אחד מהגזים יש 3 אטומים.

בכל אחד משני הכלים יש אותו מספר של אטומים.

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

רוב התלמידים קבעו נכון שהמספר הכולל של האטומים בכלי A שווה למספר הכולל של האטומים בכלי B . הטעויות הופיעו בנימוקים.

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר הבחנה בין חלקיק של חומר לבין מול חלקיקים - אוסף חלקיקים:

• "גם בכלי ***A*** וגם בכלי ***B*** יש ***3*** אטומים."

• "בחומר ***H2S(g)*** יש ***3*** אטומים ובחומר ***SO2(g)*** יש ***3*** אטומים."

טעות נוספת שאותרה היא חוסר התייחסות למספר אטומים המצוים בכל מולקולה של החומרים הנתונים:

• "בשני הכלים יש אותו מספר מולקולות, לכן גם אותו מספר אטומים."

**תת-סעיף ii (הציון 58)**

הנפח של כלי A קטן מן הנפח של כלי B .

**תשובה:**

לא נכון.

(שני הכלים נמצאים באותה טמפרטורה ומכילים אותו מספר מולים של גז.)

(לחץ הגז בכלי A קטן מלחץ הגז בכלי B.) מספר ההתנגשויות של מולקולות הגז בדפנות של כלי A קטן יותר. לפיכך הנפח של כלי A צריך להיות גדול מהנפח של כלי B .

או:

בטמפרטורה קבועה קיים יחס הפוך בין לחץ הגז לנפח של גז, לכן הנפח של כלי A גדול מהנפח של כלי B .

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הפנימו שבטמפרטורה קבועה קיים יחס הפוך בין לחץ הגז לנפח של גז.

רוב התלמידים שטעו קבעו שהנפחים של הגזים שווים בשני הכלים:

• "הנפחים שווים, כי יש אותו מספר מולים."

טעות נוספת, הנובעת מחומר הבנת הקשר בין נפח מולרי של גז לבין נפח הגז, היא קביעה שההיגד נכון, כי הנפח המולרי של הגזים שונה - בלבול בין מסה מולרית לנפח מולרי של גז:

• "נכון, יש אותו מספר מולים של גז, והנפח תלוי בגודל הנפח המולרי. בכלי ***A*** הנפח המולרי קטן יותר, וזאת הסיבה לכך שנפח כלי ***A*** קטן יותר."

סעיף ג' (הציון 84)

הגזים H2S(g) ו- SO2(g) נפלטים בהתפרצות של הרי געש, ומגיבים ביניהם על פי תגובה (1). בתגובה זו נוצרת גפרית, S8(s) , מוצק צהוב המתפזר באזורים סביב הלוע של הר הגעש.

(1) 16H2S(g) + 8SO2(g) → 3S8(s) + 16H2O(g)

ביצעו אתתגובה (1)במעבדה, והתקבלו 64 גרם S8(s) .

בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 60 ליטר.

**תת-סעיף i (הציון 85)**

**83**

**85**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

חשב את הנפח של H2S(g) שהגיב עם כמות מספקת של SO2(g) . פרט את חישוביך.

**תשובה:**

256

gr

mol

64 gr

= 0.25 mol

256

gr

mol

0.25 × 16

3

= 1.33 mol

1.33 mol × 60 = 79.8 liter

liter

mol

 16H2S(g) + 8SO2(g) → 3S8(s) + 16H2O(g)

 1.33 0.25

 מסה נתונה/נדרשת

 בניסוי ספציפי (גרם)

מסה מולרית (גרם למול)

 מספר מולים נתון/נדרש

 בניסוי ספציפי

יחס המולים בניסוח תגובה

 נפח מולרי של גז בתנאי

 הניסוי (ליטר למול)

 נפח הגז בניסוי ספציפי

 (ליטר)

16 8 3 16

256

64

**79.8**

60

המסה המולרית של S8(s) :

מספר המולים של S8(s) שהתקבלו:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ- 16 מול H2S(g) התקבלו 3 מול S8(s) .

מספר המולים של H2S(g) שהגיבו:

המסה של H2S(g) שהגיב:

או טבלה מסכמת לתת-סעיף ג i :

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

**תת-סעיף ii (הציון 83)**

מהו הנפח של SO2(g) שהגיב? נמק.

**תשובה:**

0.665 mol × 60 = 39.9 liter

liter

mol

הנפח של SO2(g) שהגיב היה 39.9 ליטר.

על פי השערת אבוגדרו, עבור גזים הנמצאים באותם תנאים של טמפרטורה ולחץ, היחס בין מספר המולים לפי ניסוח התגובה שווה ליחס שבין הנפחים.

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 2 מול H2S(g) מגיבים עם 1 מול SO2(g) .

מספר המולים של SO2(g) שהגיבו הוא 0.665 מול.

הנפח של SO2(g) שהגיב:

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

הציונים של שני תת-הסעיפים גבוהים.

הטעויות שאותרו הן בעיקר טעויות ביחידות וטעויות חישוב.

מומלץ לבקש מהתלמידים לרשום יחידות בכל חישוב שהם מבצעים, בדומה לחישובים המובאים כאן.

סעיף ד' (הציון 74)

במעבדה מפיקים H2S(g) בתגובה בין ברזל גפרי, FeS(s) , ובין תמיסה מימית של חומצת מימן כלורי, HCl(aq) , על פי תגובה (2):

(2) FeS(s) + 2H3O+(aq) → Fe2+(aq) + H2S(g) + 2H2O(l)

חשב את הנפח של תמיסת HCl(aq) בריכוז 0.2M הדרוש לקבלת 4.25 ליטר של H2S(g) .

בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

= 0.17 mol

4.25 liter

25

liter

mol

= 1.7 liter

0.34 mol

0.2

mol

liter

יחס המולים בניסוח תגובה

מספר מולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

ריכוז מולרי של מומס בתמיסה (M)

נפח הגז נתון/נדרש

בניסוי ספציפי (ליטר)

נפח מולרי של גז בתנאי הניסוי (ליטר למול)

נפח התמיסה (ליטר)

 FeS(s) + 2H3O+(aq) → Fe2+(aq) + H2S(g) + 2H2O(l)

 1 2 1 1 2

4.25

25

 0.34 0.17

0.2

**1.7**

מספר המולים של H2S(g) שהתקבלו:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה מ- 2 מול יוני H3O+(aq) מתקבל 1 מול H2S(g) .

מספר המולים של יוני H3O+(aq) שהגיבו: 0.17 mol × 2 = 0.34 mol

(יחס המולים בין יוני H3O+(aq) ל- HCl(g) הוא 1:1)

הנפח של תמיסת HCl(aq) הדרוש לתגובה:

או טבלה מסכמת לסעיף ד:

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

הטעויות שהופיעו בסעיף זה הן:

⬩ התעלמות מיחס המולים בניסוח התגובה: מ- 2 מול יוני H3O+(aq) מתקבל 1 מול H2S(g) . התלמידים המשיכו את החישוב על פי יחס המולים 1:1 .

⬩ טעויות ביחידות.

⬩ טעויות חישוב.

סעיף ה' (הציון 75)

H2S(g) הוא גז רעיל.

הריכוז המרבי המותר של H2S(g) באוויר הוא 1.47∙10–5 מול H2S(g) ב- 1 ליטר אוויר.

מפיקים כמות מסוימת של H2S(g) בחדר מעבדה שנפחו 120,000 ליטר, ומשתמשים מיד בגז.

חשב את המסה של H2S(g) שמותר להפיק בחדר זה כך שאם ידלוף הגז ויתפשט בחדר, ריכוזו באוויר יהיה שווה לריכוז המרבי המותר. פרט את חישוביך.

**תשובה:**

 1.47·10−5 × 120000 liter = 1.764 mol

mol

liter

34

gr

mol

 1.764 mol × 34 = 59.98 gr

gr

mol

מספר המולים המרבי של H2S(g) שמותר להפיק:

המסה המולרית של H2S(g) :

המסה של H2S(g) :

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

הטעות העיקרית שאותרה בסעיף זה היא חישוב שגוי בשלב הראשון. חלק מהתלמידים לא הבינו את

משמעות הריכוז המרבי המותר של גז רעיל באוויר. הם לא הכפילו את הריכוז 1.47·10−5

בנפח החדר וחישבו:

•  ***1.47·10−5 mol × 34 = 49.98·10−5 gr***

***gr***

***mol***

mol

liter

טעויות נוספות הן טעויות חישוב וטעויות ביחידות.

מומלץ לעבור על ההערות ולפתור עם התלמידים את התרגילים, המופיעים בניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה, 3 יחידות לימוד, תשע"ג, הנמצאים לאחר סעיף ב' של שאלה 5 .

מומלץ להשתמש באנימציות בנושא חוקי הגזים ובלומדה "תכונות הגזים", שהוכנה על ידי ד"ר רות בן-צבי, הנמצאות באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=242>

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מהחוברת "שאלות ברמה של בחינות הבגרות בנושאים: סטויכיומטריה והמצב הגזי", הנמצאת באתר הספר "יחסים וקשרים בעולם החומרים":

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

ובאתר המפמ"ר, בדף:

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

שאלה 7

חמצון-חיזור וחומצות ובסיסים

 **ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 67 פיזור ציונים**

 **ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 62% מהתלמידים**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**78**

**62**

**79**

**50**

41-54

14%

0-40

12%

55-84

50%

85-100

24%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לקבוע דרגות חמצון של אטומים ביסודות ובתרכובות.

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

⮘ לקבוע דרגת חמצון מרבית ודרגת חמצון מזערית של אטומי יסוד בתרכובות.

⮘ לקבוע אם תרכובת יכולה לשמש כמחמצן, כמחזר או גם כמחמצן וגם כמחזר.

⮘ לקבוע מספר מול אלקטרונים העוברים בתהליך חמצון-חיזור.

⮘ לנסח תגובה בין חומצה חזקה לבין המים.

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

⮘ לדעת מהו ריכוז מולרי.

⮘ לזהות את יוני HCO3−(aq) כבסיס חלש.

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

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

חומצה חנקתית, HNO3(l) , משמשת בין היתר לייצור דשנים וחומרי נפץ.

בתעשייה בכימית מפיקים HNO3(l) מאמוניה, NH3(g) . בתהליך הייצור של HNO3(l) יש שלושה שלבים. בכל שלב מתרחשת אחת מן התגובות (3)-(1).

(1) 4NH3(g) + 5O2(g) → 4NO(g) + 6H2O(g)

(2) 2NO(g) + O2(g) → 2NO2(g)

(3) 4NO2(g) + O2(g) + 2H2O(l) → 4HNO3(l)

סעיף א' (הציון 78)

**66**

**96**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 96)

העתק את הטבלה שלפניך למחברת הבחינה.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| דרגת החמצון של אטומי N |  |  |  | +5−3+2+4 |
| תרכובת החנקן |  |  |  |  |

קבע את דרגת החמצון של אטומי N בכל אחת מתרכובות החנקן שבתגובות (3)-(1), והשלם את הטבלה בהתאם.

