

**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

**המזכירות הפדגוגית**

**אגף מדעים**

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה

השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד תשע"ב

שאלונים 037201 , 037202 , 037203

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

**במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה**

**בראשות: זיוה בר-דב**

**צוות הכתיבה: חני אלישע**

**אסתר ברקוביץ**

**ידידה גוטליב**

**מוחמד גרה**

**קלודיה סאדר**

**אלה פרוטקין-זילברמן**

**מיכאל קויפמן**

**עדינה שינפלד**

**נאוה תמם**

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

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

**פברואר 2013**

# תוכן עניינים

• מבוא 3

• נושא חובה: אנרגטיקה ודינמיקה 7

• ברום ותרכובותיו 30

• פולימרים 49

• כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה 67

• כימיה אורגנית מתקדמת 88

• כימיה של חלבונים וחומצות גרעין 110

• כימיה של הסביבה 131

• אנרגטיקה ודינמיקה שלב שני 146

• מיומנויות בנושאי מעבדות חקר 165

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה

השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד תשע"ב

שאלונים 037201 , 037202 , 037203

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

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

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

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

ניתוח בגרות תשס"ט מופיע באתר המפמ"ר:

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

הניתוח 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 לבחינת השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד 6275 תלמידים.

בטבלה הבא מוצגים ציונים ממוצעים על פי ממצאי מכון סאלד:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| שאלון | מספר  נבחנים | ציון ממוצע | | |
| בחינה | שנתי | סופי |
| 037201 | 497 | 74 | 86 | 79 |
| 037202\* | 1320 | 69 | 83 | 76 |
| 037203\* | 4426 | 71 | 87 | 79 |
|  | סה"כ  6243 | ממוצע משוקלל  71 |  |  |

\* ללא ציוני מעבדה

**התפלגות ציוני הבחינה על פי הממצאים של מכון סאלד**

**שאלון 037201**

41-54

9%

0-40

4%

55-84

55%

85-100

32%

**שאלון 037202**

41-54

11%

0-40

12%

55-84

49%

85-100

28%

**שאלון 037203**

41-54

10%

0-40

11%

55-84

45%

85-100

34%

בטבלה הבאה מופיעים ממוצעים משוקללים של הציונים בשלושת

השאלונים: 37201 , 37202 , 37203 , על פי ממצאים סטטיסטיים שדווחו

על ידי מכון סאלד. ממצאים אלה מתבססים על 6243 נבחנים.

ציון ממוצע משוקלל של הבחינה 71

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| הנושא | | נושא חובה:  אנרגטיקה  ודינמיקה | | ברום  ותרכובותיו | | פולימרים | | כימיה פיזיקלית -  מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה | |
| מס' שאלה | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ציון ממוצע | | 70 | 76 | 62 | 60 | 72 | 69 | 74 | 76 |
| % תלמידים  שבחרו בשאלה | | 62% | 38% | 7% | 3.5% | 39% | 27% | 14% | 6% |
| %  תלמידים  שציונם | 100-85 | 35 | 47 | 26 | 28 | 39 | 25 | 39 | 46 |
| 55-84 | 42 | 36 | 37 | 28 | 39 | 51 | 42 | 37 |
| 54-0  (40-0) | 23  (14) | 17  (10) | 37  (22) | 44  (28) | 22  (12) | 24  (13) | 19  (9) | 17  (10) |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| הנושא | | כימיה  אורגנית  מתקדמת | | כימיה של  חלבונים וחומצות גרעין | | כימיה של הסביבה | | אנרגטיקה ודינמיקה שלב שני | | מיומנויות בנושאי מעבדות חקר |
| מס' שאלה | | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| ציון ממוצע | | 71 | 53 | 59 | 69 | 64 | 76 | 62 | 66 | 67 |
| % תלמידים  שבחרו בשאלה | | 6% | 2% | 3% | 9% | 3% | 10% | 2% | 1.5% | 5% |
| %  תלמידים  שציונם | 100-85 | 31 | 14 | 17 | 25 | 31 | 34 | 20 | 24 | 21 |
| 55-84 | 50 | 40 | 39 | 50 | 34 | 54 | 45 | 47 | 56 |
| 54-0  (40-0) | 19  (12) | 46  (35) | 44  (24) | 25  (11) | 35  (18) | 12  (3) | 35  (24) | 29  (17) | 23  (10) |

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

**תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר!**

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 CuSO4·5H2O(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.

אנרגטיקה ודינמיקה

שאלה 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **76** | **69** | **70** | 70 |

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

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

41-54

9%

0-40

14%

55-84

42%

85-100

35%

**59**

**78**

**76**

**68**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לקבוע מהי המערכת ומהי הסביבה בניסוי המתואר בשאלה.

⮘ להכיר את המושג: אנרגיית שפעול. לדעת שהצתה של תערובת הגזים נעשית במטרה לספק את אנרגיית השפעול.

⮘ להכיר את המושג: אנרגיה פנימית של חומרים.

⮘ לקבוע אם אנרגיה פנימית של תוצרים גבוהה או נמוכה מזו של מגיבים, על פי סוג התגובה.

⮘ להכיר את המושג: אנרגיה קינטית.

⮘ לקבוע אם אנרגיה קינטית של חומר עלתה או ירדה, על פי תיאור הניסוי.

⮘ להכיר את המושג: קיבול האנרגיה הסגולי (c) של חומר.

⮘ לחשב את הפרש הטמפרטורה על פי הנוסחה: q = mcΔt .

⮘ להכיר את המושגים: אנטרופיה, שינוי האנטרופיה במערכת.

⮘ להעריך אם האנטרופיה במערכת עולה, יורדת או כמעט לא משתנה במהלך התגובה באמצעות השוואה של מספר מולי גז במגיבים ובתוצרים.

⮘ לנתח מידע המוצג בגרפים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

בשנים האחרונות התגלו לאורך חופי הארץ מאגרי ענק של גז טבעי. גז טבעי הוא תערובת גזים שהמרכיב העיקרי בה הוא מתאן, CH4(g) , שמשתמשים בו כדלק.

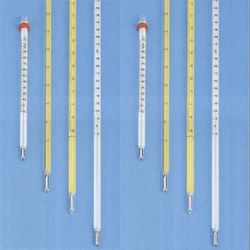
נתונה תגובת שרֵפה של מתאן:

(1) CH4(g) + 2O2(g) → CO2(g) + 2H2O(l)

ביצעו שני ניסויים I , II .  
ניסוי I: לכלי סגור A הכניסו 0.16 גרם CH4(g) וכמות מספקת של חמצן, O2(g) .

הכניסו את כלי A לתוך מכל מבודד B , המכיל 500 גרם מים, H2O(l) , בטמפרטורת של 250C (ראה תרשים).

**A**



**B**

מד חום

הציתו את תערובת הגזים בכלי A , והתרחשה תגובה (1). במהלך התגובה עברו 8.88 kJ למים שבמכל B .

מדדו את טמפרטורת המים במכל B מרגע ההצתה במשך 30 דקות. החל מהדקה ה- 11 עד סיום המדידות טמפרטורת המים במכל B נשארה קבועה.

סעיף א' (הציון 59)

**49**

**75**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 75)

מהי המערכת, ומהי הסביבה בניסוי I ?

**התשובה:**

המערכת: החומרים הנמצאים בכלי A : המגיבים והתוצרים.

הסביבה: המים שבמכל B.

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר הבנה של המידע הנתון בשאלה ומחוסר ידע - מהי המערכת ומהי הסביבה.

חלק מהתלמידים מתייחסים לכלי כאל מערכת או כאל סביבה ומתעלמים מהחומרים הנמצאים בכלי:

• "המערכת היא כלי ***A***, והסביבה היאכלי ***B***."

טעות נוספת היא התייחסות למערכת ולסביבה כאל תהליכים המתרחשים בכלים, גם אם קבעו נכון באיזה כלי נמצאת המערכת ובאיזה - סביבה, וגם אם טעו בקביעה:

• "המערכת היא תגובה המתרחשת בכלי ***A***."

• "המערכת היא תהליך חימום המים בכלי ***B***, הסביבה היא תהליך השריפה בכלי ***A***."

כדי למנוע טעויות מסוג זה מומלץ להדגיש שהמערכת מכילה מגיבים לפני התרחשות התגובה והתוצרים לאחר התרחשות התגובה. הדגש הוא על החלקיקים המרכיבים את המגיבים ואת התוצרים. מומלץ ללמד את התלמידים להבחין בין המערכת לבין התהליך המתרחש.

תת-סעיף ii (הציון 49)

הסבר מדוע בניסוי I היה צורך להצית את תערובת הגזים בכלי A כדי שתתרחש תגובה (1).

**התשובה:**

לתגובת השרפה של מתאן אנרגיית שפעול גבוהה.

כאשר מציתים את תערובת הגזים בכלי A , ליותר מולקולות יש אנרגיה קינטית גבוהה מאנרגיית השפעול, יש יותר התנגשויות פוריות, ולכן התגובה מתרחשת.

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

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

⬩ הסברים כלליים ללא אזכור של אנרגיית שפעול:

• "היה צורך להוסיף אנרגיה על מנת שהתגובה תתרחש."

⬩ הסברים חלקיים ללא התייחסות להתנגשויות:

• "לכל תגובה יש אנרגיית שפעול."

• "יש להשקיע אנרגיה – אנרגיית שפעול."

⬩ חוסר הבחנה בין גורמים תרמודינמיים לבין גורמים קינטיים:

• "תגובת שריפה היא לא ספונטנית, לכן דרושה אנרגיית שפעול."

⬩ חוסר הבחנה בין זרז לבין אנרגיית שפעול:

• "הצתה משמשת זרז לתגובה."

• "הניצוץ הוא זרז."

⬩ הסברים שגויים הנובעים מחוסר ידע והבנה של הנושא:

• "כלי ***A***הוכנס לכלי ***B***המבודד. אין מעבר אנרגיה ואין מעבר חומרים, לכן יש צורך בהצתה."

• "התגובה היא אנדותרמית, לכן צריך להוסיף אנרגיה, כדי שהתגובה תתרחש."

מומלץ להדגים לתלמידים תגובות ספונטניות המתרחשות בתנאי החדר בקצב שונה:

(1) 2Na(s) + H2O(l) → 2Na+(aq) + 2OH−(aq) + H2(g)

התגובה מתרחשת בצורה נמרצת מיד לאחר ערבוב המגיבים.

> 0 ייקוםΔSo קצב התגובה גבוה אנרגיית שפעול נמוכה

(2) 2Fe(s) + 1.5O2(g) + 3H2O(l) → Fe2O3**·**3H2O(s)

התגובה מתרחשת באיטיות.

> 0 ייקוםΔSo קצב התגובה נמוך אנרגיית שפעול גבוהה

מומלץ להבהיר לתלמידים שתרמודינמיקה קובעת אם התהליך ספונטני או לא ספונטני,

קינטיקה קובעת מהו הקצב של תהליך ספונטני.

מומלץ להרבות בתרגילים הדורשים עבודה עם גרפים. לדוגמה:

1. נתונים שני גרפים I ו- II :

אנרגיה

התקדמות התגובה

אנרגיה

התקדמות התגובה

**I II**

א. בכל אחד מהגרפים סמנו: מגיבים, תוצרים, אנרגיית שפעול, ΔHo של התגובה.

ב. לכל אחת משתי התגובות המתוארות בגרפים ציירו גרף המתאר את התגובה ההפוכה.

ג. קבעו עבור כל אחד מהגרפים אם הוא מתאר תגובה אנדותרמית או תגובה אקסותרמית.

2. נתון גרף המכיל שתי עקומות I-II , המתארות אותה תגובה.

קבעו איזו עקומה מתארת התרחשות התגובה ללא זרז, ואיזו עקומה - עם זרז. נמקו.

אנתלפיה

I

II

סעיף ב' (הציון 78)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**74**

**84**

**77**

תת-סעיף i (הציון 74)

קבע אם האנרגיה הפנימית של התוצרים בתגובה (1) גבוהה מהאנרגיה הפנימית של המגיבים,

נמוכה ממנה או שווה לה. נמק.

**התשובה:**

האנרגיה הפנימית של תוצרי התגובה נמוכה מהאנרגיה הפנימית של המגיבים,

כי עברה אנרגיה מהמערכת בכלי A למים במכל B (או: תגובה אקסותרמית).

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

בתת-סעיף זה הופיעו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

⬩ הנחה שהאנרגיה עוברת ממגיבים לתוצרים:

• "האנרגיה הפנימית של התוצרים גבוהה יותר, כי התגובה אקסותרמית, שבמהלכה האנרגיה עוברת מהמגיבים לתוצרים."

⬩ הבנה שגויה של חוק שימור האנרגיה:

• "בתגובה זו האנרגיה הפנימית של התוצרים שווה לזו של המגיבים בגלל חוק שימור האנרגיה."

⬩ חוסר הבחנה בין גורמים תרמודינמיים לבין גורמים קינטיים:

• "גבוהה יותר לתוצרים, כי הציתו את התערובת - סיפקו לה אנרגיה."

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי:

⬩ חוסר הבחנה בין אנרגיה פנימית של החומרים לבין אנטרופיית המערכת:

• "***3*** מול גז הופכים למול אחד של גז ול- ***2*** מול נוזל. לכן האנטרופיה של המערכת יורדת, ז.א. האנרגיה הפנימית יורדת."

⬩ אי-הבחנה בין מערכת לסביבה:

• "המים הם התוצרים וגם הסביבה. האנרגיה עוברת מן המערכת אל הסביבה, לכן האנרגיה הפנימית של הסביבה - התוצרים עולה."

במטרה למנוע טעויות הנגרמות מכך שחלק מהתלמידים סבורים, שהאנרגיה עוברת ממגיבים לתוצרים, מומלץ לעבור עם התלמידים על הגרפים המופיעים בעמוד61 בספר הלימוד "אנרגיה בקצב הכימיה" מאת ד"ר מרים כרמי וד"ר אדית וייסלברג. כהעמקה, אפשר לפתור עם התלמידים תרגילים של חישובים עם אנרגיות קשר.

טעות המצביעה על חוסר הבחנה בין אנרגיה פנימית של החומרים לבין אנטרופיית המערכת, קשורה לכך שעלייה במספר מולים של גז גורמת גם לעליית האנטרופיה של המערכת וגם לעלייה של האנרגיה הפנימית. לכן, בנוסף להסבר המשמעות של כל אחד מהמושגים האלה, מומלץ להדגיש את ההבדלים ביניהם. לשם כך אפשר לבנות יחד עם התלמידים טבלאות מסכמות, כגון:

**השפעת חימום ומספר חלקיקים על אנרגיה פנימית ואנטרופיה של המערכת**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| שינוי | אנרגיה פוטנציאלית | | אנרגיה קינטית | | אנרגיה  פנימית | אנטרופיה | |
| שינוי | פירוט | שינוי | פירוט | שינוי | פירוט |
| חימום | לא משתנה | לא משתנה מספר חלקיקים ומספר אינטר-אקציות. | עולה | חלקיקים נעים מהר יותר ר/או גדל מספר סוגי תנועה של חלקיקים (שינוי מצב צבירה). | עולה | עולה | - הוספת אנרגיה למערכת על ידי חימום.  - עלייה במספר תיאורים מיקרוסקופיים אפשריים של המערכת.  - אפשרויות רבות יותר לתאר את פיזור האנרגיה. |
| עלייה במספר חלקיקים  (מולים) | עולה | עלייה:  - של מספר חלקיקים  - של מספר אינטר-אקציות. | לא משתנה | אין שינוי:  - במהירות התנועה של חלקיקים.  - במספר סוגי תנועה. | עולה | עולה | - הגדלת מספר חלקיקים  - הגדלת מספר אפשרויות לתאר את מיקום החלקיקים במערכת.  - אפשרויות רבות יותר לתאר את פיזור החלקיקים. |

תת-סעיף ii (הציון 84)

קבע אם האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות המים במכל B עלתה, ירדה או לא השתנתה

ב- 10 הדקות הראשונות של ניסוי I. נמק.

**התשובה:**

האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות המים בכלי B עלתה, כי עברה אנרגיה מהמערכת בכלי A למים במכל B .

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

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לקבוע אם אנרגיה קינטית של חומר עלתה או ירדה, על פי תיאור הניסוי. יחד עם זאת הופיעו תשובות שגויות, ללא אזכור של מעבר האנרגיה מהמערכת אל המים שבכלי B :

• "האנרגיה הקינטית הממוצעת לא השתנתה, מכיוון שהתגובה התרחשה בכלי ***A*** ."

טעות נוספת שאותרה היא התייחסות לשינוי באנרגיה קינטית ממוצעת כאל שינוי המתרחש רק כשמשתנה מצב צבירה של החומר:

• "האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות המים בכלי ***B*** לא השתנתה, כי לא היה שינוי במצב צבירה של המים."

תת-סעיף iii (הציון 77)

4.18

J

gr·oC

קיבול האנרגיה הסגולי של המים הוא . חשב את הטמפרטורה של המים שנמדדה

במכל B בסיום המדידות. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

8880 J = 500 gr × 4.18 × ΔT

q = mcΔT

q = 8.88 kJ = 8880 J

ΔT =

8880

500 × 4.18

= 4.25 oC

Tסופי = 25oC + 4.25oC = 29.25oC

J

gr·oC

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

רוב התלמידים ידעו לחשב את הפרש הטמפרטורה על פי הנוסחה: q = mcΔT , ולאחר מכן את הטמפרטורה הסופית של המים במכל B . יחד עם זאת הופיעו טעויות, בעיקר אי-חישוב של השלב האחרון - הטמפרטורה הסופית ואי-התאמת יחידות.

סעיף ג' (הציון 76)

בניסויII חזרו על ניסוי I , בהבדל אחד: מכל B הכיל 500 גרם של גליצרול, C3H8O3(l) .

2.4

J

gr·oC

קיבול האנרגיה הסגולי של גליצרול הוא: . קבע אם טמפרטורת הגליצרול שנמדדה

בסיום ניסוי II הייתה גבוהה מטמפרטורת המים שנמדדה בסיום ניסוי I , נמוכה ממנה או

שווה לה. נמק את קביעתך.

**התשובה:**

טמפרטורת הגליצרול הייתה גבוהה יותר.

כמות האנרגיה שעברה לנוזל שבמכל B זהה בשני הניסויים. גם מסת הנוזל זהה בשני הניסויים. קיבול האנרגיה הסגולי של גליצרול קטן מזה של המים, ולכן שינוי הטמפרטורה יהיה גדול יותר.

q = mcΔT mc1ΔT1 = mc2ΔT2 או:

כאשר c2 קטן מ- c1 , ΔT2 יהיה גדול מ- ΔT1.

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

רוב התלמידים הצליחו לנתח את נתוני השאלה, להשוות בין הגורמים בשני הניסויים ולהסיק מסקנה נכונה. הטעויות שאותרו הן:

⬩ חוסר התייחסות לכך שמסת הנוזל וכמות האנרגיה שעברה לנוזל שבמכל B זהות בשני הניסויים.

⬩ חוסר הבנה של המושג "קיבול האנרגיה הסגולי":

• "טמפרטורת הגליצרול נמוכה יותר מטמפרטורת המים, מפני שלגליצרול קיבול האנרגיה הסגולי קטן יותר. אם הוא מקבל פחות אנרגיה, אז הטמפרטורה תהיה נמוכה יותר."

הסיבה לרוב הטעויות מסוג זה היא חוסר הבנה של המושג "קיבול האנרגיה הסגולי" - אנרגיה הנדרשת לחימום 1 גרם חומר במעלה אחת.

על פי הנוסחה q = mcΔT אם m=1 gr , ΔT=1oC אז q = c

כדי להמחיש את המושג "קיבול האנרגיה הסגולי" מומלץ לבצע עם התלמידים את האנימציה הבאה:

<http://oceanservice.noaa.gov/education/pd/oceans_weather_climate/media/specific_heat.swf>

שאלות לתרגול:

1. ביום חם, חול על שפת הים "שורף" את כפות הרגליים ואנו רצים למים כדי להתקרר.

