**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית

###### אגף מדעים

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

שאלון 37303 תשע"ג 2013

שאלה 5

מבנה וקישור, חמצון-חיזור

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' תת-סעיף i

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**

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**

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' תת-סעיף i

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**

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' תת-סעיף i

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**

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'

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>