**תשובה:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| דרגת החמצון של אטומי N |  |  |  | +5−3+2+4 |
| תרכובת החנקן | HNO3 | NO2 | NO | NH3 |

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו לקבוע את דרגות החמצון של אטומי החנקן בתרכובות הנתונות.

תלמידים מעטים הוסיפו מקדמים שבניסוחי התגובות לנוסחאות:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| דרגת החמצון של אטומי N |  |  |  | +5−3+2+4 |
| תרכובת החנקן | ***4HNO3*** | ***4NO2*** | ***2NO*** | ***4NH3*** |

**תת-סעיף ii (הציון 66)**

מבין תרכובות החנקן המופיעות בתגובות ,(3) , (2) , (1) ציין את התרכובות שיכולות להגיב כמחמצן. נמק.

**תשובה:**

HNO3(l) , NO2(g) , NO(g) .

דרגת החמצון של אטומי N בכל אחת משלוש התרכובות יכולה לרדת, כי היא גדולה מדרגת החמצון המזערית של אטומי N שהיא (או: אטומי N יכולים לקבל אלקטרונים).

−3

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

הציון נמוך יחסית. הסיבה העיקרית לכך היא התייחסות לתפקידן של תרכובות החנקן, שהגיבו בשלושת התגובות הנתונות, במקום קביעה באופן כללי אם כל אחת מהתרכובות יכולה להגיב כמחמצן:

• "בתגובה ***(2)*** דרגת החמצון של ***N*** עולה מ- ***(+2)*** ל- ***(+4)***. תרכובת ***NO*** עוברת חמצון, אז היא המחזר."

• "אף אחת מתרכובות החנקן אינה יכולה להגיב כמחמצן, שכן בשלוש התגובות עובר החנקן תהליך חמצון, כלומר, עולה בדרגת החמצון. לכן הוא משמש כמחזר ולא כמחמצן."

סעיף ב' (הציון 62)

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

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**84**

**41**

**54**

**תת-סעיף i (הציון 84)**

בתגובה (1) הגז NH3(g) פועל כמחזר.

**תשובה:**

−3

+2

נכון.

דרגת החמצון של אטומי חנקן ב- NH3(g) היא . בתגובה (1) דרגת החמצון של אטומים אלה עולה ל- (או: אטומי חנקן אבדו אלקטרונים).

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקבוע את תפקיד התרכובת בתגובת חמצון-חיזור.

הטעויות הופיעו בעיקר בנימוקים - היו שהתייחסו לדרגת חמצון כמאפיין של תרכובת ולא של יסוד:

• "נכון. אמוניה לפני תגובה הייתה בדרגת חמצון ***(−3)*** והיא עלתה לדרגת חמצון ***(+2)***."

**תת-סעיף ii (הציון 41)**

בתגובה (2) עוברים 2 מול אלקטרונים.

**תשובה:**

+2

+4

לא נכון.

בתגובה (2) דרגת החמצון של אטומי החנקן משתנה מ- ל- .

(בתגובה של 1 מול NO(g) עוברים 2 מול אלקטרונים.)

לפי ניסוח התגובה מגיבים 2 מול NO(g) , ולכן בתגובה זו עוברים בסך הכול 4 מול אלקטרונים.

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

הציון נמוך מאוד. הטעות העיקרית היא חישוב מספר האלקטרונים שעוברים בתגובה של 1 מול NO(g) ולא בתגובה של 2 מול NO(g) , על פי הניסוח המאוזן:

• "היגד ***ii*** נכון ,משום שדרגת החמצון של חנקן הייתה ***(+2)*** והפכה ל- ***(+4)***, כלומר עברו ***2*** מול אלקטרונים."

**תת-סעיף iii (הציון 54)**

בתגובה (3) החומצה HNO3(l) פועלת כמחמצן.

**תשובה:**

לא נכון.

בתגובה (3) החומצה החנקתית היא תוצר (ולא מגיב), ולכן אינה פועלת לא כמחמצן ולא כמחזר.

(בתגובות שבהן היא מגיבה, החומצה החנקתית יכולה להגיב רק כמחמצן.)

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

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים ניסו לקבוע אם התרכובת, שהיא תוצר התגובה, פועלת כמחמצן או כמחזר. תלמידים אלה לא הפנימו, שרק המגיב יכול לפעול כמחמצן או כמחזר בתגובה. בתשובות שגויות התלמידים כתבו על שינוי בדרגות חמצון של אטומי המגיבים, אך תיארו אותו כשינוי בדרגות חמצון של האטומים במולקולות החומצה:

• "לא נכון. החומצה פעלה כמחזר, כי דרגת החמצון שלה עלתה בין מגיבים לתוצרים."

• "נכון. ***NO2*** חיזרה את***HNO3*** , כיוון שדרגת החמצון של חנקן עלתה מ- ***(+4)*** ל- ***(+5)***, לכן***HNO3***  עברה חיזור - מחמצן."

סעיף ג' (הציון 79)

תמיסת HNO3(aq) מגיבה עם ברזל, Fe(s) , ועם נחושת, Cu(s) על פי תגובות (5)-(4).