מדוע מי ים מקררים אותנו, הרי גם חול וגם מי ים מתחממים מאותה שמש?

התשובה:

קיבול האנרגיה הסגולי של חום נמוך מזה של מים. שני החומרים מקבלים אותה כמות אנרגיה

מהשמש (לאותה מסה), אך טמפרטורת החול עולה הרבה יותר מאשר טמפרטורת המים.

2. אתמול היה יום חם. היום בבוקר ילדים הלכו לבריכה פתוחה. לפני שהם קפצו למים, היה להם קר, אך להפתעתם המים היו חמימים ונעימים. הסבירו מדוע.

התשובה:

קיבול האנרגיה הסגולי של מים גדול מזה של אוויר. לאחר ששניהם קיבלו אתמול אותה כמות

אנרגיה מהשמש (לאותה מסה), במשך הלילה מים התקררו פחות מאשר אוויר.

3. באותה פלטה חשמלית חיממו מים, ברזל ונחושת. מסות החומרים היו זהות. נתון:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| החומר | מים | ברזל | נחושת |
| קיבול אנרגיה סגולי של החומר | 4.18 | 0.460 | 0.385 |

א. לפניך גרף המכיל שלוש עקומות I , II , III המתארות באופן סכמתי את עליית

J

gr·oC

הטמפרטורה של כל חומר במהלך החימום.

טמפרטורה

oC

זמן (דקות)

0

I

II

III

התאם את החומרים הנתונים לעקומות שבגרף. נמק.

התשובה:

I - נחושת II - ברזל III - מים

ככל שקיבול אנרגיה סגולי של חומר קטן יותר, עליית הטמפרטורה ביחידת זמן גדולה יותר.

q = mcΔT q1 = q2 mc1ΔT1 = mc2ΔT2 או:

אם m1 = m2 , כאשר c1 > c2 , ΔT1 <ΔT2

ב. חיממו מים בכלי נחושת.

לפניך גרף המכיל שתי עקומות המתארות באופן סכמתי את עליית הטמפרטורה של מים

ושל כלי נחושת במהלך החימום.

טמפרטורה

oC

זמן (דקות)

0

מים

כלי נחושת

קבע אם מסת המים גדולה ממסת כלי הנחושת, קטנה ממנה או שווה לה. נמק.

התשובה:

מסת המים קטנה ממסת כלי הנחושת.

על פי הגרף, עליית הטמפרטורה של המים ביחידת זמן שווה לעליית הטמפרטורה של כלי הנחושת.

קיבול אנרגיה סגולי של המים גדול מזה של נחושת, לכן מסת המים קטנה ממסת כלי הנחושת.

q = mcΔT q1 = q2 mc1ΔT1 = mc2ΔT2 או:

אם ΔT1 = ΔT2 , כאשר c1 > c2 , m1 < m2

סעיף ד' (הציון 68)

נתונה תגובה (2):

(2) CH4(g) + 2O2(g) → CO2(g) + 2H2O(g)

לפניך שלושה איורים c , b , a המציגים באופן סכמתי את שינוי האנטרופיה במערכת, מערכתΔSo .

**a b c**

תוצרים

מגיבים

350

600

So

J

K

( )

תוצרים

מגיבים

So

J

K

( )

350

600

900

תוצרים

מגיבים

350

600

So

J

K

( )

קבע איזה מהאיורים c , b , a מציג נכון את מערכתΔSo  בתגובה (1), ואיזה מהאיורים מציג נכון

את מערכתΔSo  בתגובה (2). נמק.

**התשובה:**

איור c מתאים לתגובה (1).

בתגובה (1) יש ירידה במספר המולים של גז (או: במגיבים יש 3 מול גז ובתוצרים יש 1 מול גז).

לכן האנטרופיה של התוצרים נמוכה מהאנטרופיה של המגיבים.

איור a מתאים לתגובה (2).

בתגובה (2) אין שינוי במספר המולים של גז

(או: במגיבים יש 3 מול גז ובתוצרים יש 3 מול גז.)

לכן שינוי האנטרופיה במערכת בתגובה (2) קטן מאוד.

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

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לנתח מידע גרפי ולהעריך נכון אם האנטרופיה במערכת עולה, יורדת או כמעט לא משתנה במהלך התגובה - באמצעות השוואה של מספר מולי גז במגיבים ובתוצרים. הטעויות אותרו בעיקר בהסברים: היו תלמידים שקבעו נכון, אך טעו בהסבר, והיו שטעו בקביעה עקב הסבר לא מתאים. הטעויות האופייניות הן:

⬩ התייחסות לגרפים הנתונים כאל ייצוג גרפי של שינוי האנתלפיה:

• "לתגובה ***(1)*** מתאים איור ***a***. אנתלפיית התוצרים נמוכה מזו של המגיבים."

• "תגובה ***(2)*** היא אקסותרמית ורמת האנרגיה של התוצרים נמוכה מזו של המגיבים, לכן כאן מתאים איור ***a***."

• "איור ***c*** מתאים לתגובה ***(1)***, מכיוון שיש מעבר אנרגיה מהמערכת לסביבה, ואנתלפיה של התוצרים תהיה נמוכה יותר."

⬩ השוואת האנטרופיה של חלק מהתוצרים, ללא התייחסות לשינוי במספר מולים של גז במהלך התגובה:

• "איור ***b*** מתאים לתגובה ***(2)***, כי ל- ***CO2(g)*** אנטרופיה גבוהה מזו של ***CO2(g)*** , ולכן לתוצרים אנטרופיה גבוהה יותר."

כדי למנוע בלבול בין גרפים שונים, כולל התייחסות לגרפים הנתונים כאל ייצוג גרפי של שינוי האנתלפיה, מומלץ לעבוד עם התלמידים על סוגים שונים של גרפים.

מומלץ לתת לתלמידים מספר תגובות עם הערכים של ΔHo ו- מערכתΔSo , ולבקש מהם לבנות עבור כל אחת מהתגובות שני גרפים: גרף המציג את שינוי האנתלפיה וגרף המציג את שינוי האנטרופיה של המערכת.

אנרגטיקה ודינמיקה

שאלה 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **80** | **76** | **75** | 76 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 76 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 38% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

7%

0-40

10%

55-84

36%

85-100

47%

**92**

**74**

**78**

**76**

**65**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לקבוע מהם המגיבים ומהם התוצרים על פי הריכוזים של מרכיבי המערכת, שנמדדו במהלך התגובה, ולנסח את התגובה.

⮘ לרשום ביטוי המתאים לחישוב של קצב התגובה ולחשב את קצב התגובה ההתחלתי.

⮘ לקבוע על פי הריכוזים של מרכיבי המערכת, שנמדדו במהלך התגובה, אם קצב התגובה גדֵל, קטֵן או לא משתנה.

⮘ להכיר מאפיינים של מצב שיווי-משקל.

⮘ לקבוע, על פי הריכוזים של מרכיבי המערכת, שנמדדו במהלך התגובה, אם המערכת הגיעה למצב שיווי-משקל.

⮘ לחשב קבוע שיווי-משקל, כשנתונים הריכוזים של מרכיבי המערכת במצב שיווי-משקל.

⮘ לדעת את תורת ההתנגשויות.

⮘ לדעת כיצד משפיע שינוי הריכוז של אחד מהמגיבים על המערכת הנמצאת במצב שווי-משקל.

⮘ לקשר בין הלחץ בכלי לבין מספר מולקולות גז הנמצאות בכלי.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

לכלי סגור, המוחזק בטמפרטורה קבועה T , הכניסו שני חומרים. בכלי התרחשה תגובה בין שני החומרים והתקבלו שני תוצרים.

בטבלה שלפניך מוצגים ריכוזי החומרים שנמדדו במהלך התגובה.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| זמן  (שניות) | [H2S(g)]  (M) | [CH4(g)]  (M) | [H2(g)]  (M) | [CS2(g)]  (M) |
| 0 | 1.00 | 0.80 | 0 | 0 |
| 10 | 0.80 | 0.70 | 0.40 | 0.10 |
| 20 | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.15 |
| 30 | 0.65 | 0.625 | 0.70 | 0.175 |
| 300 | 0.60 | 0.60 | 0.80 | 0.20 |
| 400 | 0.60 | 0.60 | 0.80 | 0.20 |

סעיף א' (הציון 92)

נסח ואזן את התגובה שהתרחשה בכלי במשך 30 השניות הראשונות.

**התשובה:**

2H2S(g) + CH4(g) → 4H2(g) + CS2(g)

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו לקבוע מהם המגיבים ומהם התוצרים על פי הריכוזים של מרכיבי המערכת, שנמדדו במהלך התגובה, ולנסח נכון את התגובה. תלמידים מעטים טעו בקביעת המגיבים והתוצרים ורשמו תגובה הפוכה.

סעיף ב' (הציון 74)

## i ii iii

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

**79**

**75**

**70**

תת-סעיף i (הציון 79)

רשום ביטוי המתאים לחישוב של קצב התגובה שהתרחשה בכלי.

**התשובה:**

אחת מהתשובות:

= קצב תגובה

1 Δ[H2]

4 Δt

− = קצב תגובה

Δ[CH4]

Δt

= קצב תגובה

Δ[CS2]

Δt

1 Δ[H2S]

2 Δt

− = קצב תגובה

או:

או:

או:

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

רוב התלמידים רשמו נכון את אחד מהביטוים לחישוב של קצב התגובה. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

⬩ רישום ביטוי שלקבוע שיווי-משקל במקום ביטוי לחישוב של קצב התגובה.

⬩ אי-רישום מקדם בביטוי לחישוב של קצב התגובה.

⬩ אי-רישום סימן מינוס בביטוי לחישוב של קצב התגובה.

⬩ רישום סכום הביטוים של שני המגיבים או של שני התוצרים.

תת-סעיף ii (הציון 75)

חשב את קצב התגובה ההתחלתי (ב- 10 השניות הראשונות). פרט את חישוביך.

**התשובה:**

אחד מהחישובים, בהתאם לתשובה בתת סעיף ב i:

1 0.8 − 1.0 −0.2 M

2 10 20 sec

− × = − = 0.01 = קצב תגובה

10 10 sec

0.7 − 0.8 −0.1 M

− = − = 0.01 = קצב תגובה

10 sec

01 M

= 0.01 = קצב תגובה

1 0.4 0.4 M

4 10 40 sec

× = = 0.01 = קצב תגובה

או

או

או

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

רוב הטעויות שאותרו בתת-סעיף זה הן המשך לטעויות שהופיעו בתת-סעיף i . התלמידים הציבו את הערכים בהתאם לביטוים שרשמו בתת-סעיף i . טעות נוספת שאותרה היא רישום יחידות לא מתאימות:

***kJ***

***sec***

• ***0.01***

תת-סעיף iii (הציון 70)

קבע אם במהלך התגובה קצב התגובה גדֵל, קטֵן או לא משתנה. נמק.

**התשובה:**

קצב התגובה קטן.

במהלך אותו פרק זמן ( 10 שניות) השינוי בריכוז המגיב/המגיבים או השינוי בריכוז התוצר/התוצרים הולך וקטן.

או: חישוב של קצב התגובה בפרק זמן נוסף (בין 10 ל- 20 שניות) והשוואת התוצאות:

1 0.7 − 0.8 −0.1 M

2 10 20 sec

− × = − = 0.005 = קצב תגובה

מהשוואת קצב התגובה בפרק הזמן הראשון לפרק הזמן השני רואים כי הקצב קטן.

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

ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה הנובעת מחוסר יכולת לקבוע על פי הריכוזים של מרכיבי המערכת, שנמדדו במהלך התגובה, אם קצב התגובה גדֵל, קטֵן או לא משתנה:

⬩ חוסר התייחסות לשינויים בריכוזים של מרכיבי המערכת ולהשפעתם על קצב התגובה:

• "במהלך התגובה הקצב אינו משתנה, כי הוא תלוי בטמפרטורה ובמקרה הנתון לא חל שינוי בטמפרטורה."

• "קצב התגובה לא משתנה, משום שלא חיממו או הוסיפו זרז."

⬩ בלבול בין קצב תגובה לבין מצב שיווי-משקל:

• "קצב התגובה לא משתנה, כי לא הייתה הפרעה חיצונית שיכולה לגרום לקצב התגובה להשתנות."

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי:

⬩ הסבר על פי תיאוריית התנגשויות, ללא התייחסות לנתוני השאלה.

⬩ הסברים כלליים לא מתאימים:

• "קצב התגובה קטן, כי כך קורה בכל תגובה."

סעיף ג' (הציון 78)

**83**

**73**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 83)

ציין שני מאפיינים של מצב המערכת החל מהשנייה ה- 300 .

**התשובה:**

שניים מבין המאפיינים של המערכת במצב שיווי-משקל:

- במערכת יש גם מגיבים וגם תוצרים.

- הריכוז של כל אחד מהמרכיבים במערכת הוא קבוע.

- מתרחשות שתי תגובות (הישירה וההפוכה) בו-זמנית בקצב שווה.

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

רוב התלמידים קבעו נכון - על פי הריכוזים של מרכיבי המערכת, שנמדדו במהלך התגובה, שמצב המערכת החל מהשנייה ה- 300 הוא מצב שיווי-משקל. הטעויות הופיעו ברישום מאפיינים של מצב שיווי-משקל:

⬩ התייחסות לכמויות של מרכיבי המערכת במקום לריכוזים:

• "הכמות של כל אחד מהמגיבים ומהתוצרים היא קבועה."

⬩ התייחסות לריכוזים של המגיבים והתוצרים כאל ריכוזים שווים:

• "במצב שיווי-משקל ריכוזי המגיבים שווים לריכוזי התוצרים והתגובה מסתיימת."

⬩ חוסר הבנה של מושגי אנרגיה וקינטיקה:

• "במצב שיווי-משקל אין מעברי אנרגיה."

• "במערכת הנמצאת במצב שיווי-משקל האנרגיה הפנימית של המגיבים שווה לאנרגיה הפנימית של התוצרים."

תת-סעיף ii (הציון 73)

חשב את הערך של הקבוע המאפיין את מצב המערכת החל מהשנייה ה- 300 . פרט את חישוביך.

**התשובה:**

K c = = 0.38

0.2 × 0.84

0.62 × 0.6

K =

[CS2(g)] [H2(g)]4

[H2S(g)]2 [CH4(g)]

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

הטעויות האופייניות בתת-סעיף זה הן:

⬩ טעויות הנובעות מחוסר ידע - מהו הביטוי של קבוע שיווי-משקל עבור תגובה מסוימת. היו תלמידים שחיברו את הריכוזים במקום להכפיל:

***0.2 + 0.84***

***0.62 + 0.6***

• ***K c =***

⬩ הצבה לא נכונה.

⬩ טעויות חישוב.

סעיף ד' (הציון 76)

בשנייה ה- 400 הוסיפו לכלי המוחזק בטמפרטורה T אחד מהחומרים: CS2(g) , H2S(g) או Ar(g) .

לאחר פרק זמן נמצא כי:

- הריכוז של CS2(g) והריכוז של H2(g) עלו לאחר הוספת החומר.

- הריכוזים של כל המרכיבים אינם משתנים.

איזה חומר מבין שלושת החומרים הוסיפו לכלי? נמק.

**התשובה:**

הוסיפו H2S(g) .

הוספת המגיב H2S(g)  (מגדילה את ריכוז המגיב בכלי) גורמת לעלייה במספר ההתנגשויות בין מולקולות המגיבים, מעלה את הסיכוי ליצירת תצמידים משופעלים ולקבלת התנגשויות פוריות. כתוצאה מכך קצב התגובה הישירה גדל עד למצב בו ריכוזי המגיבים יורדים, ריכוזי התוצרים עולים ומתקבל מצב שיווי-משקל חדש שבו ריכוז התוצרים גדול יותר מאשר היה לפני הוספת המגיב.

(הוספת ארגון אינה משנה את ריכוזי המרכיבים בכלי וקצב התגובות אינו משתנה ואילו הוספת התוצר CS2(g) היה גורם להגדלת קצב התגובה ההפוכה עד לשיווי משקל ולהגדלת ריכוז המגיבים.)

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

ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה הנובעת מניתוח שגוי של נתוני השאלה, אשר הביא למסקנה לא נכונה, שהוסיפו ארגון. התלמידים שטעו בקביעה לא הבחינו בכך, שרק שינוי הריכוז של אחד מהמגיבים משפיע על המערכת הנמצאת במצב שווי-משקל באופן המתואר בשאלה:

⬩ חוסר ידע שארגון הוא גז אציל ולא מגיב עם מרכיבי המערכת:

• "הוסיפו ***Ar(g)***שמגיב עם אחד המגיבים, ולכן קצב התגובה הישירה עולה."

⬩ ניתוח שגוי של שינוים בריכוזים של מרכיבי המערכת, כפי שהם מתוארים בשאלה:

• "הוסיפו ***Ar(g)***. זהו גז אציל, שמשמש כזרז - מגביר את קצב התגובה."

• " הוסיפו ***Ar(g)***לכלי. ריכוזי החומרים לא השתנו, כי ארגון הוא גז אציל ולא מתרכב עם חומרים נוספים."

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר חלקי או שגוי:

⬩ התייחסות לריכוזים של המגיבים והתוצרים כאל ריכוזים שווים במצב שיווי-משקל:

• "הוספת ***H2S(g)*** . ריכוז התוצרים עולה ומשתווה לריכוז המגיבים."

⬩ הסבר של השפעת ההפרעה על מצב שיווי-משקל ברמה מאקרוסקופית במקום רמה מיקרוסקופית. חוסר התייחסות להתנגשויות ולקצב התגובות:

• "הוסיפו ***H2S(g)*** - מגיב. החלה התגובה הישירה, ריכוז התוצרים עלה, ולאחר פרק זמן הריכוזים של המגיבים והתוצרים נעשו קבועים, המערכת הגיעה שוב למצב שיווי-משקל."

סעיף ה' (הציון 65)

לאחר שריכוזי החומרים בכלי הפסיקו להשתנות, נמדד הלחץ בכלי.

קבע אם הלחץ בכלי היה גבוה מהלחץ לפני הוספת החומר, נמוך ממנו או שווה לו. נמק.

**התשובה:**

הלחץ בכלי גבוה מהלחץ לפני הוספת החומר.

היות ומועדפת התגובה הישירה ליצירת שיווי-משקל חדש, נוצרו חלקיקים רבים יותר בכלי (מספר המולים של המגיבים הוא 3 לעומת מספר המולים של התוצרים שהוא 5). יש יותר התנגשויות בין המולקולות לדפנות הכלי, ולכן הלחץ בכלי גדל.

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

הציון נמוך יחסית. התלמידים שטעו לא הצליחו לקשר בין הלחץ בכלי לבין מספר מולקולות גז הנמצאות בכלי. הופיעו טעויות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

⬩ התייחסות למערכת במצב שיווי המשקל החדש כאל המערכת במצב שיווי המשקל הקודם:

• "הלחץ בכלי שווה ללחץ שהיה בכלי לפני הוספת החומר, כי מדובר במערכת במצב שיווי-משקל."

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי:

⬩ השוואה בין הלחץ בכלי לפני הוספת החומר לבין הלחץ ברגע ההפרעה:

• "כאשר מוסיפים חומר במצב גז הלחץ בכלי עולה."

⬩ חוסר הבנה של משמעות הלחץ. התלמידים שטעו סבורים שהתנגשויות בין מולקולות מעלות את הלחץ בכלי ולא התנגשויות בין מולקולות לבין דפנות הכלי:

• "הוספת חומר מעלה מספר התנגשויות בין מולקולות החומרים, ולכן הלחץ בכלי עולה."

אנו מביאים את דף העבודה לפעילות וירטואלית, שהכינה ענת פלדנקרייז במסגרת המסלול של יוזמות חינוכיות בתוכנית רוטשילד-ויצמן, מכון ויצמן למדע.