(4) Fe(s) + 2H3O+(aq) + 2NO3−(aq) → Fe2+(aq) + 2NO3−(aq) + 2H2O(l) + H2(g)

(5) 3Cu(s) + 8H3O+(aq) + 8NO3−(aq) → 3Cu2+(aq) + 6NO3−(aq) + 12H2O(l) + 2NO(g)

**84**

**78**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 78)**

קבע מהו המחזר ומהו המחמצן בכל אחת מן התגובות (4) ו- (5). נמק.

**תשובה:**

+1

0

+2

0

+5

+2

+2

0

בתגובה (4):

יוני H3O+(aq) הם המחמצן, כי במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי מימן יורדת

(או: משתנה מ- ל- ).

Fe(s) הוא המחזר, כי במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי ברזל עולה

(או: משתנה מ- ל- ).

בתגובה (5):

יוני NO3−(aq) הם המחמצן, כי במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי חנקן יורדת

(או: משתנה מ- ל- ).

Cu(s) הוא המחזר, כי במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי נחושת עולה

(או: משתנה מ- ל- ).

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

רוב התלמידים קבעו נכון מהו המחזר ומהו המחמצן בכל אחת מן התגובות.

הטעות האופיינית העיקרית היא ציון מחמצן או מחזר גם במגיבים וגם בתוצרים (טעות דומה הופיעה גם בתת-סעיף ב iii):

• "בתגובה ***(4)***: ***Fe2+*** מחזר, כי הוא עובר מ- ***(0)*** ל- ***(+2)***. ***H2*** מחזר, כי המימן עובר מ- ***(+1)*** ל- ***(0)***."

• "בתגובה ***(5)***: ***Cu2+*** מחזר, כי הוא עובר מ- ***(0)*** ל- ***(+2)***. ***NO*** מחמצן כי ***N*** עובר מדרגת חמצון ***(+5)*** ל- ***(+2)***."

**תת-סעיף ii (הציון 84)**

קבע אם במהלך כל אחת מן התגובות (4) ו- (5) ה- pH של התמיסה עלה, ירד או לא השתנה. נמק.

**תשובה:**

במהלך שתי התגובות ה- pH של התמיסה עולה.

בשתי התגובות ריכוז יוני H3O+(aq) יורד (או: יוני H3O+(aq) מגיבים), ולכן ה- pH של התמיסה עולה.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקשר בין ריכוז יוניH3O+(aq) בתמיסה מימית לבין pH התמיסה.

הטעויות שאותרו נובעות מחוסר ידע והבנה שריכוז יוניH3O+(aq) בתמיסה יכול להשתנות בתגובות מסוגים שונים, כגון תגובות חמצון-חיזור, ולא רק בתגובות חומצה-בסיס, ואז כמובן גם pH התמיסה ישתנה:

• "***pH*** לא משתנה, כי אין מסירת ***H+*** וזאת לא תגובת חומצה-בסיס."

טעות נוספת היא חוסר הבחנה בין הוספה של מוצק שלא משתתף בתגובה לבין הוספת מוצק המשמש כמגיב:

• "***pH*** לא משתנה, כי מוסיפים מוצק ***(Cu(s) , Fe(s))***."

סעיף ד' (הציון 50)

הכניסו 10 גרם אשלגן מימן פחמתי, KHCO3(s) , לתוך 120 מ"ל תמיסת HNO3(aq) בריכוז 1M .

התרחשה תגובה.

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**56**

**37**

**תת-סעיף i (הציון 37)**

נסח ואזן את התגובה שהתרחשה.

**תשובה:**

מים

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

KHCO3(s) + H3O+(aq) → K+(aq) + 2H2O(l) + CO2(g)

 או:

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

(KHCO3(s) → K+(aq) + HCO3−(aq))

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

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

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים התקשו לנסח את התגובה. הטעות הנפוצה ביותר היא רישום שני ניסוחים: ניסוח של המסה של KHCO3(s) במים או של תגובתו עם המים. בתהליך הראשון נוצרים יוני OH−(aq) . בתגובה השנייה יונים אלה מגיבים עם יוני H3O+(aq) בתגובת סתירה.

דוגמאות לניסוח התגובה הראשונה:

מים

• *KHCO3(s) → K+(aq) + CO2(g) + OH−(aq)*

• *KHCO3(s) + H2O(l) → K+(aq) + H2(g) + CO3−(g) + OH−(aq)*

ניסוח התגובה השנייה:

• *H3O+(aq) + OH−(aq) → 2H2O(l)*

היו תלמידים שלא ניסחו את התגובה הראשונה אלא רשמו:

 מתמיסת***KHCO3(aq)*** מתמיסת***HNO3(aq)*** **•**

 *H3O+(aq) + OH−(aq) → 2H2O(l)*

טעות אופיינית נוספת היא ניסוחים שגויים של התגובה בין KHCO3(s) ל- HNO3(aq):

• 2*KHCO3(s) + 2HNO3(aq) → H3O+(aq) + 2KCO2+(aq) + 2NO3−(g) + OH−(aq)*

• *KH2CO3+(aq) + H3O+(aq) + NO3−(aq) + OH−(aq) → KCO2+(aq) + NO(g) + 2H2O(l)*

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי שבו מגיבים יוני ביקרבונט עם חומצה וללוות את הניסוי בניסוחי תגובות.

**תת-סעיף ii (הציון 56)**

קבע אם בתום התגובה ה- pH של התמיסה שהתקבלה היה גדול מ- 7 , קטן מ- 7 , או שווה ל- 7 .

פרט את חישוביך, והסבר.

**תשובה:**

100

gr

mol

10 gr

= 0.1 mol

100

gr

mol

0.12 liter × 1 = 0.12 mol

mol

luter

בתום התגובה ה- pH של התמיסה היה קטן מ- 7 .

המסה המולרית של KHCO3(s) :

מספר המולים של KHCO3(s) שהוסיפו:

מספר המולים של יוני H3O+(aq) בתמיסה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה 1 מול KHCO3(s) מגיב עם 1 מול יוני H3O+(aq) .

לכן מספר המולים של H3O+(aq) שיגיבו: 0.1 mol

בתום התגובה יש בתמיסה יוני H3O+(aq) שלא הגיבו, ולכן ה- pH של התמיסה קטן מ- 7 .

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

חלק ניכר מהתלמידים מתקשים לבצע חישובים סטויכיומטריים כשמדובר בעודף של אחד מהמגיבים.

הם מניחים שבתום תגובת סתירה pH התמיסה הוא ניטרלי ולא ביצעו שום חישוב:

• "ה- ***pH*** ניטרלי משום שהתרחשה תגובת סתירה ולא נשארו יוני הידרוקסיד או הידרוניום."

היו תלמידים שלא התייחסו לתגובה שהתרחשה אלא להוספת בסיס:

• "ה- ***pH*** גדול מ- ***7*** מכיוון שהוסיפו בסיס.”

סוג טעויות נוסף הוא נימוקים שגויים המלווים את הקביעה הנכונה:

• "ה- ***pH*** קטן מ- ***7*** כי יש עודף חומצה. ***HNO3(aq)***) היא חומצה חזקה ו- ***KHCO3(s)*** הוא בסיס חלש. לכן לא הייתה סתירה מלאה ונשאר עודף יוני ***H3O+(aq)*** בתמיסה."

מומלץ לבקש מהתלמידים לעבוד עם הסימולציה של PhET Colorado "מגיבים, תוצרים ושאריות". הקישור נמצא באתר המפמ"ר:

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

כמו כן מומלצות פעילויות מתוקשבות הנמצאות באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה:

"פס אבץ בתמיסת יוני נחושת" - לומדה קצרה שפותחה על-ידי ד"ר רות בן-צבי.
המחשת התהליך המתרחש בתמיסה מימית כאשר פס אבץ טובל בתמיסת יוני נחושת:

<http://stwww.weizmann.ac.il/G-CHEM/center/Redox/1.html>

"מתכות ויוני מתכות" - סימולציה של ניסוי שבו מתכות שונות טובלות בתמיסות המכילות יונים של מתכות אחרות:

<http://stwww.weizmann.ac.il/G-CHEM/center/animationsindex/Redox/home.html>

אנו ממליצים לפתור עם התלמידים שאלות מהחוברת "שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו", שהוכנה בסדנה לפיתוח משימות מבחן למבניות מתוך תוכנית הלימודים החדשה בכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע. החוברת מכילה גם שאלות העמקה והעשרה. הקישור נמצא באתר המפמ"ר:

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

שאלה לתרגול:

בתל אביב הישנה הרחובות צרים ובתים ישנים. הבתים הציוריים חשופים לרוחות מהים ולשמש. דיירי אחד הבניינים החליטו על שיפוץ כללי. ההחלטה התקבלה אחרי פיצוץ בצינור המים הראשי.

בעקבות פעילות תחנת כוח "רידינג" חלה עליה בריכוז גזSO2(g) באטמוספרה ו- pH של מי הגשמים ירד.

אינסטלאטור הציע לדיירים מספר אפשרויות:

I החלפת קטע מצנרת החיצונית של הבניין.

II החלפת צנרת ישנה בצנרת חדשה שעשויה מסגסוגת אחרת. סגסוגת זו מכילה בעיקר

נחושת, Cu(s) , ולא עופרת, , Pb(s)וברזל, Fe(s) .

III החלפת צנרת ישנה בצנרת עשויה מפלסטיק, שאינה עוברת קורוזיה.

ענה על השאלות הבאות:

היעזר בשורה האלקטרוכימית הנתונה (כל מתכת המופיעה משמאל היא מחזרת טובה יותר מזו

המופיעה מימין לה):

Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Pb H2 Cu Ag Pt Au

א. מהו הקשר בין מי גשמים חומציים והפיצוץ של הצינור הישן העשוי בעיקר מעופרת, Pb(s) ?

ב. הסבר מדוע בייצור צנרת חדשה משתמשים בסגסוגת שמרכיבה העיקרי הוא נחושת ולא ברזל?

ג. איזה תהליך (חמצון או חיזור) עובר ברזל כאשר צינורות מחלידים? נמק.

ד. קבע איזו מתכת, ברזל או נחושת, היא מחזר טוב יותר. נמק.

שאלה 8

סוכרים וחלבונים

 **ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 64 פיזור ציונים**

 **ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 47% מהתלמידים**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**34**

**77**

**78**

**67**

41-54

14%

0-40

16%

55-84

52%

85-100

18%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את המבנה החלקיקי של חומצות אמיניות במצב מוצק - דו-יון.

⮘ להבין משמעות של דו-יון והשלכותיו על התכונות של חומצות אמיניות

⮘ לזהות חומצה אמינית כחומר יוני.

⮘ לזהות קשר אמידי.

⮘ להכיר מבנה של חד-סוכרים, דו-סוכרים ורב-סוכרים.