## פעילות חקר וירטואלית לכיתה י"ב בנושא קינטיקה

הוראות כלליות:

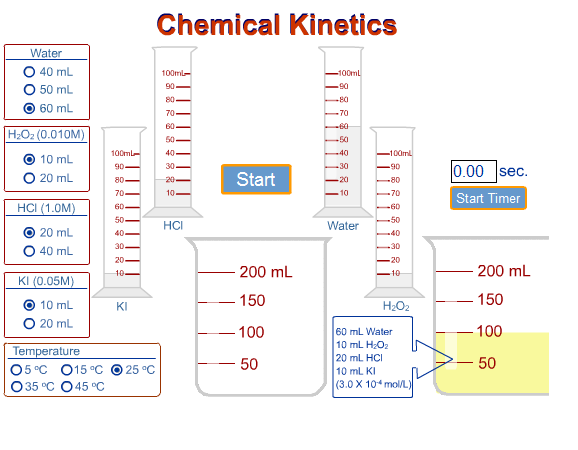


* קראו היטב את כל ההנחיות לפני תחילת ביצוע הניסוי.
* רשמו תצפיות מגוונות ומפורטות.
* הבחינו בין תצפית לפירוש (מתארים תצפית ולא מפרשים).

היכנסו לאתר הנמצא באתר הבית של המרכז הארצי למורי הכימיה במכון ויצמן למדע:

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

לפניכם ניסוי וירטואלי בקינטיקה.



**שלב א' - מהלך הניסוי**

א. לכל אחד מחומרים המופעים בחרו בנתונים הבאים:

1. נפח מים 60 מ"ל
2. נפח מי חמצן 10 מ"ל
3. נפח חומצה כלורית בריכוז 1M 20 מ"ל
4. נפח תמיסת אשלגן יודי 10 מ"ל
5. קבעו את הטמפרטורה ל- 25 מעלות צלזיוס.

בכלי הימני קיבלתם דוגמא להרכב מסוים של תמיסה.

ב. לחצו על כפתור התחל - start , החל מרגע זה החומרים מוכנסים לכוס.

ג. ברגע שכל החומרים הוכנסו, לחצו על הפעל את שעון העצר - start timer .

ד. ברגע שהגוון שמתקבל בכלי השמאלי אינו משתנה, עצרו את שעון העצר ורשמו את הזמן עד לסיום התגובה. רשמו תצפיות איכותיות וכמותיות.

**שלב ב': מהלך עבודת החקר**

1. נסחו לפחות 5 שאלות רלוונטיות ומגוונות שמתעוררות בעקבות התצפיות שנערכו.

2. התגובה המתרחשת היא:

→

←

H2O2(aq) + 2I−(aq) + 2H3O+(aq) I2(aq) + 4H2O(l)

הצבע החום המתקבל מקורו בתערובת של יוד עם יוני יוד בתמיסה מימית.

האם התגובה היא תגובת חמצון-חיזור?

אם לא - הסבירו מדוע. אם כן - קבעו מהו המחזר ומהו המחמצן בתגובה.

3. מהם הגורמים המשפיעים על קצב התגובה?

4. שאלות חקר:

* בחרו שאלת חקר **שניתן** לחקור בתוכנה זו.
* בחרו שאלת חקר נוספת שלא ניתן לחקור בתוכנה זו. הסבירו מדוע.
* שימו לב לכך שהשאלות שבחרתם מנוסחות בצורה בהירה ובמידת האפשר כקשר בין שני משתנים (המשתנה התלוי והמשתנה הבלתי תלוי מוגדרים היטב).
* נסחו בצורה בהירה ועניינית השערה המתייחסת לשאלה שבחרתם לחקור.
* נמקו את השערתכם על בסיס ידע מדעי, רלוונטי ונכון בצורה מעמיקה.

5. תכננו ניסוי וירטואלי שיבדוק את השערתכם:

* תכננו מספר מערכות ניסוי המאפשר ניתוח אמין של התוצאות (לפחות 4 מערכות, כולל הבקרה).
* פרטו את צורת המדידה של המשתנה התלוי.
* פרטו את כל שלבי הניסוי בסדר לוגי, כולל שלב הבקרה.
* ציינו נכון את הגורמים הקבועים בניסוי.
* בצעו את הניסוי הווירטואלי שהצעתם.
* הציגו את התצפיות ואת התוצאות בצורה מאורגנת ובאופן ברור (טבלה, תרשים, גרף וכו').
* עבדו את התוצאות (במידת האפשר) באמצעות גרף מתאים שבנוי על פי הכללים
* ( גרף ממוחשב / גרף באקסל).
* תארו את מגמת השינויים המוצגים בטבלה או בגרף.
* פרשו, הסבירו ונתחו את התוצאות.
* הסיקו מסקנות רבות ככל האפשר על בסיס של כל תוצאות הניסויים ונמקו.
* תארו את מגמת השינויים המוצגים בטבלה או בגרף.
* בדקו את הקשר בין ההשערה לבין המסקנות.

בדיון הקבוצתי המסכם

* התייחסו בביקורתיות לתוצאות (מבחינת דיוק המדידות, מגבלות הניסוי וכו').
* התייחסו בביקורתיות לתוקף המסקנות.
* רשמו שאלות נוספות שהתעוררו בעקבות התהליך כולו.
* השתמשו בשפה מדעית מדויקת ונכונה בכל חלקי הדו"ח.
* כתבו בצורה עניינית ובעברית תקנית.
* הגישו דו"ח מלא, קריא, אסתטי ומאורגן.

###### עבודה נעימה!

בהוראת נושא הקינטיקה מומלץ להיעזר בדגם הוראה בנושא זה. הדגם נמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע, בדף:

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

הדגם מתייחס לפרק ג' במבנית "אנרגיה בקצב הכימיה" ומציע הסברים והרחבה לנושאי הפרק, פעילויות מתאימות ודרכי הערכה שונות, וכן שם דגש על תפיסות חלופיות וקשיים העלולים להתעורר במהלך ההוראה. הדגם מיועד למורים, לא כל מה שנמצא בו כלול בתוכנית הלימודים.

אנו ממליצים להיעזר בהוראת הפרק במצגות המצוינות "הסדר שבאי-סדר או לדעת יותר על אנטרופיה" ו"שינויי אנטרופיה בתגובות כימיות" של אוטיליה רוזנברג, שהוכנו להרצאות שלה בהשתלמויות שונות. חומרים אלה מיועדים להעשרת המורים, לא כל מה שנמצא במצגות כלול בתוכנית הלימודים.

המצגות נמצאות באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=147>

אנו ממליצים להיעזר בחוברת: שאלות לתרגול בנושא המבנית "אנרגיה בקצב הכימיה", שהוכנה בסדנה שהתקיימה במכון ויצמן. השאלות המומלצות: 20-19 ,14-7 ,5-1 .

החוברת נמצאת באתר המפמ"ר, בדף:

###### <http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/Mivnyot/Azarim+4-5.htm>

ברום ותרכובותיו

שאלה 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **71** | **41** | **62** | 62 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 62 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 7% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

15%

0-40

22%

55-84

37%

85-100

26%

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ו ה ד ג ב א

**77**

**51**

**67**

**55**

**61**

**66**

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לדעת מהי תגובה ספונטנית.

⮘ להכיר את המושג: קצב תגובה וגורמים המשפיעים על קצב תגובה.

⮘ לדעת את תיאוריית ההתנגשויות.

⮘ להכיר את המושג: אנרגיית שפעול.

⮘ לדעת מהו שיווי-משקל כימי.

⮘ לדעת מהי ההשפעה של שינוי טמפרטורה על המערכת הנמצאת במצב שיווי-משקל.

⮘ לדעת מהם תוצרי לוואי בתהליך תעשייתי וכיצד לטפל בהם.

⮘ להכיר את התכונות הנדרשות מחומרי מבנה בתהליך תעשייתי.

⮘ להכיר את שיטות ההפרדה בין חומרים בתהליך תעשייתי.

⮘ לדעת את העקרונות שעליהם מבוססות שיטות הפרדה.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ להכיר את המושגים: המרה וניצולת. לחשב אחוז ההמרה ואחוז הניצולת.

⮘ להעריך את היתרונות והחסרונות של שיווק החומר כגז וכתמיסה מימית.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

השאלה עוסקת בייצור מימן ברומי ואשלגן ברומי במפעל "תרכובות ברום" ברמת חובב.

לפניך תרשים של תהליך הייצור של HBr(g) ושל HBr(aq) .

HBr(g) , H2(g)

מים

H2(g)

H2(g)

Br2(g)

מכל

תגובה

1 אטמ'

500oC

, H2(g)

Br2(g)

HBr(g)

HBr(g)

מתקן

ספיגה

מתקן

להוצאת

ברום

HBr(aq)

למחזור

לשיווק

הברום

במכל התגובה מייצרים HBr(g) על פי תגובה (1):

→

←

(1) H2(g) + Br2(g) 2HBr(g)  ΔHo < 0

סעיף א' (הציון 51)

תגובה (1) ספונטנית בכל טמפרטורה. במפעל מבצעים את תגובה (1) בטמפרטורה של 500oC .

הסבר מדוע לא מבצעים את התגובה בטמפרטורה נמוכה או גבוהה מ- 500oC .

**התשובה:**

מבצעים תגובה (1) בטמפרטורה של 500oC , ולא בטמפרטורה נמוכה יותר, כי לתגובה (1) אנרגית שפעול גבוהה.

בטמפרטורות נמוכות האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות המגיבים אינה גבוהה במידה מספקת. לכן אין די התנגשויות פוריות בין מולקולות המגיבים (או: בטמפרטורה של 500oC ליותר מולקולות יש אנרגיה גבוהה מאנרגיית השפעול, יש יותר התנגשויות פוריות והתגובה תתרחש).

לא מבצעים תגובה (1) בטמפרטורה גבוהה מ- 500oC , כי התגובה הישירה היא אקסותרמית ומועדפת בטמפרטורות נמוכות (או: בטמפרטורות גבוהות מועדפת התגובה ההפוכה, האנדותרמית).

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להסביר נכון את הבחירה בטמפרטורה של 500oC לביצוע תגובה בה נוצר HCl(g) . רוב הטעויות הופיעו בהסברים על הבחירה בטמפרטורה לא נמוכה מ- 500oC . רוב התלמידים שטעו ציינו שהתגובה איטית בטמפרטורות נמוכות, אך לא התייחסו לאנרגיית שפעול ולתיאוריית התנגשויות:

• "התגובה איטית וחימום יזרז אותה."

היו תלמידים שהתבלבלו בין גורמים תרמודינמיים לבין גורמים קינטיים:

• "התגובה איטית, לכן בטמפרטורה גבוהה יתקבלו יותר תוצרים."

סעיף ב' (הציון 67)

שני חומרי הגלם לתגובה זו מתקבלים במפעל: הברום - במתקן לייצור ברום, המימן - כתוצר לוואי בתהליך ייצור אחר במפעל.

**65**

**71**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 65)

ציין שני יתרונות לשימוש בחומר גלם שהוא תוצר לוואי בתהליך ייצור אחר במפעל.

**התשובה:**

שני יתרונות:

- שימוש בחומר שהוא תוצר לוואי בתהליך אחר במפעל מוזיל את תהליך הייצור.

- שימוש זה פותר בעיות הקשורות בטיפול בתוצרי לוואי.

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

כמעט כל התלמידים ציינו את היתרון הכלכלי - הוזלה של תהליך הייצור על ידי שימוש בחומר גלם שהוא תוצר לוואי בתהליך ייצור אחר במפעל. חלק מהתלמידים התקשו לציין את היתרון השני. הופיעו תיאורים כלליים, חלקם מאולתרים, כגון מניעת זיהום סביבתי, כשתכונות המימן אינן ידועות לתלמידים, כנראה:

• "אם החומר אינו ידידותי לסביבה, לא ניתן לשחררו."

היו תלמידים שחזרו על היתרון הכלכלי במילים שונות:

• "שינוע חומרים מחוץ למפעל עולה כסף."

תת-סעיף ii (הציון 71)

במפעל מבצעים את תגובה (1) בעודף מימן, כדי להגדיל את קצב התגובה.

הסבר כיצד עודף המימן מגדיל את קצב התגובה.

**התשובה:**

ככל שהריכוז ההתחלתי של אחד המגיבים גדל, מספר ההתנגשויות הפוריות בין המולקולות (ביחידת זמן) גדל, וקצב התגובה גדל.

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים חלקיים - חוסר התייחסות לתיאוריית התנגשויות, כולל התנגשויות פוריות והתייחסות למצב שיווי-משקל:

• "עודף מימן יטה את התגובה בכיוון התוצרים."

• "זוהי תגובת שיווי-משקל, והברום יגיב עם עודף מימן, ואז קצב התגובה יעלה."

• "מוסיפים עודף מימן, כדי כל הברום יגיב וייתן יותר תוצר."

סעיף ג' (הציון 77)

ציין שתי תכונות הנדרשות מחומרי המבנה של מכל התגובה.

**התשובה:**

שתיים מהתכונות:

- עמידות בפני קורוזיה על ידי ברום.

- עמידות בפני קורוזיה על ידי חומצה.

- עמידות בטמפרטורה גבוהה.

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

הבעיה העיקרית בסעיף זה היא תשובות כלליות, ללא התייחסות לתהליך הנתון.

חלק מהתלמידים כתבו:

• "עמידות בפני קורוזיה."

אך לא ציינו איזה חומר יכול לגרום לקורוזיה.

היו תלמידים שכתבו:

• "חומר מבנה צריך לעמוד בפני לחצים גבוהים, כי יש גזים."

למרות שנתון בשאלה שהתגובה מתרחשת בלחץ אטמוספרי.

מומלץ להרגיל את התלמידים לשים לב לחומרי המוצא ולתוצרים, לזהות בהם גורמים משתכים כמו חומצות והלוגנים, ואז לערוך דיון בחומרי מבנה: למה הם צריכים להיות עמידים (טמפרטורה, שיתוך, שבירה...).

כדאי לבנות יחד עם התלמידים טבלה המכילה שיטות תעשייתיות להגנה משיתוך:

|  |  |
| --- | --- |
| חומר משתך | הגנה מפניו |
| ברום יבש Br2(l) | מכל פלדה מצופה בפנים בעופרת |
| ברום רטוב | איזוטנק - פלדה מצופה בפנים בזכוכית |
| כלור Cl2(g) | מכלי פלדה מיוחדת, נירוסטה |
| מימן ברומי HBr | מכלי פלדה עם ציפוי פנימי של  פוליאתילן או חביות מפוליאתילן בצפיפות גבוהה (HDPE) |
| סידן ברומי מוצק CaBr2(s) | שקי פוליאתילן |
| סידן ברומי תמיסה CaBr2(aq) | מכלי פלדה עם ציפוי פנימי של  פוליאתילן או חביות מ- HDPE |
| אמוניה NH3(g) | מכלי פלדה מיוחדת, נירוסטה |

סעיף ד' (הציון 55)

הסבר את העיקרון שעליו מתבסס תהליך ההפרדה במתקן הספיגה.

**התשובה:**

תהליך ההפרדה במתקן הספיגה מבוסס על ההבדל במסיסות של שני החומרים במים.

H2(g) אינו מתמוסס במים ויוצא ממתקן הספיגה. HBr(g) מתמוסס היטב במים (או: מגיב עם המים).

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לקבוע מהו העיקרון שעליו מתבסס תהליך ההפרדה במתקן הספיגה ולהסבירו. הופיעו עקרונות לא מתאימים ולעיתים שגוים:

• "העיקרון הוא שוני בנקודות הרתיחה של החומרים."

• "העיקרון הוא הבדל במסות מולריות: מוסיפים המים שיורדים למטה יחד עם ***HBr(g)***, שהוא כבד יותר."

היו תלמידים שהסבירו נכון את המתרחש במתקן ספיגה, אך לא הזכירו ההבדל במסיסות של שני החומרים במים:

• "מימן אינו נספג במים, אך מימן ברומי נספג ומתקבלת התמיסה המימית שלו)."

• "רק מימן ברומי נספג במים ואפשר לשווק את תמיסתו בריכוזים שונים."

חלק מהתלמידים אינם מבינים את העקרונות של תהליכי ההפרדה. הנושא "שיטות הפרדה" חשוב מאוד להבנה של מבנה חומרים ותכונותיהם. מומלץ להכניס נושא זה בשלבים שונים של הוראת הכימיה בכל הזדמנות. עבור חלק משיטות ההפרדה ניתן ומומלץ לבצע ניסויים שונים להיכרות עם שיטות. מומלץ להיעזר בדוגמאות לתהליכי הפרדה שונים, שהבאנו בחוברת ניתוח תוצאות של בחינת הבגרות בכימיה השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד תשע"א.

סעיף ה' (הציון 61)

**61**

**60**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 61)

אחוז ההמרה בתהליך הייצור הוא 95% . כשמגיבים 112 קילוגרם Br2(g) מתקבלים 97 קילוגרם

של HBr(g) . חשב את אחוז הניצולת בתהליך הייצור. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

על פי נתוני השאלה:

× 100 = 85.5%

1197.5 mol

1400 mol

81

gr

mol

= 1197.5 mol

97000gr

81

gr

mol

160

gr

mol

= 700 mol

112000 gr

160

gr

mol

המסה המולרית של Br2(g):

מספר המולים של Br2(g) שהגיבו:

יחס המולים בניסוח התגובה בין Br2(g) לבין HBr(g) הוא 2:1 ,

לכן מספר במולים של HBr(g) שהיו צריכים להתקבל ב- 100% ניצולת:

700 mol × 2 = 1400 mol

המסה המולרית של HBr(g):

מספר במולים של HBr(g) שהתקבלו בפועל:

הניצולת:

תלמידים רבים הבינו את הנתון "כשמגיבים 112 קילוגרם Br2(g) " כ- "112 קילוגרם Br2(g) הוכנסו למכל התגובה". הפתרון במקרה זה הוא:

160

gr

mol

= 700 mol

112000 gr

160

gr

mol

= 665 mol

700 mol × 95%

100%

× 100 = 90%

1197.5 mol

1330 mol

81

gr

mol

= 1197.5 mol

97000gr

81

gr

mol

המסה המולרית של Br2(g):

מספר המולים של Br2(g) שהוכנסו למכל התגובה:

מספר המולים של Br2(g) שהגיבו על פי 95% המרה:

יחס המולים בניסוח התגובה בין Br2(g) לבין HBr(g) הוא 2:1 ,

לכן מספר במולים של HBr(g) שהיו צריכים להתקבל ב- 100% ניצולת:

665 mol × 2 = 1330 mol

המסה המולרית של HBr(g):

מספר במולים של HBr(g) שהתקבלו בפועל:

הניצולת:

(שני הפתרונות התקבלו כנכונים.)

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

חלק ניכר מהתלמידים מתקשים בהבנת המושגים "המרה" ו"ניצולת" ובחישובים סטויכיומטריים. הם לא מבחינים בין כמות החומר שהוכנסה למכל התגובה לבין כמות החומר שהגיבה בפועל. היו תלמידים שדילגו על אחד או יותר משלבי החישוב. כמו כן הופיעו טעויות בחישוב של מספר המולים של חומר ובחישוב מסה מולרית, וטעויות ביחידות.

מומלץ לדרוש מהתלמידים להסביר כל אחד משלבי החישוב, ולא להסתפק בחישוב על פי נוסחאות. אפשר לתת לתלמידים תרגיל "הפוך":

למכל התגובה הוכנסו 112 קילוגרם Br2(g) . אחוז הניצולת בתהליך הייצור הוא 90% . בפועל התקבלו 1197.5 מולים של HBr(g) . חשב את אחוז ההמרה בתהליך הייצור. פרט את חישוביך.

מומלץ להדגיש שההמרה מתייחסת למגיבים בלבד ולהסביר לתלמידים שיש להבחין בין תגובות המתרחשות עד תום, שבהן יש אפשרות להגיע ל- 100% המרה, לבין תגובות שמגיעות למצב של שיווי-משקל. בתגובות אלה אי אפשר להגיע ל- 100% המרה.