⮘ לרשום נוסחאות הייוורת של חד-סוכרים, דו-סוכרים ורב-סוכרים.

⮘ להבחין בין איזומרים של גלוקוז.

⮘ לדעת מהו קשר גליקוזידי.

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

⮘ להכיר צורת אלדהיד עם שרשרת פתוחה של חד-סוכר.

⮘ לרשום נוסחאות פישר של חד-סוכרים לפי מידע נתון.

 ⮘ לזהות יחידות של חד-סוכרים בדו-סוכר וברב-סוכר, כולל טבעות "מסובבות" ו"הפוכות".

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שני חומרים: ואלין ו- β-גלוקוז.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| החומר | נוסחת המבנה | מסה מולריתOHOOHOHHOCH2OHHHHHHNH2CO2Hגרםמול( ) | טמפרטורת היתוך(oC) |
| ואלין |  | 117 | 315 |
| β-גלוקוז |  | 180 | 149 |

סעיף א' (הציון 34)

הסבר מדוע טמפרטורת ההיתוך של ואלין גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של β-גלוקוז.

**תשובה:**

CH(CH3)2

.(+H3N − CH − COO−)

במצב מוצק בין המולקולות של גלוקוז יש קשרי מימן.

במצב מוצק חלקיקי ואלין מצויים בצורה של דו-יון

בין חלקיקי ואלין יש קשרים יוניים (משיכה חשמלית בין הקבוצות הטעונות מטען חיובי לבין הקבוצות הטעונות מטען שלילי).

הקשרים היוניים בין חלקיקי ואלין חזקים יותר מקשרי המימן שבין מולקולות הגלוקוז, לכן טמפרטורת ההיתוך של ואלין גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של גלוקוז.

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

הציון נמוך במיוחד. אפשר למיין את הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה לארבעה סוגים:

1. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא חוסר ידע והבנה לגבי המבנה החלקיקי של חומצות אמיניות במצב מוצק (דו-יון) והתייחסות לואלין כאל חומר מולקולרי:

• "לואלין ענן אלקטרונים גדול יותר ושטח פנים פרוס יותר, לכן קשרים בין מולקולריים חזקים יותר."

• "לגלוקוז יש פחות אתרים לקשרי מימן מאשר לואלין."

2. חוסר הבחנה בין קשרים בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים:

• "לואלין קשרים פפטידיים שהם חזקים יותר מהקשרים הגליקוזידיים שבגלוקוז."

• "הקשרים הגליקוזידיים בין מולקולות גלוקוז חלשים מהקשרים בין מולקולריים בין מולקולות ואלין."

3. בלבול בין מסיסות במים לבין תהליך היתוך:

• "גלוקוז יוצר פחות קשרי מימן עם מולקולות המים מאשר ואלין."

4. חוסר הבנה של תהליך ההיתוך ברמה מיקרוסקופית. התייחסות לתהליך ההיתוך כאל תהליך הפירוק של מולקולות, תוך בלבול בין קשרים קוולנטיים לכוחות בין מולקולריים:

• "הקשרים במולקולת ואלין חזקים מהקשרים במולקולת גלוקוז. לכן קשה יותר לפרק את מולקולת ואלין."

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

רוב התרכובות שתלמידים מקבלים כדוגמאות של חומרים יוניים הן תרכובות הבנויות מיוני מתכת

ויוני אל-מתכת. הדוגמאות היחידות של תרכובות יוניות, שבהן יונים חיוביים הם לא יוני מתכת, הם

יוני אמוניה, NH4+ , ויוני אמינים, כגון CH3NH3+ .

לכן מומלץ כבר בנושא "מבנה וקישור" להרחיב את מאגר הדוגמאות של חומרים יוניים ולהשתמש בתרגילים, שבהם תלמידים נדרשים לנסח תהליכי היתוך והמסה במים של החומרים האלו. לשם

הבנה שיון הוא חלקיק בעל עודף או חוסר אלקטרונים, ואינו חייב להיות מתכת או אל-מתכת, אפשר לתת תרגילים שבהם תלמידים נדרשים לזהות לפי נוסחת לואיס את מטען החלקיק. למשל:

נתונים החלקיקים הבאים:

H

H:N:H

: :

H

: :

H:N:N:H

: :

H

H

: :

H:C:N:H

: :

H

H

H

:C:::N:

H

: :

H:C:C:

: :

H

H

H

H

: :

H:N:N

: :

H

H

H

H:N:H

: :

H

: :

H:C:C:H

: :

H

H

H

א. ציין את המטען של כל חלקיק.

ב. רשום נוסחאות של התרכובות שמתקבלות מצירופי היונים שציינת בסעיף א.

ג. קבע את סוג הקשר:

i בתוך כל חלקיק. נמק.

ii בין החלקיקים. נמק.

ד. נסח תהליכי היתוך והמסה במים של התרכובות שאת נוסחאותיהן רשמת בסעיף ב.

דרך נוספת למנוע טעויות מסוג זה היא להתקדם ל"דואליות חומצה-בסיס של חומצות אמיניות" באופן הדרגתי, כלומר:

1. תגובות בין אמוניה לחומצות שונות, כולל חומצות קרבוקסיליות, למשל:

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

NH3(g) + H3O+(aq) → NH4+(aq) + H2O(l)

מחיבור של שני ניסוחים אלה ניתן לקבל תגובה עם מעבר פרוטון:

NH3(g) + CH3COOH(aq)  → NH4+(aq) + CH3COO−(aq)

2. תגובות בין חומצות שונות, כולל חומצות קרבוקסיליות, לאמינים שונים, למשל:

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

CH3NH2 (g) + H3O+(aq) → CH3NH3+(aq) + H2O(l)

מחיבור של שני ניסוחים אלה ניתן לקבל תגובה עם מעבר פרוטון:

CH3NH2(g) + CH3COOH(aq) → CH3NH3+(aq) + CH3COO−(aq)

3. התנהגות של חומצות אמיניות בסביבה בסיסית וחומצית:

+H3N − CH − COOH

CH(CH3)2

 H2N − CH − COO−

CH(CH3)2

+H3N − CH − COO−

CH(CH3)2

OH−(aq) H3O+(aq)

 אפשר לבקש מהתלמידים "להמחיש" כל אחד מהמעברים על ידי תגובות ספציפיות.

קישורים לאנימציות ולסרטונים שיכולות להמחיש היווצרות של דו-יון:

<http://www.youtube.com/watch?v=a-nHxrll_Yk>

<http://yteach.com/page.php/resources/view_all?id=amino_acid_structure_nomenclature_protein_optical_isomerism_isoelectric_point_electrophoresis_peptide_bond_t_page_2&from=search>

סעיף ב' (הציון 77)

לפניך נוסחת מבנה של טטראפפטיד - פפטיד הבנוי מארבע יחידות של חומצות אמיניות.

CH3

CH

OH

H

CH

N

C

CH

N

C

OH

CH2

C

N

C

CH

H2N

O

O

O

O

CH3

H

H

CH2

CH2

CH3

**77**

**79**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 79)**

מהו סוג הקשר בין היחידות של החומצות האמיניות בטטראפפטיד?

**תשובה:**

קשר אמידי (או: קשר פפטידי; או: קשר קוולנטי).

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

בתת-סעיף זה הופיעו טעויות נפוצות משני סוגים עיקריים:

1. ציון קשרי מימן כסוג הקשר בין היחידות של החומצות האמיניות:

• "קשר בין יחידות של חומצות אמיניות הוא קשר מימני."

הסיבה לטעות זו היא שתלמידים לא מתייחסים לקשר גליקוזידי כאל קשר קוולנטי, שהוא קשר תוך מולקולרי, או שפשוט לא הפנימו שבכל המקרים שהם למדו (מלבד רב-סוכרים), קשרי מימן הם קשרים בין מולקולריים.

סיבה נוספת לטעות זו היא שחלק מהתלמידים לומדי ביולוגיה יודעים שקשרי מימן כן נוצרים בין יחידות של חומצות אמיניות - מבנה שניוני ושלישוני של חלבון. לכן רצוי להתייחס לנקודה זו לפחות במסגרת של העשרה.

2. חוסר הבחנה בין מקרים שונים של קשר קווולנטי בתרכובות אורגניות (פחמימות וחלבונים):

• "קשר בין יחידות של חומצות אמיניות הוא קשר גליקוזידי."

הסיבה לטעות זו היא בכך שתלמידים לאורך כל התוכנית נחשפים למושג קשר קוולנטי (קוטבי או לא קוטבי), אך מעט מאוד ל"מקרים" ספציפיים של קשרים אלה בחומרים אורגניים.

מומלץ לסכם את המקרים השונים של קשרים קוולנטיים בחומרים אורגניים:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| קשרים קוולנטייםבחומרים אורגניים | נוסחה כללית של הקשר | דוגמה |
| אתרי |  ⎯O⎯ | H3C⎯O⎯CH3 |
| אסטרי |  | ⎯C⎯O⎯OOOH⎯C⎯N⎯OHOOHOHCH2OHHHHHOHOOHOHCH2OHHHHHOH3C CH3 ⎯C⎯O⎯OH2N⎯CH2 CH2⎯COOHH⎯C⎯N⎯O |
| גליקוזידי |  |  |
| אמידי |  |  |

**תת-סעיף ii (הציון 77)**

רשום את נוסחאות המבנה של החומצות האמיניות שמהן נוצר הטטראפפטיד.

**תשובה:**

H

OH

N − C − C

H

H

H

O

CH2

OH

N − C − C

H

H

H

O

OH

CH3

OH

N − C − C

H

H

H

O

H3C

CH3

CH

OH

N − C − C

H

H

H

O

CH2

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

הטעות העיקרית בתת-סעיף זה היא כתיבת נוסחה שגויה של הקבוצה הקרבוקסילית:

***H***

***N − C − C−O−O−H***

***H***

***H***

***H***

טעות נוספת היא חוסר של קבוצת −CH2 בנוסחה:

***N − C***

***H***

***H***

***OH***

***O***

סעיף ג' (הציון 78)

אלטרוז הוא איזומר של גלוקוז.

לפניך נוסחת הייוורת של דו-סוכר המורכב מאלטרוז ומ- β-גלוקוז.

 H

 H

OH

O

OH

OH

CH2OH

H

H

H

OH

O

H

H

 H

CH2OH

H

H

HO

O

HO

**83**

**75**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 75)**

במה שונה המבנה של מולקולת אלטרוז מהמבנה של מולקולת β-גלוקוז?

**תשובה:**

- בטבעת של אלטרוז, קבוצת-OH שעל אטום פחמן C−2 נמצאת מעל מישור הטבעת (או: פונה כלפי מעלה), ואילו בטבעת של β-גלוקוז היא נמצאת מתחת למישור הטבעת (או: פונה כלפי מטה).