מומלץ להדגיש שהניצולת מתייחסת לתוצרים בלבד ולהסביר את הקשר בין תגובות לוואי ותוצרי לוואי לבין הניצולת.

להבהרת המושגים: המרה וניצולת ומשמעותם מומלץ להיעזר בנספח א' לספר לימוד "לא על הברום לבדו" מאת ד"ר מירי קסנר, מכון ויצמן למדע.

תת-סעיף ii (הציון 60)

במתקן הספיגה מתקבלת תמיסה מימית של מימן ברומי.

ציין יתרון אחד וחיסרון אחד לשיווק מימן ברומי כתמיסה מימית ולא כגז.

**התשובה:**

אחד מהיתרונות:

- המוצר משווק בצורה שבה משתמשים בו (או: הקונים לא צריכים להכין תמיסה

מימית מתוצר גזי).

- המכלים אינם נדרשים לעמוד בלחצים גבוהים.

- הנפחים המשונעים קטנים יותר.

- במקרה של דליפה הטיפול בתמיסה פשוט יותר.

אחד מהחסרונות:

- מסת החומר המשונע גדולה יותר.

- יכולת השיתוך של תמיסת HBr(aq) גדולה מזו של HBr(g) .

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

חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו להעריך את היתרונות והחסרונות של שיווק מימן ברומי כתמיסה מימית ולא כגז. היו תלמידים שדילגו על תת-סעיף זה. היו שהתייחסו אל חסרונות כאל יתרונות או להפך:

• "יתרון: התמיסה פחות קורוזיווית מאשר גז."

• "חסרון: הקונים צריכים לקבל חומר נקי - גז, ולא תמיסה."

• "חסרון: קשה יותר לטפל בדליפה של תמיסה מאשר בדליפת גז."

סעיף ו' (הציון 66)

אשלגן ברומי, KBr(s) , מיוצר בתהליך הכולל שני שלבים עיקריים.

שלב I: ייצור תמיסת KBr(aq)  בתגובה בין אשלגן הידרוקסידי, KOH(s) , לבין תמיסת HBr(aq) .

שלב II: אידוי מים מתמיסת KBr(aq)  .

צייר תרשים זרימה לתהליך הייצור של KBr(s) .

**התשובה:**

מתקן

איוד

מים

KBr(s)

## H2O(g)

## מכל

תגובה

KOH(s)

HBr(aq)

KBr(aq)

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

הטעויות שאותרו בסעיף זה נובעות מחוסר הבנה של עקרונות תעשייתיים. הטעויות הן:

⬩ רישום שגוי על החץ היוצא ממכל התגובה: ***KBr(s)*** או מים ***+ KBr(s)***

⬩ רישום שגוי על החץ היוצא ממתקן איוד מים מלמטה: ***KBr(aq)***

⬩ חסר חץ המסמן את יציאת H2O(g)ממתקן איוד מים מלמעלה.

⬩ רישום שני חצים היוצאים ממכל התגובה - מים ואשלגן ברומי (במקום תמיסה):

***H2O(l)***

***KBr(s)***

מתקן

איוד

מים

מכל

תגובה

ברום ותרכובותיו

שאלה 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **67** | **50** | **60** | 60 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 60 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 3% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

16%

0-40

28%

55-84

28%

85-100

28%

**74**

**68**

**57**

**50**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לדעת מהו תהליך הבעירה ואת שלבי הבעירה.

⮘ להכיר את עיכוב הבעירה, מעכבי בעירה ומנגנוני פעולתם.

⮘ להכיר את הדרישות מחומר המשמש מעכב בעירה עבור פולימרים.

⮘ לסווג את מעכבי הבעירה לפי סוג התרכובת, ולהכיר את אופן הפעולה של כל סוג של מעכבי בעירה.

⮘ לסווג את מעכבי הבעירה על פי דרך שילובם במוצרים: פעילים ומוספים.

⮘ להכיר את המאפיינים של מעכבי בעירה פעילים ושל מעכבי בעירה מוספים.

⮘ לקבוע אם תרכובת מסוימת יכולה לשמש מעכב בעירה.

⮘ לקבוע אם מעכב בעירה מסוים הוא פעיל או מוסף על פי נוסחתו.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

השאלה עוסקת במעכבי בעירה ובאופן פעולתם.

סעיף א' (הציון 74)

בבעירה יש ארבעה שלבים: הצתה, התפתחות הבעירה, בעירה קבועה, דעיכה.

באיזה שלב / באילו שלבים של הבעירה יכול מעכב בעירה לפעול?

**התשובה:**

בשלב ההצתה ובשלב התפתחות הבעירה.

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

הטעויות שהופיעו בסעיף זה נובעות מחוסר הבנה - מה מתרחש בכל אחד משלבי הבעירה.

תלמידים, שבחרו בבעירה קבועה או בדעיכה, לא הבינו שבשלבים האחרונים של הבעירה כבר לא

ניתן לעכב אותה.

כאשר מלמדים את מנגנון עיכוב הבערה, כדאי לצייר על הלוח את מנגנון הבעירה, פני השטח שמעליו מתרחשת הבעירה, להוסיף בציור את תוצרי הבעירה הגזיים, להזכיר את האנרגיה הנדרשת, ולדון עם התלמידים בשאלה - איך נוכל להפריע לתהליך. מומלץ לרשום את השיטות על הציור, כדי להמחיש לתלמיד את ההתערבות של המעכב.

סעיף ב' (הציון 68)

בטבלה שלפניך מוצגים ארבעה סוגים של מעכבי בעירה ואופני הפעולה שלהם.

|  |  |
| --- | --- |
| הסוגים של מעכבי בעירה | אופני פעולה של מעכבי בעירה |
| (1) תרכובות כלור | (a) פירוק אנדותרמי של מעכב הבעירה |
| (2) תרכובות ברום | (b) יצירת משטח בלתי חדיר על פני החומר הדליק |
| (3) תרכובות זרחן | (c) דילול הגזים הדליקים באזור הלהבה |
| (4) תרכובות מגנזיום או תרכובות אלומיניום | (d) לכידת רדיקלים חופשיים באזור הלהבה |

**59**

**82**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 59)

התאם לכל סוג של מעכבי בעירה (1)-(4) שניים מאופני פעולה (d)-(a).

**התשובה:**

(1) a ו- d

(2) a ו- d (או: c ו- d)

(3) a ו- b (או: c ו- b)

(4) a ו- c

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

התאמת אופן פעולה לכל סוג של מעכבי בעירה הייתה קשה לתלמידים. חלק ניכר מהתלמידים לא הבינו שפעולה של כל אחד ממעכבי הבעירה שבטבלה עובר פירוק אנדותרמי בחימום. כתוצאה מכך פחות אנרגיה מגיעה חזרה לפולימר, ולכן יש האטה בקצב הבעירה. טעויות נוספות מצביעות על חוסר הבנה - כיצד פועלים מעכבי בעירה מכל סוג בחימום:

⬩ יצירת משטח בלתי חדיר על פני החומר הדליק - משטח שמבודד את הפולימר מאזור הבעירה, מתרחשת רק כשמעכבי הבעירה הם תרכובות זרחן.

⬩ דילול הגזים הדליקים באזור הלהבה על ידי גזים CO2(g) , H2O(g) , שנוצרים בעת פירוק המעכב, יכול להתרחש כשפועלים מעכבי בעירה שהם תרכובות ברום, זרחן, מגנזיום או אלומיניום.

⬩ לכידת רדיקלים חופשיים באזור הלהבה מתרחשת רק כשפועלים מעכבי בעירה שהם תרכובות כלור או ברום.

כפי שניתן לראות מתשובות לתת-סעיף ii , התלמידים ידעו להסביר כיצד אחד מאופני הפעולה של מעכבי בעירה גורם להאטת קצב הבעירה, אך לא הצליחו לקשר בין סוג מעכבי בעירה לבין אופן הפעולה של מעכב בעירה מסוג זה.

תת-סעיף ii (הציון 82)

כל אחד מאופני הפעולה (d)-(a) גורם להאטת קצב הבעירה של חומר דליק.

בחר באחד מאופני הפעולה של מעכבי בעירה והסבר כיצד הוא גורם להאטת קצב הבעירה.

**התשובה:**

אחת מהתשובות:

**a.** פירוק אנדותרמי של מעכב הבעירה.

קליטת האנרגיה בתהליך הפירוק של מעכב הבעירה גורמת להקטנת כמות האנרגיה הזמינה להמשך הבעירה של הפולימר (קירור אזור הבעירה).

פחות אנרגיה מגיעה חזרה לפולימר ולכן יש האטה בקצב הבעירה.

**b.** יצירת משטח בלתי חדיר על פני החומר הדליק.

משטח זה מבודד את הפולימר מאזור הבעירה. משטח זה אינו מאפשר לאנרגיה להגיע אל הפולימר, ולגזים הדליקים שנוצרים מפירוק הפולימר אין אפשרות לצאת לאזור הבעירה - מה שגורם להאטה בקצב הבעירה.

**c.** דילול הגזים הדליקים באזור הבעירה.

בתגובת הפירוק של מעכב הבעירה יכולים להיווצר גזים (או: יכולים להיווצר

CO2(g) , H2O(g) ) שאינם דליקים. גזים אלה מדללים את החמצן שבאזור הבעירה. פחות חמצן מגיע לפולימר ולכן יש האטה בקצב הבעירה.

**d.** לכידת רדיקלים חופשיים באזור הבעירה.

המולקולות של HBr או HCl הנוצרות במהלך הפירוק של מעכב הבעירה מגיבות עם הרדיקלים החופשיים שבאזור הלהבה ( H⋅ , HO⋅ ) ומפריעות להמשך תהליך הבעירה. לכידת הרדיקלים החופשיים באזור הלהבה גורמת להפחתת כמות האנרגיה החוזרת לפולימר ולהאטת קצב הבעירה.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים הסבירו נכון כיצד אחד (מתוך ארבעה) מאופני הפעולה של מעכבי בעירה גורם להאטת קצב הבעירה. הטעויות שאותרו הן בעיקר הסברים חלקיים או כלליים, ללא התמקדות באופן פעולה ספציפי.

סעיף ג' (הציון 57)

מסווגים את מעכבי הבעירה על פי דרך שילובם במוצרים: מעכבי בעירה פעילים ומעכבי בעירה

מוספים.

לפניך נוסחאות של ארבע תרכובות ברום, I–IV , שבטמפרטורת החדר הן מוצקים.

|  |  |
| --- | --- |
| I | NH4Br |
| II | Br ― ― O ― ― Br  Br Br  Br Br  Br Br  Br Br  O  Br ― ― CH2 ― O ― C ― CH = CH2  Br Br  Br Br  HOCH2 ― C ― CH2OH  ― ―  CH2Br  CH2Br |
| III |  |
| IV |  |

קבע עבור כל אחד מהיגדים i-iii שלפניך, אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**66**

**57**

**53**

תת-סעיף i (הציון 66)

תרכובת I מורכבת מיונים ולכן אינה יכולה לשמש מעכב בעירה.

**התשובה:**

לא נכון.

תרכובת I יכולה לשמש מעכב בעירה. תרכובת זו מתפרקת בחימום. אחד מתוצרי הפירוק הוא HBr(g), המגיב עם הרדיקלים החופשיים באזור הלהבה וגורם להאטת קצב הבעירה.

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

בתת-סעיף זה הופיעו טעויות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "ההיגד נכון. היונים ***NH4+*** ו- ***Br−*** אינם יכולים לשמש כמעכבי בעירה, כי טמפרטורת התפרקות שלהם גבוהה מאוד."

• "ההיגד נכון. חומר זה לא מתאים להיות מעכב מוסף, כי הוא רעיל, וגם לא פעיל, כי הוא לא יכול להתרכב עם פולימרים."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק כללי - לא מתאים או שגוי:

⬩ נימוקים כלליים ללא התייחסות למנגנון הפעולה של מעכב הבעירה:

• "ההיגד לא נכון, כי לסוג החומר - יוני או לא, אין שום השפעה על עיכוב הבעירה."

• "ההיגד לא נכון, כי ישנם מעכבי בעירה יוניים שיעילים לעיכוב הבעירה."

⬩ נימוקים שגויים המצביעים על חוסר הבנה - כיצד פועל מעכב הבעירה הנתון:

• "ההיגד לא נכון, תרכובת ***I*** היא אחלה מעכב בעירה, היא גורמת לפירוק ברום, מה שעוזר לאגור אנרגיה בתוך הברום."

תת-סעיף ii (הציון 57)

רק התרכובות II יכולה לשמש מעכב בעירה פעיל.

**התשובה:**

לא נכון.

גם תרכובת IV יכולה לשמש מעכב בעירה פעיל.

לשתי התרכובות יש קבוצות פעילות (קבוצות פונקציונליות), OH− ו- −C=C− , המאפשרות למעכב הבעירה ליצור קשרים קוולנטיים עם קבוצות פעילות במונומר או בפולימר.( בצורה זו מעכב הבעירה הופך חלק משרשרות הפולימר).

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

תלמידים רבים לא זיהו תרכובת IV כמעכב בעירה פעיל. רוב הטעויות שאותרו הן קביעות שגויות המלוות בנימוקים כלליים, כגון:

• "ההיגד נכון, כי אין תרכובת מתאימה אחרת."

חלק מהתלמידים קבעו נכון, אך לא נימקו.

כדי לענות נכון לשאלה זו, על התלמיד לשלוט בשיטות פלמור וצילוב. לכן אם המורה בוחר ללמד נושא "פולימרים", עדיף ללמדו לפני הנושא "ברום ותרכובותיו". אם הנושא "פולימרים" לא נלמד, מומלץ בעת לימוד הנושא "מעכבי בעירה" להקדיש זמן להסבר על שיטות הפלמור - סיפוח ודחיסה, ועל יצירת קשרי צילוב. אפשר לתת דוגמאות של שילוב מעכבי בעירה פעילים בפולימרים.

תת-סעיף iii (הציון 53)

תרכובת III יכולה לשמש מעכב בעירה מוסף.

**התשובה:**

נכון.

תרכובת III מכילה אחוז גבוה של ברום.

למולקולות של תרכובת III יש עננים האלקטרוניים גדולים (או: המולקולות של

תרכובת III גדולות). מולקולות אלה יכולות להשתלב בין שרשרות הפולימר וליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס חזקות (או: למולקולות של תרכובת III אין קבוצות פונקציונליות שיכולות להגיב עם מולקולות הפולימר או המונומר).

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

הציון נמוך. ניתן למיין את הטעויות שאותרו לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה המלווה בנימוק שמתייחס לתרכובת III כאל מעכב בעירה פעיל:

• "ההיגד לא נכון. זהו מעכב בעירה פעיל שיכול להתקשר לפולימר."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק המתייחס לאופן פעולה של מעכב הבעירה:

• "ההיגד נכון. בתרכובת ***III*** יש הרבה קבוצות ***C−Br*** המתפרקות בתגובה אנדותרמית, וכך תרד האנרגיה הדרושה לבעירה."

סעיף ד' (הציון 50)

**53**

**47**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 53)

מעכבי בעירה מוספים נוטים לנדוד אל שטח הפנים של הפולימר ולהתפזר.

תופעה זו לא קיימת במעכבי בעירה פעילים. הסבר ממה נובע הבדל זה.

**התשובה:**

מעכב בעירה מוסף נוטה לנדוד אל פני השטח של הפולימר ולהתפזר. זאת משום שהאינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות שלו לבין מולקולות הפולימר אינן די חזקות.

מעכב בעירה פעיל קשור לפולימר בקשרים קוולנטיים (שהם חזקים מאינטראקציות ון-דר-ואלס)

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים חלקיים - התלמידים מסבירים כיצד מעכב בעירה פעיל משתלב בפולימר, ולא מסבירים מדוע מעכב בעירה מוסף נוטה לנדוד אל פני השטח של הפולימר ולהתפזר. כמו כן, הופיעו הסברים שגויים המתייחסים למעכב בעירה מוסף:

• "מעכב בעירה מוסף אינו קשור לפולימר בשום קשר."

• "מעכב בעירה מוסף הוא לא חלק מהפולימר, ולכן נוטה להיעלם."

תת-סעיף ii (הציון 47)

ציין שתי דרישות מחומר המשמש מעכב בעירה עבור פולימרים.

**התשובה:**

שתיים מהדרישות:

* אינו פוגע (באופן משמעותי) בתכונות של הפולימר (או: של המוצר הסופי).
* אינו מתפרק בטמפרטורה שבה מיוצר או מעובד הפולימר.
* אינו מתפרק בטמפרטורה ובתנאים שבהם משתמשים בפולימר.
* מתפרק בטווח הטמפרטורה שבו מתפרק הפולימר.
* דרגת ניקיון גבוהה.
* אינו משחרר חומרים רעילים תוך כדי פעולתו (או: ידידותי לסביבה).

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא ידעו מהן הדרישות מחומר המשמש מעכב בעירה עבור פולימרים, ולא הבינו מדוע מעכב בעירה צריך לעמוד בדרישות אלה. חלק מהתלמידים לא ענו על השאלה. היו תלמידים שציינו דרישה אחת בלבד. היו תשובות המכילות דרישה אחת הכתובה במילים שונות:

• "***1.*** לא מתפרק בטמפרטורה שבה נמצא הפולימר.

• ***2.*** לא מתפרק בתנאים שבהם נמצא מוצר העשוי מפולימר."

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדלים בין מעכבי בעירה פעילים לבין מעכבי בעירה מוספים. בניגוד למעכב בעירה פעיל, הוספת מעכב בעירה מוסף אינה כרוכה בתהליך כימי, ומומלץ להיכנס עם התלמידים לפרטים שנראים טכניים. לכן כדאי להכין עם התלמידים תרשים זרימה שיפרט את תהליך ייצור המוצר, כולל הוספת מעכב הבעירה.

ציוני השאלות 3-4 נמוכים. הסיבה לכך היא כנראה חוסר הבנה של היבטים טכנולוגיים הקשורים בתהליכים התעשייתיים, חוסר העמקה מספקת בלימוד הנושא. במקרים רבים התלמידים משננים סיסמאות שאותן הם משבצים בתשובותיהם. חוסר הבנה של המושגים - המרה וניצולת גורם לטעויות גם בשאלות חישוב וגם בשאלות הדורשות יישום, כגון כיצד להגדיל המרה וניצולת.

מומלץ להקצות זמן להוראה וללמידה ולהרבות בתרגול, להבהיר את המושגים הבעייתיים, לבקש מהתלמידים לצייר תרשימי זרימה של תהליכים תעשייתיים, לנתח כל תהליך מההיבט התרמודינמי ומההיבט הקינטי, להביא דוגמאות לשילוב כל אחד מפרקי הסילבוס כפי שהוא בא לידי יישום בתעשייה הכימית. הנושא התעשייתי הוא אינטגרטיבי ולכן מיישמים עקרונות וידע שנלמדים בכל הנושאים האחרים.

פולימרים

שאלה 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **81** | **74** | **69** | 72 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 72 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 39% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

10%

0-40

12%

55-84

39%

85-100

39%

**89**

**72**

**73**

**59**

**66**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לדעת מהי יחידה חוזרת של פולימר, לרשום נוסחת מבנה ליחידה חוזרת עבור פולימר על פי נוסחת מונומר.

⮘ להכיר את שיטת הפלמור על ידי סיפוח.

⮘ להבחין בין שיטות פלמור - סיפוח ודחיסה.

⮘ לזהות שיטת פלמור עבור פולימר נתון.

⮘ לדעת מהו תפקיד היזם בפלמור על ידי סיפוח.

⮘ לדעת מהו פיתול אקראי של שרשרות פולימר.

⮘ להכיר את הגורמים המשפיעים על יכולת הפיתול של שרשרות הפולימר.

⮘ לדרג את שרשרות הפולימרים על פי יכולת הפיתול שלהן.

⮘ להכיר את המושג: טמפרטורה זגוגית, Tg , של פולימר וגורמים המשפיעים על ערכה.

⮘ להעריך אם טמפרטורה זגוגית של פולימר מסוים גבוהה או נמוכה - על פי מבנה שרשרותיו ויכולת הפיתול שלהן.

⮘ להכיר את המושג: טמפרטורת היתוך, Tm , של פולימר ואת הגורמים המשפיעים על ערכה.

⮘ להעריך אם טמפרטורה היתוך של פולימר מסוים גבוהה או נמוכה - על פי סדירות שרשרותיו, חוזק אינטראקציות בין שרשרות וצפיפות האריזה.

⮘ להכיר את המושג: קופולימר.

⮘ לדעת מהם קשרי צילוב ותנאים להיווצרותם בפולימרים.

⮘ להכיר את המאפיינים של פולימרים תרמופלסטיים, אלסטומרים ופולימרים תרמוסטיים.

⮘ לדעת מהם חומרים מצליבים, ומהי השפעת כמות החומר המצליב על סוג הפולימר - תרמוסטי או אלסטומר.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים עבור פולימרים אחדים.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| נוסחת המונומר | שם הפולימר המתקבל  מהמונומר הנתון | טמפרטורה זגוגית  Tg (oC) |
| CF2 = CF2 | טפלון - פוליטטרה-פלואורו אתילן | 125 |
| CH2 = CHCl | PVC - פוליוויניל כלוריד | 80 |
| CH2 = CHF | PVF - פוליויניל פלואוריד | ? |

סעיף א' (הציון 89)

**88**

**90**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 88)

רשום נוסחת מבנה ליחידה חוזרת עבור כל אחד מהפולימרים שבטבלה.

**התשובה:**

טפלון − CF2 − CF2 −

PVC − CH2 − CHCl −

PVF − CH2 − CHF −

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לרשום נוסחות מבנה ליחידות חוזרות של הפולימרים.

הטעויות המעטות שאותרו הן:

⬩ רישום נוסחת פולימר במקום נוסחת יחידה חוזרת:

***− CF2 − CF2 − − CH2 − CHCl − − CH2 − CHF −***

[ ] [ ] [ ]

***n  n  n***

⬩ רישום קטע מייצג של הפולימר במקום יחידה חוזרת:

***− CH2 − CHF − CH2 − CHF − CH2 − CHF −***

תת-סעיף ii (הציון 90)

בתהליך הפלמור נדרש יזם, כדי לקבל כל אחד משלושת הפולימרים.

קבע מהי שיטת הפלמור, והסבר את תפקיד היזם.

**התשובה:**

שיטת הפילמור היא סיפוח.

תפקידו של היזם - לפתוח את הקשר הכפול במולקולות המונומר (ובכך לגרום להתחלת תגובת הפלמור).

או: להתחיל את התגובה על ידי יצירת חלקיק לא יציב (או: רדיקל) (המתחיל את השלב הראשון של הפלמור).

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

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את שיטת הפלמור על פי נתוני השאלה - לפלמור נדרש יזם, והסבירו את תפקיד היזם.

הופיעו טעויות מעטות בהסברים על תפקיד היזם:

⬩ התייחסות להשפעת כמות היזם על אורך ממוצע של שרשרות הפולימר, במקום הסבר על תפקיד היזם:

• "היזם קובע כמה שרשרות יהיו ומסדר אותן."

⬩ התייחסות ליזם כאל זרז:

• "תפקיד היזם הוא לזרז את תהליך הפלמור."

סעיף ב' (הציון 72)

דרג את השרשרות של שלושת הפולימרים על פי יכולת הפיתול שלהן, מהיכולת הנמוכה לגבוהה.

הסבר על פי מבנה השרשרות.

**התשובה:**

דירוג שרשרות הפולימר על פי יכולת הפיתול:

טפלון PVF > PVC >

ככל שהאטומים בשרשרות הפולימר גדולים יותר, ההגבלה ליכולת הפיתול האקראי של השרשרות גדולה יותר. בשרשרות ה-PVC , בהשוואה ל- PVF , הוחלפו אטומי פלואור באטומים גדולים מהם, אטומי כלור.

בשרשרות הטפלון הוחלפו כל אטומי המימן באטומים גדולים יותר, אטומי פלואור. עקב כך ההגבלה ליכולת הפיתול האקראי של שרשרות הטפלון היא הגדולה ביותר.

(התקבל גם דירוג אחר: טפלון PVC > PVF > עם נימוק המבוסס על כך שקוטביות הקשר C−F גדולה מקוטביות הקשר C−Cl .)

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

רוב התלמידים קבעו נכון כי יכולת הפיתול האקראי של שרשרות הטפלון היא הנמוכה ביותר. אותרו טעויות מעטות בקביעת מיקומו של טפלון בדירוג הפולימרים על פי יכולת הפיתול:

• ***טפלון > PVF > PVC***

הטעויות הופיעו בעיקר בהשוואה בין יכולת הפיתול האקראי של שרשרות PVF לזו של שרשרות PVC :

⬩ הסברים המתבססים על ערכים של הטמפרטורה הזגוגית, Tg , של פולימרים במקום על מבנה השרשרות שלהם - התייחסות ל- Tg של PVC ושל PVF שנקבעו בסעיף הבא - בלבול בין סיבה לתוצאה.

⬩ התייחסות לקשרי מימן ב- PVF תוך התעלמות מכך שבפולימר זה אין תנאים לקיום קשרי מימן - אין קשרי F−H בשרשרות:

• "בין שרשרות ***PVF*** יש קשרי מימן, לכן יכולת הפיתול של שרשרות אלה נמוכה יותר."

⬩ התייחסות ליכולת פיתול של מולקולות המונומרים במקום שרשרות הפולימרים.

סעיף ג' (הציון 73)

לפניך שלושה ערכים של טמפרטורה זגוגית, Tg : 180oC , 100 oC , 40 oC .

מבין ערכים אלה בחר את הערך של Tg המתאים ל- PVF . נמק.

**התשובה:**

40oC

הטמפרטורה מתאימה לפולימר PVF , מכיוון שכושר הפיתול של השרשרות של פולימר זה הכי גבוה מבין הפולימרים הנתונים, ולכן לא דרושה טמפרטורה גבוהה כדי לגרום להגברת חופש התנועה והפיתול באזורים האמורפים.

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

הטעות האופיינית העיקרית בסעיף זה היא חוסר הבנה - מהו הקשר בין יכולת הפיתול של שרשרות הפולימר לבין הטמפרטורה הזגוגית שלו. חלק מהתלמידים טעו במסקנה לגבי Tg של הפולימר על סמך יכולת הפיתול היחסית של שרשרותיו, כפי שנקבעה בסעיף הקודם:

• "***Tg*** של ***PVC*** נמוך, כי לשרשרות שלו אין אפשרויות פיתול."

• "יכולת הפיתול האקראי של שרשרות ***PVF*** גבוהה, לכן ***Tg*** של ***PVF*** גבוה."

סעיף ד' (הציון 59)

אפשר לקבל קופולימר אקראי על ידי פלמור של מונומרים CF2 = CF2 ו- CF3 − CF = CF2 .

טמפרטורת ההיתוך של הקופולימר נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של טפלון. הסבר עובדה זו.

**התשובה:**

לשרשרת הקופולימר יחידות חוזרות לא סדירות (או: קבוצות צדדיות נפחיות יותר), המפריעות לאריזה צפופה של השרשרות. האינטראקציות בין שרשרות הקופולימר חלשות יותר מהאינטראקציות שבין שרשרות הטפלון, לכן טמפרטורת ההיתוך של הקופולימר נמוכה יותר.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא ידעו מהם הגורמים המשפיעים על טמפרטורת היתוך, Tm , של פולימר, ולא הצליחו להעריך אם טמפרטורה היתוך של פולימר מסוים גבוהה או נמוכה - על פי סדירות שרשרותיו, חוזק אינטראקציות בין שרשרות וצפיפות האריזה.

הטעויות האופייניות שאותרו הן:

⬩ התייחסות לפיתול אקראי של שרשרות הפולימר כאל גורם המשפיע על Tm שלו:

• "ככל שיכולת הפיתול נמוכה יותר, ***Tm*** של פולימר גבוה יותר."

⬩ חוסר התייחסות ליחידות חוזרות לא סדירות עקב נוכחות קבוצות צד נפחיות בקופולימר. לעיתים התלמידים מנסים לתאר אי-סדירות של שרשרות, אך לא במונחים מדעיים:

• "טמפרטורת היתוך נמוכה יותר, כי הקופולימר לא סימטרי."

⬩ חוסר התייחסות לאינטראקציות בין שרשרות ולצפיפות האריזה.

סעיף ה' (הציון 66)

במהלך יצירת הקופולימר מוסיפים כמות קטנה של מונומר מסוג דיאן, CH2=CH−(CH2)5−CH=CH2 .

מתקבל אלסטומר שממנו מייצרים צינורות.

**71**

**61**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 71)

מדוע יש להוסיף דיאן לקבלת אלסטומר?

**התשובה:**

הוספת הדיאן בעת הפלמור גורמת לכך שנוצרים קשרי צילוב בין שרשרות הפולימר.

(הדיאן משתלב בתהליך הסיפוח המתרחש בעת הפלמור).

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים כלליים - לא מתאימים, ללא התייחסות לקשרי צילוב:

• "לדיאן יש הרבה פיתולים באזורים אמורפיים המגמישים את הפולימר."

• "ללא דיאן החומר לא יכול להיות אלסטומר ולשנות את צורתו."

• "יש להוסיף דיאן לקבלת אלסטומר, כיוון שאלסטומר צריך שרשרות ארוכות ומסודרות."

הסברים משקפים חוסר הבנה מהו אלסטומר, מה תפקידם של קשרי צילוב וכיצד הם נוצרים.

תת-סעיף ii (הציון 61)

מדוע מוסיפים כמות קטנה של דיאן?

**התשובה:**

הוספת כמות קטנה של דיאן גורמת ליצירת מספר מועט של קשרי צילוב בין השרשרות, ולכן מתאפשר שינוי בצורה של הפולימר וחזרתו לצורה המקורית, כלומר להפיכתו של הקופולימר לאלסטומר.

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

הציון נמוך. הטעויות האופייניות שהופיעו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר הבנה - מהם קשרי צילוב ומהם התנאים להיווצרותם בין שרשרות הפולימר, מהי ההשפעה של כמות חומר מצליב על סוג הפולימר שיתקבל, מהם מאפייני אלסטומרים. חלק מהתלמידים שטעו אינם מבינים את התהליכים המתרחשים בעת הצילוב.

• "אם נוסיף הרבה דיאן, החומר יהיה בעל יכולת פיתול גבוהה וללא קשיחות, ולכן לא יוכל להיות אלסטומר."

• "יש להוסיף כמות קטנה כדי שהקופולימר לא יאבד את תכונות הקושי שלו. בכמויות גדולות מדי של דיאן החומר יתפתל יותר מדי."

מומלץ לנתח עם התלמידים את שני התהליכים המתוארים בסעיפים ד'-ה', ולרשום את נוסחאות התוצרים:

I. קבלת קופולימר מהמונומרים: CF2 = CF2 ו- CF3 − CF = CF2 :

――CF2―CF2―CF2―CF―CF2―CF2―CF―CF2―CF―CF2―CF2―CF2―CF2―CF――

⎯

CF3

⎯

CF3

⎯

CF3

⎯

CF3

II. קבלת אלסטומר מהמונומרים: CF2 = CF2 ו- CF3 − CF = CF2

ומעט דיאן CH2=CH−(CH2)5−CH=CH2 :

⎯

⎯

――CF2―CF2―CF2―CF―CH―CH2―CF―CF2―CF―CF2―CH―CH2―CF2―CF――

⎯

CF3

⎯

CF3

⎯

CF3

⎯

CF3

⎯

⎯

⎯

⎯

⎯

CH2

CH2

CH2

CH2

CH2

⎯

――CF2―CF2―CF2―CF―CH―CH2―CF―CF2―CF―CF2―CH―CH2―CF2―CF――

⎯

CF3

⎯

CF3

⎯

CF3

⎯

CF3

…..

…..

כדי לקבל קופולימר הנתון, שהוא אלסטומר, לקחו שני מונומרים עם קשר כפול בכל מולקולה והוסיפו במהלך הפלמור, מעט מונומר שבכל מולקולה שלו יש שני קשרים כפולים - דיאן לא מוצמד המשמש מצליב. ביצעו את הפלמור בתנאים מתאימים, בנוכחות יזם.

פולימרים

שאלה 6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **70** | **69** | **67** | 69 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 69 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 27% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

**79**

**69**

**62**

**63**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

11%

0-40

13%

55-84

51%

85-100

25%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את שיטת הפלמור על ידי דחיסה.

⮘ לדעת מהי יחידה חוזרת של פולימר, לרשום נוסחת מבנה ליחידה חוזרת עבור פולימר על פי נוסחת מונומר.

⮘ להבחין בין שיטות פלמור - סיפוח ודחיסה.

⮘ לדעת מהם סיבים. להכיר את מאפייני מבנה של סיבים ו את הגורמים המשפיעים על חוזק סיבים.

⮘ לדעת מהו פיתול אקראי של שרשרות פולימר.

⮘ להכיר את הגורמים המשפיעים על יכולת פיתול של שרשרות הפולימר.

⮘ להכיר את המושג: טמפרטורת היתוך, Tm , של פולימר ואת הגורמים המשפיעים על ערכה.

⮘ להעריך אם טמפרטורה היתוך של פולימר מסוים גבוהה או נמוכה - על פי סדירות שרשרותיו, חוזק אינטראקציות בין שרשרות וצפיפות האריזה.

⮘ להכיר את המושג: קופולימר.

⮘ לדעת מהם אלסטומרים ומהן תכונותיהם.

⮘ לדעת את סוגי הכוחות הבין מולקולריים בפולימרים, כולל החוזק היחסי שלהם.

⮘ לדעת מהי ספיגת המים על ידי פולימרים ואת הגורמים המשפיעים על מידה של ספיגת המים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

השאלה עוסקת בסיבים המשמשים לייצור בדים.

סעיף א' (הציון 79)

סיבי קוולאר הם סיבים חזקים המשמשים, בין היתר, לייצור אפודי מגן.

קוולאר מתקבל משני המונומרים האלה:

H2N ― ― NH2 HOOC ― ― COOH

**84**

**70**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 84)

רשום את נוסחת המבנה ליחידה החוזרת של קוולאר.

**התשובה:**

―N― ―N―C― ―C―

O

―

―

O

―

―

H

―

H

―

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לרשום נוסחת מבנה ליחידה חוזרת של קוולאר על פי נוסחאות המונומרים, שמהם נוצר קוולר. הטעויות המעטות שאותרו הן רישום שגוי של קשר אמידי ואי-רישום של קווי המשך.

תת-סעיף ii (הציון 70)

ציין שני מאפייני מבנה, התורמים לחוזק של סיבי קוולאר.

**התשובה:**

שני מאפייני מבנה:

- שרשרות קוולאר בנויות ממקטעים קשיחים - טבעות בנזניות וקבוצות אמידיות. מקטעים אלה תורמים להתארגנות השרשרות באריזה צפופה.

- בין השרשרות יש קשרי מימן חזקים המופיעים בתדירות גבוהה.

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא התייחסות לסיבי קוולאר - לצבר, כאל שרשרות בודדות.

ברוב התשובות צוינו מקטעים קשיחים בשרשרות, אך חלק מהתלמידים לא קישרו בינם לבין התארגנות השרשרות באריזה צפופה, אלא כתבו על הגבלות לפיתול אקראי של שרשרות:

• "בשרשרות קוולאר יש טבעות בנזניות המפריעות לפיתול אקראי של שרשרות."

בתשובות רבות לא מוזכרים קשרי מימן בין השרשרות.

סעיף ב' (הציון 69)

פוליאוריתאן הוא קופולימר המשמש, בין היתר, כתחליף לגומי.

לפניך קטע מייצג של פוליאוריתאן:

―C―N― ―CH2― ―N―C―O―CH2―CH2―O―

O

―

―

O

―

―

H

―

H

―

― ―

טמפרטורת ההיתוך, Tm , של פוליאוריתאן נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של קוולאר.

ציין שתי סיבות לכך, והסבר אותן.

**התשובה:**

שתיים מהסיבות:

- בשרשרות פוליאוריתאן בין המקטעים הקשיחים יש קבוצות מתילניות המקנות לשרשרות יכולת תנועה ופיתול ומפריעות להתארגנות השרשרות באריזה צפופה.

- תדירות קשרי המימן בין שרשרות הפוליאוריתאן נמוכה יותר.

(האינטראקציות הבין-מולקולריות בין שרשרות הפוליאוריתאן חלשות יותר.)

- בפוליאוריתאן אין יחידה חוזרת סדירה ולכן שרשרות הפוליאוריתאן אינן יכולות להתארגן באריזה צפופה ומסודרת.

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

הסיבה העיקרית לטעויות שאותרו בסעיף זה היא חוסר הבחנה בין טמפרטורת היתוך של פולימר לבין טמפרטורה זגוגית שלו, ובין הגורמים המשפיעים על ערכים של Tm ו- Tg . לכן, בדומה לתשובות בתת-סעיף א' ii , חלק מהתלמידים כתבו על הגבלות לפיתול אקראי של שרשרות:

• "בשרשרות פוליאוריתאן יש פחות טבעות בנזניות המפריעות לפיתול, ולכן ***Tm*** שלו נמוכה יותר."

חלק ניכר מהתלמידים לא הזכירו כלל את קשרי המימן ואת תדירותם בין שרשרות של שני הפולימרים.

טעות נוספת שאותרה היא חוסר הבחנה בין קבוצות צד לבין קבוצות בשלד הפולימר:

• "בפוליאוריתאן יש קבוצות צד מרובות יותר שמורידות ***Tm***."

סעיף ג' (הציון 62)

סיבי לייקרה הם סיבים אלסטיים המשמשים, בין היתר, לייצור בגדי ים. סיבים אלסטיים משלבים

תכונות של סיבים עם תכונות של אלסטומרים. לייקרה היא קופולימר הבנוי משני סוגים של

מקטעים: a ו- b . לפניך קטע מייצג של לייקרה:

O

―

―

O

―

―

H

―

H

―

――C―N― ―CH2― ―N―C―O―CH2―CH2―O――

[ ]

x

מקטע a מקטע b

x מסמן מספר יחידות חוזרות של מקטע a (עד 40).

**58**

**66**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 58)

הסבר מדוע סיבי לייקרה הם אלסטיים.

**התשובה:**

שרשרות הלייקרה מורכבות ממקטעים גמישים מסוג a)), וממקטעים קשיחים מסוג (b) לסירוגין. באזורים הגמישים קטעי השרשרות מפותלים והקשרים הבין- שרשרתיים חלשים, דבר המקנה כושר מתיחה לסיב.

באזורים הקשיחים יש הגבלה ניכרת לפיתול האקראי (בשל טבעות הבנזן והקשרים האמידיים) וקשרים בין-שרשרתיים חזקים. אזורים אלו מקנים לשרשרות הפולימר את היכולת לחזור למצבן הקודם לאחר המתיחה.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הפנימו את ההסבר הניתן בשאלה על כך שסיבים אלסטיים משלבים

תכונות של סיבים עם תכונות של אלסטומרים, ולא הצליחו לקשר בין מקטעים בשרשרות הפולימר לבין תכונות של סיבים ושל אלסטומרים. רוב התשובות השגויות התייחסו לתכונות של סוג אחד של פולימרים - רק לסיבים או רק לאלסטומרים.

היו תלמידים שלא ידעו להבחין בין סיבה לתוצאה:

• "סיבי לייקרה הם אלסטיים, כי הם משמשים לייצור בגדי ים."

תת-סעיף ii (הציון 66)

קבע אם ערך Tm של לייקרה גדול מערך Tm של פוליאוריתאן או קטן ממנו. נמק.