- בטבעת של אלטרוז, קבוצת-OH שעל אטום פחמן C−3 נמצאת מתחת מישור הטבעת (או: פונה כלפי מטה), ואילו בטבעת של β-גלוקוז היא נמצאת מעל למישור הטבעת (או: פונה כלפי מעלה).

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא תשובות חלקיות: התלמידים כותבים שיש שוני בעמדות של

קבוצות-OH שעל אטומי C−2 ו- C−3 , אך לא מפרטים את המיקום של קבוצות-OH .

**תת-סעיף ii (הציון 83) תשובה:**

H

H

O

CH2OH

C

C

C

C

C

 H

 H

 OH

 HO

OH

OH

H

CH2OH

C

C

C

C

C

H

O

 H

OH

 H

 H

 H

OH

OH

HO

לפניך נוסחת פישר של גלוקוז.

רשום נוסחת פישר של אלטרוז.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחת פישר של אלטרוז. הטעויות שאותרו הן נוסחאות עם הבדל אחד בלבד במיקום של קבוצות-OH : על אטום C−2 או על אטום C−3 .

מומלץ להדגיש את ההיבטים המרחביים במבנה של חד-סוכרים על ידי שימוש במודלים שונים המאפשרים מעבר בין צורות טבעתיות לבין צורות פתוחות. לדוגמה:

הערה: התלמידים לא חייבים להכיר את המונחים: אפימר, דיאמר.

סעיף ד' (הציון 67)

אמילוז הוא רב-סוכר המצוי בצמחים. כיטין הוא רב-סוכר המצוי בשריון של עקרבים.

לפניך נוסחאות הייוורת של שני קטעים - קטע ממולקולה של עמילוז וקטע ממולקולה של כיטין.

H

O

OH

OH

CH2OH

H

H

H

H

O

H

O

OH

OH

CH2OH

H

H

H

H

O

H

O

OH

OH

CH2OH

H

H

H

H

O

H

O

OH

OH

CH2OH

H

H

H

H

O

O

NHCOCH3

O

CH2OH

H

H

OH

H

H

NHCOCH3

H

O

O

OH

CH2OH

H

H

H

H

O

H

NHCOCH3

O

CH2OH

H

H

OH

H

H

NHCOCH3

H

O

O

OH

CH2OH

H

H

H

H

O

H

O

**עמילוז**

## כיטין

לפניך חמישה מאפייני מבנה, e-a , של מולקולות של רב-סוכרים.

a. המולקולות בנויות מיחידות זהות החוזרות על עצמן.

b. היחידות החוזרות במולקולות הן גלוקוז.

c. מספר היחידות החוזרות במולקולות אינו קבוע.

d. תבנית הקשר בין היחידות החוזרות במולקולות היא α .

e. היחידות החוזרות במולקולות הפוכות זו לזו.

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**69**

**64**

**66**

**תת-סעיף i (הציון 69) תשובה:**

איזה (אילו) מן המאפיינים מתאים (מתאימים) רק למולקולות של עמילוז? b , d

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

**תת-סעיף ii (הציון 64) תשובה:**

איזה (אילו) מן המאפיינים מתאים (מתאימים) רק למולקולות של כיטין? e

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

**תת-סעיף iii (הציון 66) תשובה:**

איזה (אילו) מן המאפיינים מתאים (מתאימים) גם למולקולות של a , c

 עמילוז וגם למולקולות של כיטין?

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

הטעויות שהופיעו בסעיף ד' נובעות מחוסר יכולת ליישם את הידע הנרכש בנושא. חלק מהתלמידים התקשו לייחס את מאפייני המבנה של רב-סוכרים למבנה של עמילות וכיטין.

כדי להימנע מטעויות באפיון מבנה של רב-סוכרים ניתן להשתמש במצגות ובסיכומים רבים, למשל:

חומרים באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=151>

דגם הוראה "פחמימות", בדף:

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

מצגת "פחמימות לטוב ולרע", שבאתר קבוצת הכימיה של הטכניון, בדף:

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

אנו ממליצים לפתור עם התלמידים שאלות מהחוברת "שאלות לתרגול בנושאי המבנית "טעם של כימיה": סוכרים וחלבונים, ברמות חשיבה מגוונות", שהוכנה בסדנה לפיתוח משימות מבחן למבניות מתוך תוכנית הלימודים החדשה בכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע. החוברת

מכילה גם שאלות העמקה והעשרה. הקישור נמצא באתר המפמ"ר:

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

**נספח:**

**הצעת תבנית לפתרון שאלות שבתשובה עליהן נדרשת**

**השוואה בין טמפרטורות רתיחה של חומרים**

בניתוח של מספר שאלות, שבתשובה עליהן נדרשת השוואה בין טמפרטורות רתיחה של חומרים מולקולריים, המלצנו לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון בצורת טבלה (שאלה 2, תת-סעיף א ii; שאלה 3, תת-סעיף ד ii; שאלה 5, תת-סעיף א i ותת-סעיף ב ii.

אנו מביאים תבנית שעשויה לעזור בפעילות זו:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | החומר |
| שניהם חומרים מולקולריים | סוג החומר |
|  |  | נוסחה מולקולריתשל מולקולת החומר |
|  |  | נוסחת מבנה של מולקולת החומר |
|  | גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים |
|  |  | קוטביות של מולקולות החומר |
|  |  | סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
|  | חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
|  | טמפרטורות רתיחה של החומרים |