**התשובה:**

ערך הTm - של לייקרה קטן מערך ה- Tm של פוליאוריתאן.

בשרשרות לייקרה יש קבוצות מתילניות רבות יותר בין המקטעים הקשיחים מאשר בשרשרות הפוליאורתאן. (הן מפריעות לאריזה צפופה ומחלישות את חוזק הכוחות בין השרשרות.)

בלייקרה התדירות של האזורים הקשיחים לאורך השרשרות נמוכה מהתדירות של האזורים הקשיחים לאורך שרשרות הפוליאוריתאן. לכן האינטראקציות הבין- שרשרתיות בלייקרה חלשות יותר וערך Tm נמוך מזה של פוליאוריתאן.

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

ההשוואה בין ערכי Tm של לייקרה ושל פוליאוריתאן הייתה קשה לחלק מהתלמידים.

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

1. קביעה שגויה הנובעת מפירוש מוטעה של נוכחות קבוצות מתילניות וקטעים קשיחים בשרשרות הפולימרים:

• "בשרשרות של לייקרה יש הרבה קבוצות ***-CH2*** , לכן ***Tm***שלה גבוה יותר."

• "***Tm***של לייקרה גבוה יותר, כי תדירות מקטעים קשיחים בשרשרות שלה נמוכה יותר."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק חלקי, המתייחס למספר קבוצות מתילניות בשרשרות לייקרה, ללא אזכור של תדירות האזורים הקשיחים לאורך השרשרות.

סעיף ד' (הציון 63)

ייצרו בגדי ים חדישים מסיבים אלסטיים השונים מסיבי לייקרה - בבגדי הים החדישים מקטעי a

― CH2 − CCl = CH − CH2 ―

[ ]n

הוחלפו במקטעים של הפולימר ניאופרן, .

בגדי ים אלה הדוקים יותר, סופגים פחות מים, ומקנים חלקלקות לשחיינים הלובשים אותם.

בזכות בגדי ים אלה נשברו שיאי עולם רבים באולימפיאדת בייג'ין.

**79**

**53**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 79)

רשום את נוסחת המבנה של המונומר שממנו נוצר ניאופרן.

**התשובה:**

(ניאופרן נוצר בפלמור על ידי סיפוח.(

CH2 = CCl − CH = CH2

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

רוב התלמידים רשמו נכון את נוסחת המונומר. אך היו תלמידים שלא הכירו מונומרים עם שני קשרים כפולים במולקולה ותהליכי פלמור, שבהם משתתפים מונומרים מסוג זה, ולכן התקשו בכתיבת הנוסחה:

• ***CH=CH2=CH2=CCl***

• ***CH=CH2=CCl−CH2***

תת-סעיף ii (הציון 53)

הסבר ברמה המיקרוסקופית מדוע בגדי ים אלה סופגים פחות מים.

**התשובה:**

בסיבי הלייקרה במקטעי a יש אטומי חמצן היכולים ליצור קשרי מימן עם מולקולות המים ובכך לאפשר ספיגה של מים. במקטעי הניאופרן שהחליפו את מקטעיa יש אטומי Cl שאינם יוצרים קשרי מימן עם מולקולות המים, ולכן כושר ספיגת המים נמוך יותר.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו להסביר מהי ספיגת המים על ידי פולימרים ברמה מיקרוסקופית. הבעיה העיקרית היא חוסר התייחסות לסיכוי היווצרות של קשרי מימן בין שרשרות הפולימר לבין מולקולות המים. כתוצאה מכך הופיעו הסברים המתייחסים לקשרים קוולנטיים בתוך שרשרות הפולימר:

• "בשרשרות הפולימר יש קשרים חזקים שלא מאפשרים למולקולות המים לחדור דרך השרשרות."

• "קשרים כפולים חזקים, לכן מולקולות המים לא יכולות לפרקם ולהיכנס לפולימר."

• "בגדי ים אלה יכולים ליצור קשרי צילוב ובכך לספוג פחות מים."

מומלץ להבהיר לתלמידים שהתנאי לספיגת מים על ידי פולימר הוא סיכוי להיווצרות קשרי מימן בין שרשרות הפולימר לבין מולקולות המים. במידה ושרשרות הפולימר קצרות, ויש בהן מספר רב של קבוצות העשויות ליצור קשרי מימן עם מולקולות המים, נוצרים קשרי מימן רבים, ומתרחשת תפיחה - חדירות מולקולות המים בין שרשרות הפולימר - יצירת ג'ל, ולאחר מכן - דיפוזיה - שבירת שכבת הג'ל וערבוב בין מולקולות הפולימר לבין מולקולות המים - המסה.

חלק מהתלמידים מתקשה להסביר ברמה מיקרוסקופית את תכונות הפולימר (רמה מאקרוסקופית).

מומלץ לעבור עם התלמידים על הקשר בין המבנה המיקרוסקופי של הפולימר לבין תכונותיו. מומלץ להיעזר בדוגמאות הנמצאות בספר הלימוד "פולימרים סינתטיים חומרים כבקשתך" מאת נאוה מילנר, מכון ויצמן למדע, פרק ו': ריכוך - עמוד 130; סיבים - עמוד 135; תיקון עצמות - עמוד 151; חוטים מתכלים - עמוד 153; עדשות מגע - עמוד 153; אריזת מזון - עמוד 155.

בתשובות לשתי השאלות בנושא הפולימרים הופיעו טעויות הנובעות מחוסר הבחנה בין טמפרטורה זגוגית, Tg , וטמפרטורת רתיחה, Tm , של הפולימר, ובין הגורמים המשפיעים על ערכים של Tg ו- Tm .

מומלץ להבהיר לתלמידים שערכו של Tg תלוי בחופש הפיתול של קטעי שרשרות באזורים אמורפיים. ככל שהשרשרות גמישות יותר וההגבלות לפיתול קטנות יותר ה- Tgנמוך יותר.

אפשר לסכם את הגורמים העיקריים המשפיעים על ערך Tg בסכמה הבאה:

בדרך כלל

לפעמים

**גורמים עיקריים המשפיעים על ערכי Tg של פולימרים**

עלייה בערך Tg של הפולימר

נוכחות אזורים קשיחים

בעמודי השדרה של

**שרשרות הפולימר**

נוכחות קבוצות

צדדיות גדולות

בשרשרות הפולימר\*

קשרי מימן

בין שרשרות

הפולימר

כוחות ון-דר-ואלס

בין קבוצות צדדיות קוטביות בשרשרות הפולימר הסמוכות

הפרעות לפיתול האקראי של שרשרות הפולימר

אינטראקציות משמעותיות בין

שרשרות הפולימר

ירידה בערך Tg

של הפולימר

בדרך כלל

לפעמים

\* לנוכחות קבוצות צדדיות גדולות בשרשרות הפולימר יכולה להיות השפעה מנוגדת על ערך Tg של הפולימר. מצד אחד זוהי הפרעה לפיתול אקראי הגורמת לעלייה בערך Tg , אך מצד שני קבוצות צדדיות גדולות גורמות להרחקת השרשרות ולהחלשת כוחות בין מולקולריים, ולפיכך לירידה בערך Tg של הפולימר.

ערכו של Tm תלוי במידת התארגנות של שרשרות הפולימר באריזה צפופה ומסודרת. ככל שהשרשרות ישירות יותר והאינטראקציות ביניהן חזקות יותר ה- Tmגבוה יותר.

אפשר לסכם את הגורמים העיקריים המשפיעים על ערך Tm בסכמה הבאה:

התארגנות של שרשרות הפולימר

באריזה צפופה ומסודרת

**גורמים עיקריים המשפיעים על ערכי Tm של פולימרים**

עלייה בערך Tm של הפולימר

נוכחות אזורים קשיחים

בעמודי השדרה של

**שרשרות הפולימר**

נוכחות קבוצות

צדדיות גדולות

בשרשרות הפולימר\*

קשרי מימן

בין שרשרות

הפולימר

כוחות ון-דר-ואלס

בין קבוצות צדדיות קוטביות בשרשרות הפולימר הסמוכות

אינטראקציות משמעותיות בין

שרשרות הפולימר

ירידה בערך Tm

של הפולימר

בדרך כלל

לפעמים

\* לנוכחות קבוצות צדדיות גדולות בשרשרות הפולימר יכולה להיות השפעה מנוגדת על ערך Tm של הפולימר. מצד אחד נוכחות קבוצות אלה גורמת להתיישרות השרשרות, להתקרבותן ולעלייה בערך Tm , אך מצד שני קבוצות צדדיות גדולות גורמות להרחקת השרשרות ולהחלשת כוחות בין מולקולריים, ולפיכך לירידה בערך Tm של הפולימר.

כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

שאלה 7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **82** | **72** | **73** | 74 |

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

**בחרו בשאלה 14% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

10%

0-40

9%

55-84

42%

85-100

39%

**73**

**94**

**77**

**66**

**68**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את המושג: אטום מעורר.

⮘ לקשר בין בליעת אנרגיה לעירור של אטומים.

⮘ הקשר בין ירידה לרמות אנרגיה אלקטרוניות נמוכות יותר לבין פליטה של קרינה אלקטרומגנטית.

⮘ לקשר בין אורך גל של פוטון לצבע האור המתקבל ולתדירות של הקרינה.

⮘ לדעת שקיים יחס הפוך בין אורך גל של פוטון לתדירות הקרינה.

⮘ לרשום היערכות אלקטרונים של אטום בודד.

⮘ לסרטט אכלוס אלקטרונים בדיאגרמת רמות אנרגיה מולקולריות.

⮘ לרשום היערכות אלקטרונים של מולקולות.

⮘ לקבוע יציבות יחסית של מולקולות בעזרת סדר קשר או לפי אכלוס אורביטלים מולקולריים קושרים לעומת אנטי קושרים.

⮘ לזהות מבנה של פסי אנרגיה המתאים למתכת, למוליך למחצה ולמבודד.

⮘ להסביר את הקשר בין מבנה פסי האנרגיה ליכולת ההולכה החשמלית של חומרים שונים.

⮘ לדעת מהו אכלוס אלקטרונים בפסי אנרגיה של סריג.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

סעיף א' (הציון 73)

**75**

**71**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 71)

הסבר את המושג "אטום מעורר".

**התשובה:**

באטום מעורר יש אלקטרונים שעברו מרמות נמוכות לרמות גבוהות יותר.

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

תת-סעיף קל יחסית, ולמרות זאת היו לא מעט תלמידים שלא ידעו מה זה אטום מעורר או שלא דייקו בהגדרה. הטעויות האופייניות בתת-סעיף זה הן:

⬩ חוסר התייחסות לכך שמצב מעורר הוא מצב לא יציב. כפי הנראה, התלמידים שטעו סבורים כי משמעות המילה "מעורר" היא "לא יציב".

⬩ התייחסות לשינוי האנרגיה באטום כולו מבלי להתייחס למעבר אלקטרונים בין רמות אנרגיה:

• "אטום מעורר הוא שעולה לרמת אנרגיה גבוהה."

• "אטום מעורר כי לא מאכלסים אורביטל רגיל ועוברים לאורביטל אחר."

⬩ בלבול בין מושגים שנלמדו במבנית. שימוש בהגדרה במושגיםHOMO , LUMO, פס ערכיות ופס הולכה.

• "אטום קלט אנרגיה ואלקטרון קפץ מפס הערכיות לרמה יותר גבוהה."

• "...אלקטרון עובר מרמת האנרגיה האחרונה המאוכלסת לרמת אנרגיה לא מאוכלסת (מהומו ללומו)."

תת-סעיף ii (הציון 71)

הסבר מדוע אטום מעורר פולט קרינה אלקטרומגנטית.

**התשובה:**

המצב המעורר אינו יציב. האלקטרונים חוזרים לרמות האנרגיה הנמוכות תוך פליטת אנרגיה (בצורת קרינה אלקטרומגנטית).

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

תלמידים, שהתקשו בתת-סעיף i , התקשו גם בתת-סעיף זה.

הבעיה העיקרית היא חוסר הבנה כי אנרגיה נפלטת כאשר אלקטרון יורד מרמת אנרגיה גבוהה לנמוכה:

• "אטום מעורר פולט אנרגיה בגלל שהאטום נע כל הזמן וככל שהוא נע יותר אז הוא פולט יותר אנרגיה."

חלק מהתלמידים סבורים כי הפליטה מתרחשת כאשר האטום עובר עירור:

• "כאשר אטום מקבל אנרגיה וגורם לקפיצה של אלקטרונים לאורביטל אחר, נפלטת אנרגיה מסוימת המתבטאת גם באורכי הגל השונים הפולטים קרינה אלקטרומגנטית."

• "כאשר אטום בולע פוטון נפלטת האנרגיה האלקטרומגנטית של הפוטון (שהיא האנרגיה של הפוטון)."

סעיף ב' (הציון 94)

בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של שלושה אורכי גל המופיעים בספקטרום הפליטה של אטומי

היסודות: ליתיום, Li , ופחמן, C .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| היסוד | (nm)אורך גל | | |
| Li | 413 | 548 | 671 |
| C | 392 | 427 | 658 |

**97**

**90**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 97)

עבור כל אחד מאורכי הגל שבטבלה, ציין את צבע האור המתקבל

**התשובה:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| היסוד | צבע (אורך גל (nm | | |
| Li | סגול (413) | ירוק (548) | אדום(670) |
| C | סגול (392) | סגול (427) | אדום (658) |

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

הציון גבוה מאוד. תלמידים מעטים טעו וקבעו את צבע האור כמשלים בגלגל הצבעים.

תת-סעיף ii (הציון 90)

קבע לאיזה מאורכי הגל שבטבלה מתאימה תדירות הקרינה האלקטרומגנטית הגבוהה ביותר. נמק.

**התשובה:**

392 nm .

תדירות הגל היא ביחס הפוך לאורך הגל. התדירות הגבוהה ביותר מתאימה לאורך הגל הקטן ביותר.

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

הציון גבוה. הטעויות המעטות שאותרו הן:

⬩ קביעה שגויה עקב חוסר הבנה מהו היחס בין אורך גל לתדירות הקרינה:

• "קיים יחס ישר בין אורך הגל לתדירות הקרינה."

• "באורך גל  ***nm671*** , כי אורך גל ארוך יותר נותן תדירות גבוהה יותר."

⬩ בחירה בשלושה אורכי גל במקום באורך גל אחד:

• "צבע סגול נותן אורך גל קצר יותר ולכן התדירות גבוהה יותר. אורכי הגל המתאימים לצבע הסגול: ***423 nm , 392 nm , 427 nm*** ."

סעיף ג' (הציון 77)

רשום את היערכות האלקטרונים באטום Li ובאטום C .

**התשובה:**

היערכות האלקטרונים באטום Li : 1s22s1

היערכות האלקטרונים באטום C : 1s22s22px12py1

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

הטעויות האופייניות שאותרו בסעיף זה הן:

⬩ היעדר הפרדה בין אורביטלי p בהיערכות האלקטרונים באטום פחמן:

• ***1s22s22p2***

⬩ חוסר התייחסות לכלל הונד.

⬩ רישום דיאגרמת אכלוס במקום היערכות אלקטרונים:

↑↓

↑↓

↑

↑

***1s 2s 2p***

•

⬩ היו תלמידים שהתייחסו להיערכות אלקטרונים ברמות אנרגיה כפי שלמדו בכיתה י'-יא':

חלק מהתלמידים האלה רשמו אכלוס: • ***Li 2,1 C 2,4***

• ***Li* ) ) *C* ) )**

***2 1 2 4***

וחלקם שרטטו:

סעיף ד' (הציון 66)

בתנאים מתאימים יכולות להיווצר מולקולות Li2 ו- C2 .

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**75**

**49**

**68**

תת-סעיף i (הציון 75)

סרטט דיאגרמת אכלוס אלקטרונים ברמות אנרגיה, עבור מולקולה Li2 .

**התשובה:**

דיאגרמת אכלוס אלקטרונים של Li2

2s

σ2s\*

σ2s

2s

**↑↓**

**↑**

**↑**

1s

σ1s\*

σ1s

1s

**↑↓**

**↑↓**

**↑↓**

**↑↓**

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

רוב התלמידים שרטטו נכון את דיאגרמת אכלוס אלקטרונים של Li2 , אך היו שלא הצליחו להציג נכון את אכלוס האלקטרונים.

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא ואכלוס 6 אלקטרונים בדיאגרמת רמות אנרגיה אטומיות.

תת-סעיף ii (הציון 49)

רשום את ההיערכות האלקטרונים במולקולה C2 .

**התשובה:**

היערכות אלקטרונים במולקולה C2 :

2S2σ\*2S2π2P2π2P2 σ2\*1Sσ21Sσ

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לרשום נכון את ההיערכות האלקטרונים במולקולה C2 .

הטעויות האופייניות שהופיעו בתת-סעיף זה הן:

⬩ אכלוס אלקטרונים בדיאגרמת רמות אנרגיה במקום רישום היערכות אלקטרונים.

⬩ בלבול בין אורביטלים אטומיים לבין אורביטלים מולקולריים:

• ***1s22s22p2***

⬩ שרטוט של דיאגרמת רמות אנרגיה אטומיות ואכלוס 12 אלקטרונים.

⬩ אכלוס כלל האלקטרונים במולקולה ברמות אנרגיה של אטום בודד - לפי רמת הידע של כיתה י"א:

) ) )

***2 8 2***

•

⬩ רישום נוסחת ייצוג אלקטרונית לאטומי היסודות.

⬩ רישום אורביטלים מולקולריים מתחת למשבצות והכנסת חצים בתוך המשבצות:

↑↓

↑↓

↑↓

***σ1Sσ \*1S σ2s***

⬩ שרטוט נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של קשרים קוולנטיים שגויים:

.

.

.

.

.

.

• ***C C Li Li***

⬩ רישום סימנים שונים, לרוב δ , במקום האות היווניתσ .

תת-סעיף iii (הציון 68)

קבע איזו משתי המולקולות, Li2 או C2 , פחות יציבה. נמק.

**התשובה:**

מולקולה Li2 פחות יציבה. (קובעים את היציבות של החלקיק על פי סדר קשר.)

סדר הקשר במולקולה Li2 הוא 1 .

סדר הקשר במולקולה C2 הוא 2 .

לכן המולקולה Li2 יציבה פחות.

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

הציון נמוך יחסית. תלמידים שטעו בתת-סעיפים קודמים, התקשו גם בתת-סעיף זה.

חלק מהתלמידים מצאו ורשמו סדר קשר נכון אך הגיעו למסקנה הפוכה.

סעיף ה' (הציון 68)

לפניך ארבעה איורים (1)-(4), המציגים את המבנה של פסי אנרגיה של ארבעה חומרים מוצקים שונים, המכילים N אטומים.

**(1) (2) (3) (4)**

## E

n=1

n=2

פס הולכה

פס ערכיות

E

n=1

n=2

פס הולכה

1 eV

פס ערכיות

n=2

n=1

E

פס הולכה

פס ערכיות

5.4eV

n=3

n=2

n=1

E

פס הולכה

פס ערכיות

פס הולכה

פס ערכיות

**73**

**63**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 73)

קבע איזה מהאיורים (1)-(4) מתאים לליתיום, Li(s) , ואיזה ליהלום, C(s) . נמק.

**התשובה:**

איור (1) מתאים לליתיום Li(s) .

ליתיום הוא מתכת. הדבר מתאים לאיור (1), כי בין פס הערכיות, המאוכלס באלקטרונים, לפס ההולכה, שאין בו אלקטרונים, אין הפרש אנרגטי, כלומר אלקטרונים הנמצאים בפס הערכיות יכולים לעבור לפס ההולכה ללא השקעת אנרגיה (בטמפרטורת החדר), ולכן החומר יוליך.

איור (3) מתאים לפחמן (יהלום),C(s) .

היהלום הוא חומר שאינו מוליך חשמל בטמפרטורת החדר ואינו מל"מ. באיור (3) בין פס הערכיות, המאוכלס באלקטרונים, לבין פס ההולכה, הריק מאלקטרונים, יש פער אנרגטי גדול. פער אנרגטי זה מונע מאלקטרונים לעבור מפס הערכיות לפס ההולכה, ולכן אינו מוליך.

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

המטלה בתת-סעיף זה מורכבת ממספר שלבים. לכן חלק ניכר מהתלמידים התקשה להגיע להתאמה נכונה.

ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

⬩ קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי או חלקי. בהתאמת האיור לליתיום בתשובות רבות לא הייתה התייחסות למעבר אלקטרונים מפס הערכיות לפס ההולכה.

⬩ קביעה שגויה וניסיון לנמקה. חלק מהתלמידים בחרו באיור (2) כמתאים לליתיום. הדבר גרר שגיאה גם לתת-סעיף ii .

תת-סעיף ii (הציון 63)

לפניך שני היגדים (a) - (b) , בנוגע לאיורים (1)-(4). קבע עבור כל אחד מההיגדים אם הוא נכון או

לא נכון. נמק כל קביעה.

(a) פס הערכיות בדיאגרמת האנרגיה של יהלום מכיל2N אלקטרונים.

(b) חומר שאיור (2) מתאים לו מוליך חשמל רק מעל טמפרטורה מסוימת.

**התשובה:**

היגד a לא נכון.

באטום פחמן יש 4 אלקטרונים ברמה האחרונה.

בגביש פחמן בעל N אטומים יהיו בפס הערכיות2N אלקטרונים ולא 2N .

היגד b נכון.

באיור (2) בין פס הערכיות לפס ההולכה יש פער אנרגיה של 1ev. כדי שאלקטרונים הנמצאים בפס הערכיות יוכלו לעבור לפס ההולכה ולנוע בגביש, יהיה צורך להשקיע אנרגיה, ולכן הולכה חשמלית בחומר תתקיים בטמפרטורה גבוהה יותר.זהו מצב המאפיין מל"מ.

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

הציון נמוך. אותרו הטעויות האופייניות משני סוגים עיקרים:

1. קביעה שגויה עבור היגד a וניסיון לנמקה:

• "היגד ***a*** נכון. ברמה המאוכלסת האחרונה של יהלום יש ***4*** אורביטלים - ***2N*** ."

• "היגד ***a*** נכון. אלקטרוני ערכיות ברמה ***p*** ."

• "היגד ***a*** נכון. ***N*** מסמל את האורביטל, ובכל אורביטל יכולים להיות ***2*** אלקטרונים."

2. קביעה נכונה לגבי היגד b המלווה בהסברים חלקיים. אי התייחסות לנושא מעבר אלקטרונים מפס הערכיות לפס ההולכה.

הצעה לתרגול מתוך בחינת מתכונת של בית ספר רוגוזין קריית אתא, שחוברה על ידי

עדינה שינפלד:

א. אסטרונומים גילו כוכב בשם HD 209458bהמקיף כוכב דמוי שמש מחוץ למערכת השמש שלנו. כאשר הכוכב חולף על פני כוכב השמש שלו, עובר אור דרך האטמוספרה של הכוכב אשר נמדד על ידי אסטרונומים. האסטרונומים ניתחו את הספקטרום המגיע דרך הכוכב וגילו נוכחות של יסוד מסוים באטמוספרה של הכוכב. התברר כי נצפה אור ברור באורך גל 590 nm התואם לנתרן.

i הסבר מדוע נפלט אור על ידי אטומי נתרן.

ii חשב את האנרגיה של פוטון הקרינה באורך גל 590 nm . פרט את חישוביך.

ב. i רשום היערכות אלקטרונים למולקולה Na2 . (היעזר בדיאגרמה א' בנספח לבחינת

בגרות - נוסחאות ונתונים בכימיה.)

ii ציין מהו אורביטל HOMO ומהו אורביטל LUMO של מולקולה Na2 .

iii על פי מודל האורביטלים המולקולריים, קבע אם מולקולה Na2 יכולה להיות יציבה

במצב הגזי. נמק.

iv מה ההבדל בין אורביטל קושר ואורביטל אנטי קושר? ציין שני גורמים לפחות.

ג. נתונה היערכות אלקטרונית של יון חיובי של נתרן: 1s22s22px12py22pz23s1 .

האם ההיערכות מייצגת מצב יציב של היון? נמק.

ד. i נתונות שתי דיאגרמות:a ו- b המתייחסות ליסוד נתרן. קבע מה מייצגת כל אחת

מהדיאגרמות. נמק את קביעתך.

אנרגיה

2s

3s

1s

2p

↑↓

↑↓

↑

↑↓

↑↓

↑↓

**filled**

**orbitals**

**unfilled**

**orbitals**

**b a**

ii כמה רמות אנרגיה אמורות להיות בכל פס אנרגיה הנוצר מ- N אטומים? הסבר.

מבוסס על כתבה מתוך: [[nai.arc.nasa.gov/news\_stories/ news\_detail.cfm...](http://nai.arc.nasa.gov/news_stories/news_detail.cfm?article=exoatmosphere.cfm)](http://images.google.com/imgres?imgurl=http://nai.arc.nasa.gov/library/images/news_stories/exo_spectrum.jpg&imgrefurl=http://nai.arc.nasa.gov/news_stories/news_detail.cfm%3Farticle%3Dexoatmosphere.cfm&h=212&w=286&sz=16&tbnid=Oul3BLaH5BsdcM:&tbnh=81&tbnw=110&hl=iw&start=20&prev=/images%3Fq%3D%2Bspectra%2Bsodium%26svnum%3D10%26hl%3Diw%26lr%3D%26rls%3DGGLD,GGLD:2005-08,GGLD:en%26sa%3DG)

פתרון השאלה

א. i אטומי הנתרן, הנמצאים באטמוספרה של כוכב, בלעו אנרגיה כתוצאה ממעבר אור השמש של אותו כוכב דרך האטמוספרה, שבה הם נמצאים (במצב גזי). כתוצאה מכך

האלקטרונים שבאטומי הנתרן עלו מרמת אנרגיה נמוכה לרמות אנרגיה גבוהות יותר

והם הפכו להיות במצב אנרגטי מעורר. מצב זה אינו יציב והאלקטרונים של אטומי

הנתרן חזרו למצב אנרגטי נמוך יותר תוך פליטת פוטונים בעלי אנרגיה מוגדרת.

E = = 3.37·10−19 J

590·10−9 m

6.63·10−34 J·sec × 3·108

m

sec

##### E =

λ

hc

ii

ב. i אורביטלים מולקולריים של מולקולה : Na2

2S2σ\*2S2σ2P2π2P4π\*2P4σ\*2p2σ3s2 σ2\*1Sσ21Sσ

ii אורביטל HOMO σ3s2 , אורביטל LUMO σ\*3s2 .

iii המולקולה יציבה מכיוון שיש לה יותר אלקטרונים באורביטלים הקושרים לעומת

האנטי קושרים.

ניתן לחשב סדר קשר:

מספר אלקטרונים

באורביטלים אנטי קושרים

מספר אלקטרונים

באורביטלים קושרים

( ) **−** ( )

= סדר קשר

2

2

12 − 10

= 1

סדר הקשר גדול מ- 0 , לכן המולקולה יציבה.

iv הבדל אחד הוא שבאורביטל קושר ההסתברות למצוא את האלקטרונים בין הגרעינים

גבוהה בהשוואה לאורביטלים האטומיים הבודדים, ואילו באורביטל האנטי קושר

ההסתברות למצוא את האלקטרונים בין שני הגרעינים קטנה בהשוואה לאורביטלים

האטומיים הבודדים. אפשר להתייחס להבדל זה גם על פי נוכחות מישורי צומת -

לאורביטל קושר אין מישור צומת בין הגרעינים, ואילו לאורביטל אנטי קושר יש לפחות

מישור צומת אחד בין הגרעינים.   
הבדל נוסף: אורביטל קושר נמצא ברמה אנרגטית נמוכה משל אורביטלי האטומים הבודדים, ואילו אורביטל אנטי קושר נמצא ברמה אנרגטית גבוהה משל אורביטלי האטומים הבודדים.

ג. ההיערכות הנתונה אינה מייצגת מצב יציב. באורביטל px מאוכלס אלקטרון אחד בלבד, כאשר יש אלקטרון שמאכלס רמת אנרגיה גבוהה יותר 3s1 . במצב יציב קודם כל מאוכלסות לגמרי רמות אנרגיה נמוכות יותר, כלומר אורביטל px היה צריך להיות מאוכלס בשני אלקטרונים.

ד. i דיאגרמה a מייצגת פסי אנרגיה של סריג נתרן במצב מוצק. דיאגרמה b מייצגת דיאגרמת

רמות אנרגיה של אטום בודד של נתרן. בדיאגרמה a ניתן לראות מבנה פסים, שבו יש פס

ערכיות ופס הולכה. (הפסים צמודים זה לזה, לכן מייצגים סריג של חומר מוליך.)

דיאגרמה b מייצגת דיאגרמה של אטום נתרן בודד שבו מופיע אכלוס האלקטרונים

באורביטלים האטומיים.

ii פס אנרגיה יכיל מספר אורביטלים מולקולריים כמספר האורביטלים האטומיים

שהשתתפו בחפיפה. הסבר: מכל שני אורביטלים אטומיים נוצרים שני אורביטלים

מולקולריים, מארבעה אורביטלים אטומיים נוצרים ארבעה אורביטלים מולקולריים,

לכן אם יש N אטומים היוצרים אורביטלים, הרי שבכל פס אנרגיה מכל N אורביטלים

אטומיים יווצרו N אורביטלים מולקולריים.

כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

שאלה 8

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **82** | **72** | **76** | 76 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 76 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 6% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

7%

0-40

10%

55-84

37%

85-100

46%

**81**

**75**

**88**

**70**

**64**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לזהות מל"מ מסוג P ומסוג N על פי מיקום אורביטלים אטומיים.

⮘ לקבוע את כיוון התנועה של אלקטרונים בדיודה.

⮘ לסרטט מעגל חשמלי המכיל דיודה, סוללה וחוטים מוליכים.

⮘ לדעת מדוע תנועת האלקטרונים בדיודה גורמת לפליטת אנרגיה.

⮘ לחשב פער אנרגיה אסור על פי אורך גל של הקרינה הנפלטת.

⮘ לקבוע כיצד משפיעה הסממה על פעולת הדיודה ועל אורך הגל של הקרינה הנפלטת.

⮘ לקשר בין פער האנרגיה למוליכות של הדיודה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

LED - דיודה פולטת אור, היא גוף תאורה קטן הבנוי מגבישים של חומר מוליך למחצה (מל"מ). כאשר מעבירים זרם חשמלי דרך גבישים אלה נפלטת קרינה אלקטרומגנטית בתחום האור הנראה. כדי לקבל אור בצבעים שונים אפשר לייצר דיודות מחומרים שונים.

לפניך סרטוט של דיודה פולטת אור. הדיודה מתקבלת מחיבור של מוליך למחצה מסוג N עם מוליך למחצה מסוג P.

צומת N-P

פסערכיות

פסהולכה

אורביטלים

של אטומי המזהם

אורביטלים

של אטומי המזהם

סעיף א' (הציון 81)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**85**

**99**

**68**

תת-סעיף i (הציון 85)

העתק את הסרטוט למחברתך, וסמן בו את המוליך למחצה מסוג N ואת המוליך למחצה מסוג P. נמק.

תת-סעיף ii (הציון 99)

הוסף לסרטוט סוללה וחוטים מוליכים, כך שייווצר מעגל חשמלי שזורם בו זרם.

תת-סעיף iii (הציון 68)

סמן בסרטוט את המטען, (+) או (−), על כל אחד מהדקי הסוללה, וסמן בחץ את כיוון התנועה של

האלקטרונים במעגל.

**התשובה:**

החלק השמאלי הוא מוליך למחצה מסוג N .

האורביטלים של האטומים המזהמים ממוקמים באזור הפער האסור, קרוב לפס ההולכה.

(אלקטרונים אלה יכולים לעבור בקלות אל פס ההולכה ולנוע בו.)   
או:

החלק הימני הוא מוליך למחצה מסוג P .

האורביטלים האטומיים הריקים של האטומים המזהמים ממוקמים באזור הפער האסור, קרוב לפס הערכיות. (אלקטרונים יכולים לעבור בקלות מפס הערכיות אל האורביטלים הריקים ולייצר "חורים" בפס הערכיות.)

פסערכיות

פסהולכה

אורביטלים

של אטומי המזהם

אורביטלים

של אטומי המזהם

N P

צומת N-P

**+**

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

**תת-סעיף i - יישום**

**תת-סעיף ii - הבנה**

**תת-סעיף iii - הבנה**

הציון של תת-סעיף i גבוה. רוב התלמידים סימנו נכון את המוליך למחצה מסוג N ואת המוליך למחצה מסוג P בסרטוט. תלמידים מעטים טעו - סימנו את מל"מ N בצד ימין ואת מל"מ P בצד שמאל, חלקם זכרו כנראה כי כך מופיע בספר הלימוד, ולא ניתחו את נתוני השאלה. היו תלמידים שלא ברורה להם המשמעות של קיום אורביטלים אטומיים של החומר המזהם ומיקומם:

• "במל"מ ***P*** פס האורביטלים נוצר מן המטענים החיוביים הניידים (החורים) והוא קרוב לפס הערכיות. במל"מ ***N*** פס האורביטלים נוצר מהמטענים השליליים הניידים (האלקטרונים) והוא קרוב לפס ההולכה."

מומלץ להבהיר לתלמידים שלאטומי החומר המזהם מספר שונה של אלקטרונים, ולכן נשארים אורביטלים אטומיים ריקים במקרה של מל"מ מסוג P ואורביטלים אטומיים, שכל אחד מהם מכיל אלקטרון בודד, במקרה של מל"מ מסוג N .

הציון של תת-סעיף ii גבוה מאוד. התלמידים ידעו לסרטט סוללה וחוטים מוליכים, כך שייווצר מעגל חשמלי שזורם בו זרם.

הציון של תת-סעיף iii נמוך יחסית. הטעויות האופייניות הן:

⬩ טעויות בסימון המטען, (+) או (−), על כל אחד מהדקי הסוללה.

⬩ סרטוטים בהם נראו מטענים חיוביים ניידים זורמים דרך החוטים.

⬩ רישום חיצים בכיוונים מנוגדים, מה שמצביע על חוסר הבנה - מהו מעגל חשמלי.

הבעיה העיקרית היא כיוון תנועת האלקטרונים במל"מ, בכיוון אחד אלקטרונים זורמים ממל"מ מסוג N לכיוון הצומת ומשם דרך מל"מ מסוג P אל האלקטרודה החיובית.

מומלץ להבהיר לתלמידים שדרך החוטים יכולים לזרום רק אלקטרונים. החורים אינם זורמים. "תנועתם" היא לא תנועה אמיתית אלא שינוי מיקום הנובע מתנועת אלקטרונים.

כדאי להראות לתלמידים מעגל חשמלי רגיל עם מנורה ולהשוותו למעגל חשמלי עם דיודה, כדי להסביר את ההיבט המאקרוסקופי.

הסרטוט שבשאלה הוא הבסיס להבנת המל"מ. כדאי לתרגל בניית סרטוט בצורות שונות. למשל, להעתיק את הסרטוט תוך השמטת חלקים, לבקש מהתלמידים להשלים את החלק החסר ולהסביר את תפקידו. למשל השלמת המטענים בסוללה.

סעיף ב' (הציון 75)

איזה תהליך המתרחש בדיודה גורם לפליטת קרינה אלקטרומגנטית?

**התשובה:**

בדיודה האלקטרונים עוברים מפס ההולכה במל"מ מסוג N ל"חורים" הנמצאים בפס הערכיות במל"מ מסוג P. במעבר זה יש פליטה של אנרגיה.

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

הבעיה העיקרית בסעיף זה היא שחלק מהתלמידים רואים באיור של הדיודה את פס ההולכה ופס הערכיות, אך לא מקשרים אותם לדיאגרמת אנרגיה, ולכן לא מבינים שמעבר אלקטרון מפס ההולכה במל"מ מסוג N לפס הערכיות במל"מ מסוג P מלווה בירידה באנרגיה. הבעיה נובעת משילוב התקן מאקרוסקופי עם היבט של מעבר אלקטרונים שהוא מיקרוסקופי. האיור בא לקשר בין שני ההיבטים.

היו תלמידים שלא התייחסו כלל להיבט המיקרוסקופי של תנועת אלקטרונים בתוך הדיודה:

• "תהליך העברת זרם חשמלי בדיודה - סגירת מעגל חשמלי גורם לפליטת קרינה אלקטרומגנטית."

היו תשובות עם התייחסות ליצירת הדיודה, אך לא לאופן פעולתה:

• "התהליך שגורם לפליטת קרינה אלקטרומגנטית הוא תהליך ההסממה. שימוש באטומים אחרים ליצירת מל"מים."

סעיף ג' (הציון 88)

**85**

**92**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 85)

חשב את פער האנרגיה, ביחידות eV , בין פס הערכיות לפס ההולכה שמתאים לדיודת LED הפולטת

אור ירוק באורך גל של 510 nm . פרט את חישוביך.

**התשובה:**

E = = 3.9·10−19 J = 2.44 eV

510·10−9 m

6.63·10−34 J·sec × 3·108

m

sec

##### (E = )

λ

hc

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

הציון גבוה. התלמידים הצליחו לקשר בין צבע הנפלט מדיודת LED לבין פער האנרגיה האסור ולחשב אותו על פי הנוסחה. הטעויות המעטות שאותרו הן טעויות חישוב וטעויות במעבר מיחידות ג'אול ליחידות אלקטרון וולט.

מספר הנוסחאות בפרק אותן צריך התלמיד להכיר קטן. מומלץ לתרגל חישובים בהם יש מעבר פעם מאורך גל של קרינה לפער אנרגיה ופעם מפער אנרגיה לאורך גל ולצבע. בכל תרגיל מומלץ לבקש את יחידות האנרגיה גם ב J וגם ב- eV .

תת-סעיף ii (הציון 92)

קבע אם פער האנרגיה עבור דיודת LED הפולטת אור כחול גדול מהערך שחישבת בתת-סעיף ג i,

קטן ממנו או שווה לו. נמק.

**התשובה:**

פער אנרגיה גדול יותר.

אורך הגל המתאים לפוטון שנפלט מדיודת LED הפולטת אור כחול קצר מ- 510 ננומטר,

##### (E =

λ

hc

המתאים לאור ירוק. כאשר אורך הגל קצר יותר, פער האנרגיה גדול יותר (על פי הנוסחה: .

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

הציון גבוה. התלמידים ידעו והבינו את הקשר בין אנרגיה לאורך גל (יחס הפוך), השתמשו נכון   
בגלגל הצבעים וקישרו בין צבע לאורך גל. התלמידים יישמו בהקשר לדיודת LED את מה שלמדו בתחילת היחידה.

סעיף ד' (הציון 70)

דיודת LED , העשויה מגביש GaAs , פולטת קרינה אלקטרומגנטית בתחום תת-אדום (אינפרה-אדום).

אם מחליפים חלק מאטומי Ga באטומי Al , מתקבל גביש Ga1−xAlxAs .

דיודה המבוססת על גביש Ga1−xAlxAs יכולה לפלוט קרינה גם בתחום האור הנראה, באורכי גל

המתאימים לאור אדום.

**97**

**52**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 97)

הסבר מדוע החלפה של חלק מאטומי Ga בגביש באטומי Al אינה פוגעת ביכולת של הגביש לשמש

דיודה.

**התשובה:**

Al) ו- Ga הם יסודות מהטור השלישי במערכה המחזורית.( לאטומים של Al ו- Ga שלושה אלקטרוני ערכיות. לכן אטומי Al יכולים להחליף את (אטומי Ga בגביש (ללא פגיעה ביכולת הגביש לשמש דיודה).

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים הבינו את נושא החלפת האטומים בדיודה ויישמו את הידע במקרה הנתון. לא אותרו בעיות בתת-סעיף זה.

תת-סעיף ii (הציון 52)

הסבר מדוע דיודה המבוססת על גביש Ga1−xAlxAs יכולה לפלוט אור אדום.

**התשובה:**

ככל שפער האנרגיה האסור גדול יותר, הקרינה הנפלטת היא באורך גל קצר יותר.

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

הציון נמוך. בתת-סעיף זה יש שני שלבי חשיבה. יש להשוות בין הגבישים של הדיודות, לנתח ממה נובע ההבדל ביניהם ולקשר לקרינה הנתונה: אלקטרושליליות של אלומיניום גדולה מזו של גאליום. ככל שפער האלקטרושליליות בין היסודות המרכיבים את הגביש גדול יותר, פער האנרגיה האסור גדול יותר. כאשר פער האנרגיה האסור יהיה גדול יותר, אורך הגל של הקרינה הנפלטת יהיה גדול יותר. לכן הדיודה הבנויה מ-Ga1−xAlxAs תפלוט קרינה באורך גל ארוך יותר, במקרה זה אדום.

תלמידים רבים התקשו בתת-סעיף זה. רוב התלמידים שטעו התייחסו לשלב חשיבה אחד בלבד – לשלב האחרון, ולכן טעו בו.

בספר הלימוד "כימיה מכול וחול: מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה" מאת ד"ר עירית ששון ורותי שטנגר, הטכניון, בעמודים 90 - 91 מודגש הקשר בין פער האנרגיה האסור להרכב מוליכים למחצה. מומלץ לעבור עם התלמידים על הטבלה, המופיעה בעמוד 90 , ולפתור את תרגיל 4 בעמוד 91. בנוסף, בבחינת הבגרות משנת תש"ע, שאלה 9 עוסקת בנושא זה, וכדאי לפתור אותה עם התלמידים.

סעיף ה' (הציון 64)

לאיזה משני הגבישים מוליכות חשמלית גבוהה יותר - לגביש GaAs או לגביש Ga0.6Al0.4As ?

נמק.

**התשובה:**

לגביש GaAs מוליכות חשמלית גבוהה יותר.

אורכי הגל של הקרינה הנפלטת מהדיודה העשויה מגביש GaAs (בתחום של תת-אדום) ארוכים יותר מאורכי הגל של הקרינה הנפלטת מהדיודה העשויה מגביש Ga0.6Al0.4As (שהם בתחום הנראה). ככל שאורך הגל ארוך יותר, פער האנרגיה בין פס הערכיות לפס ההולכה קטן יותר. כאשר פער האנרגיה קטן יותר, המוליכות החשמלית גבוהה יותר.

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

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין מבנה הגביש לפער האנרגיה, ולהסיק מסקנה לגבי המוליכות.

הטעות האופיינית העיקרית בסעיף זה היא התייחסות למוליכות של צברים על פי הנלמד בכיתה י"א (גם אם לא במדויק):

• "לגביש ***GaAs*** יש מוליכות טובה יותר, מכיוון שהוא חומר יוני ויש לו מוליכות חשמל יותר טובה."

• " ***GaAs***מוליך פחות טוב מכיוון שאלומיניום מוליך טוב יותר מאשר ארסן."

מומלץ להדגיש בפני התלמידים שהתיאוריה בנוגע לפסי ערכיות ומוליכות עושה הכללה לכל סוגי החומרים, ובנויה אך ורק על פער האנרגיה בין פסים אלו. גודלו של פער האנרגיה האסור קובע את מידת המוליכות.

בשאלה 9 מבחינת הבגרות משנת תש"ע, סעיף ד' עוסק בקשר בין פער האנרגיה האסור לתדירות הקרינה.

כימיה אורגנית מתקדמת

שאלה 9

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **71** | **63** | **73** | 71 |

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

**בחרו בשאלה 6% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

7%

0-40

12%

55-84

50%

85-100

31%

**82**

**75**

**60**

**78**

**67**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את המושג: אננטיומר. לסרטט נוסחאות מבנה של אננטיומרים.

⮘ להכיר את מאפייני האננטיומרים, במה דומים ובמה שונים אננטיומרים זה מזה.

⮘ לנסח את תגובת ההתמרה בין אלקיל ברומיד לבין נתרן הידרוקסידי במנגנון SN2 .

⮘ להסביר מדוע התגובה בין 2-ברומו פנטאן לבין תמיסת NaOH(aq) מתרחשת במנגנון SN2 .

⮘ לנסח את שלבי המנגנון של תגובת ההתמרה בין 2-ברומו פנטאן למים המתרחשת במנגנון ל- SN1 .

⮘ להסביר מדוע תגובת ההתמרה בין 2-ברומו פנטאן למים מתרחשת במנגנון ל- SN1 .

⮘ להכיר את המושגים: פעילות אופטית, חומר פעיל אופטית.

⮘ לדעת באילו התנאים מתקבל תוצר פעיל אופטית ובאילו - מתקבלת תערובת רצמית.

⮘ לדעת כיצד משפיעים הגודל והמבנה של השלד הפחמני במולקולות החומר המותקף על קצב התגובה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

Br

CH3−CH2−CH2–CH–CH3

נתונה נוסחת המבנה של 2-ברומו פנטאן:

סעיף א' (הציון 82)

יש שני אננטיומרים של 2-ברומו פנטאן.

**84**

**81**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 84)

לכל אחד מהאננטיומרים של 2-ברומו פנטאן סרטט את המבנה המרחבי סביב אטום הפחמן

האסימטרי במולקולה. סמן באופן שרירותי את אחד האננטיומרים ב- (+) ואת השני ב- (−).

**התשובה:**

C

H

C3H7

Br BrBr



CH3

Br

C

CH3

H

C3H7

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ציירו נכון את המבנה המרחבי סביב אטום הפחמן האסימטרי במולקולות של האננטיומרים. הופיעו טעויות מעטות בסרטוטים. בבחינת הבגרות תשס"ט הופיע שאלה דומה והציון היה נמוך ב- 10% . מכאן ניתן להסיק שחלה התקדמות בסרטוט של המבנה המרחבי של אננטיומרים.

תת-סעיף ii (הציון 81)

קבע באיזה מהמאפיינים (1)-(3) שני האננטיומרים שונים זה מזה.

(1) טמפרטורת הרתיחה.

(2) זווית הסיבוב של מישור האור המקוטב.

(3) כיוון הסיבוב של מישור האור המקוטב.

**התשובה:**

(3) כיוון הסיבוב של מישור האור המקוטב.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים מכירים את מאפייני אננטיומרים, ומבינים במה הם דומים ובמה הם שונים זה מזה.

מומלץ להדגים לתלמידים את מדידות זווית הסיבוב של מישור האור המקוטב וכיוון הסיבוב של מישור האור המקוטב, בעזרת פולרימטר. כמו כן אפשר למדוד, יחד עם התלמידים, את טמפרטורות הרתיחה של שני האננטיומרים.

סעיף ב' (הציון 75)

ביצעו שני ניסויים. בכל אחד מהם הגיב האננטיומר שסימנת (+).

בניסוי הראשון האננטיומר (+) של 2-ברומו פנטאן הוכנס לתמיסת נתרן הידרוקסידי, NaOH(aq) .

התרחשה בעיקר תגובת התמרה במנגנון SN2.

**87**

**63**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 87)

נסח את התגובה שהתרחשה בניסוי הראשון.

**התשובה:**

CH3CH2CH2CHBrCH3 + OH−(aq) → CH3CH2CH2CH(OH)CH3 + Br−(aq)

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ניסחו נכון את התגובה. תלמידים מעטים רשמו את מנגנון התגובה במקום לנסח אותה.

כדי למנוע בלבול בין ניסוח תגובה למנגנון תגובה, מומלץ בעת התרגול לבקש מהתלמידים בסעיפים נפרדים גם לנסח תגובה וגם לרשום מנגנון תגובה.

תת-סעיף ii (הציון 63)

הסבר מדוע התגובה התרחשה במנגנון SN2.

**התשובה:**

החומר המותקף הוא אלקיל ברומיד שניוני שיכול להגיב במנגנון SN2 עם נוקלאופיל מתאים.

יוני OH−(aq) הם נוקלאופיל חזק במידה מספקת כדי לגרום לתגובת התמרה במנגנון SN2 .

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו להסביר מדוע אלקיל ברומיד שניוני מגיב במקרה הנתון במנגנון SN2 ולא במנגנון אחר. הופיעו הסברים כלליים ללא התייחסות לסיבות להתרחשות התגובה במנגנון SN2 :

• "התגובה מתרחשת במנגנון ***SN2*** , כי הוא המנגנון המתאים לחומר הנתון."

• "המנגנון הוא ***SN2*** , כי רק במנגנון זה התגובה יכולה להתרחש."

שאלה זו היא שאלת ההבחנה: האם התלמיד מבין מהם התנאים בהם תתרחש תגובה במנגנון אחד או במנגנון אחר. מומלץ להדגיש לתלמידים שאותו אלקיל הליד שניוני יכול להגיב אחרת, כאשר מוסיפים לו נוקלאופיל שונה או ממס שונה. נושא התנאים לקיום תגובה אחת או אחרת קשה לתלמידים.

בסיום ניתוח השאלות בנושא "כימיה אורגנית מתקדמת" מופיע תרגיל המסכם את נושא המנגנונים והתנאים לקיומם. כדאי לעבור עם התלמידים על תרגיל זה בסוף הפרק.

סעיף ג' (הציון 60)

בניסוי השני האננטיומר (+) של 2-ברומו פנטאן הוכנס למים. התרחשה תגובת התמרה במנגנון SN1.

**67**

**49**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 67)

נסח את מנגנון התגובה שהתרחשה בניסוי השני.

**התשובה:**

: :

C3H7−C−Br:

CH3

H

: :

:Br:−

C3H7

CH3

H

C**+**

→

←

+

שלב א'

שלב ב'

C3H7

CH3

H

C**+**

+

.

.

.

.

O

H

H

→

**+**

:

CH3

H

H

C3H7−C O H

שלב ג'

→

←

.

.

.

.

O

H

H

+ H3O+

: :

C3H7−C−OH

CH3

H

+

**+**

:

CH3

H

H

C3H7−C O H

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

חלק מהתלמידים התקשו ברישום המנגנון, למרות שסוג המנגנון נתון בשאלה.

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא התייחסות לנוקלאופיל המורכב ממולקולות כאל נוקלאופיל המורכב מיונים שליליים, וכתוצאה מכך רישום שני שלבים במקום שלושה. הסיבה לכך היא חוסר הבנה שתוצר השלב השני אינו תוצר התגובה.

מומלץ לעבוד עם התלמידים על מנגנון SN1 בכל המקרים: אלקיל הליד שלישוני, אלקיל הליד שניוני, נוקלאופיל שבנוי מיונים ונוקלאופיל שבנוי ממולקולות.

תת-סעיף ii (הציון 49)

הסבר מדוע התגובה התרחשה במנגנון SN1 .

**התשובה:**

החומר המותקף הוא אלקיל ברומיד שניוני שיכול להגיב גם במנגנון1SN - בנוכחות ממס פרוטי ונוקלאופיל חלש. בתגובה זו המים, H2O(l) , משמשים גם כממס וגם כנוקלאופיל.

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

הציון נמוך. חלק ניכר מהתלמידים, שניסחו נכון את מנגנון התגובה בין 2-ברומו פנטאן למים, התקשו להסביר מדוע התגובה התרחשה במנגנון SN1 . תלמידים אלה לא הבחינו בנוכחות ממס פרוטי ונוקלאופיל חלש, כשהמים משמשים גם כממס וגם כנוקלאופיל. היו תלמידים שהתקשו להבין מדוע אותו אלקיל ברומיד שניוני יכול להגיב במנגנונים שונים - בהתאם לנוקלאופיל או לממס שמוסיפים.

סעיף ד' (הציון 78)

שני ההיגדים ii-i שלפניך מתייחסים לפעילות האופטית של תוצר התגובה שהתרחשה בכל אחד

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

**77**

**79**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 77)

התוצר שהתקבל בניסוי הראשון אינו פעיל אופטית.

**התשובה:**

לא נכון.

במנגנון SN2 הנוקלאופיל מתקרב אל אטום הפחמן מהצד המנוגד לקבוצה העוזבת וגורם להיפוך המבנה המרחבי סביב אטום הפחמן (היפוך וולדן).

לכן אם המגיב היה פעיל אופטית, גם התוצר יהיה פעיל אופטית.

(או: אם הגיב האננטיומר(+) של החומר המותקף יתקבל האננטיומר (−) של התוצר.)

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

רוב התלמידים קבעו נכון והסבירו את קביעתם, אך הופיעו גם טעויות. היו תלמידים שהתקשו בהבנת המתרחש בניסוי הראשון. הם קבעו שההיגד נכון, כי לא הבינו שבמנגנון SN2 מתרחש היפוך וולדן והתוצר יהיה פעיל אופטית:

• "ההיגד נכון. במנגנון ***SN2*** נוצרים שני האננטיומרין, ולכן התוצר אינו פעיל אופטית."

תת-סעיף ii (הציון 79)

בניסוי השני התקבל גם האננטיומר (+) וגם האננטיומר (−) של התוצר.

**התשובה:**

נכון.

במנגנון SN1 נוצר בשלב ראשון יון קרבוניום. ליון קרבונים מבנה מישורי.

בשלב השני של התגובה, הנוקלאופיל יכול לתקוף את יון הקרבונים משני צדדיו.

לכן מתקבלים שני האננטיומרים של התוצר.

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

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון והסבירו את קביעתם - על פי המנגנון הנתוןSN1 , נוצר יון קרבוניום מישורי, אותו הנוקלאופיל יכול לתקוף משני הצדדים. הטעויות האופייניות שאותרו נוסעות מבלבול בין שני המנגנונים SN1 ו- SN1 ובין סוגי התוצרים שנוצרו בשני הניסויים הנתונים:

• "ההיגד אינו נכון, כי במנגנון זה לא יכולים להיווצר שני האננטיומרים."

סעיף ה' (הציון 67)

נתרן יודי, NaI , מתפרק ליונים באצטון, CH3COCH3(l) . אלקיל יודידים מופקים בתגובה

במנגנון SN2 בין אלקיל ברומידים לבין תמיסה של נתרן יודי באצטון.

בטבלה שלפניך מוצג הקצב היחסי של תגובות ההתמרה של שלושה אלקיל ברומידים עם

CH3

CH3−CH−CH2Br

יוני I−(CH3COCH3(l)) .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| אלקיל ברומיד | CH3CH2Br | CH3CH2CH2Br |  |
| קצב תגובה יחסי | 1 | 0.82 | 0.036 |

הסבר ממה נובע השוני בקצב התגובה של שלוש התרכובות.

**התשובה:**

(הגורם שמשפיע על קצב התגובה הוא הגודל והמבנה של השלד הפחמני של החומר המותקף.)

השלד הפחמני בשלושת החומרים הוא ראשוני. ככל שהשלד הפחמני ארוך יותר או מסועף יותר, ההפרעה המרחבית להתקפת הנוקלאופיל גדולה יותר והתגובה איטית יותר (או: ההפרעה המרחבית מעלה את האנרגיה של מצב המעבר וכתוצאה מכך קצב התגובה נעשה איטי יותר).

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

רוב התלמידים הצליחו לנתח את הגורמים השונים ולקבוע מהו הגורם המשפיע על קצב התגובה היחסי - גודל ומבנה של השלד הפחמני, וכיצד גורם זה משפיע. יחד עם זאת הופיעו טעויות. רוב התלמידים שטעו בחרו בגורם הנכון, אך ציינו רק את ההבדלים במבנה השלד הפחמני ולא התייחסו להפרעה המרחבית להתקפת הנוקלאופיל:

• "ההבדלים הם בגודל השלד הפחמני ומכך נובע השוני בקצב התגובה."

• "המבנה של השלד הפחמני שונה, לכן גם קצב התגובה שונה."

כאשר מדברים על הגורמים השונים שמשפיעים על קצב תגובת SN2 כדאי לעשות השוואה בין שלדים פחמניים שונים ולדבר על גודל ענן האלקטרונים של השלד ועל מידת הדחייה כלפי הנוקלאופיל שמטענו שלילי.

כימיה אורגנית מתקדמת

שאלה 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **64** | **52** | **45** | 53 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 53 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 2% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

11%

0-40

35%

55-84

40%

85-100

14%

הציון של שאלה זו הוא הנמוך ביותר מהציונים של שאלות הבחינה. רק 2% מהתלמידים בחרו בשאלה. תלמידים רבים התקשו בכל נושאי השאלה: תגובת סיפוח והמנגנון המתאים לתגובה, הערכת יציבות יחסית של יוני קרבוניום, קביעה אם המגיב הוא נוקלאופיל או אלקטרופיל, קביעת סדר תגובה, ניסוח תגובת התמרה, קביעת סוג של תגובת התמרה, השוואת טמפרטורות רתיחה של חומרים על פי חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות, הקשר בין סוג הקבוצה העוזבת לקצב תגובת ההתמרה. בניתוח השאלה אנו מביאים המלצות אחדות להוראת נושאים אלה.

**56**

**54**

**43**

**65**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את תגובת הסיפוח והמנגנון של תגובתה סיפוח.

⮘ להעריך יציבות יון קרבוניום על פי מספר הקבוצות האלקיליות הקשורות אל אטום הפחמן המרכזי.

⮘ להכיר את כלל מרקובניקוב (על פי היציבות היחסית של יוני קרבוניום).

⮘ לדעת מהו אלקטרופיל ומהו נוקלאופיל.

⮘ לזהות תגובת סיפוח ולנסח מנגנון המתאים לתגובה הנתונה.

⮘ לקבוע סדר תגובה, כשנתון איזה משלבי המנגנון הוא השלב האיטי.

⮘ לנסח תגובת התמרה כשנתונים המגיבים.

⮘ לקבוע סוג של מנגנון התגובה הנתונה על פי סוג השלד הפחמני במולקולות המגיב.

⮘ לקשר בין חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות החומר לבין טמפרטורת הרתיחה שלו.

⮘ לקשר בין סוג הקבוצה העוזבת לקצב תגובת ההתמרה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

אלקנים מגיבים בתגובות סיפוח לקבלת אלקיל הלידים.

CH3

CH3−C = CH−CH3

2-מתיל 2-בוטן, , מגיב עם מימן יודי, HI(g) , לקבלת אלקיל יודיד,

על פי תגובה (1):

CH3

CH3−C = CH−CH3

CH3−C−CH2−CH3

CH3

I

+ HI →

(1)

סעיף א' (הציון 56)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**53**

**57**

**61**

תת-סעיף i (הציון 53)

בתגובה (1) מתקבל אלקיל הליד שלישוני ולא אלקיל הליד שניוני. הסבר עובדה זו.

**התשובה:**

(נסמן את אטומי הפחמן בשרשרת של 2-מתיל 2-בוטן במספרים:



(

הפרוטון (H+) שמקורו במולקולה HI מתקשר לאטוםC3 , ומתקבל יון קרבוניום שלישוני.

(אם הפרוטון יתקשר לאטוםC2 , יתקבל יון קרבוניום שניוני.)

יון קרבוניום שלישוני יציב (יותר מיון קרבוניום שניוני).

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא ציון כלל מרקובניקוב ללא הסבר על יציבות יחסית של יוני קרבוניום:

• "אלקיל הליד שלישוני נוצר בהתאם לכלל מרקובניקוב."

• "מה שקובע איזה אלקיל הליד נוצר הוא כלל מקרקובניקוב."

היו תלמידים שניסוי להסביר מהו יון קרבוניום שלישוני במקום להתייחס ליציבות היון:

• "הפחמן, הקשור לפחמן הראשון, מתקשר לשלושה פחמנים, לכן זה פחמן שלישוני."

מומלץ להדגיש את ההבדל בין C2 ו- C3 במולקולה של 2-מתיל 2-בוטן, ולהסביר לתלמידים מדוע יון קרבוניום יציב יותר ככל שמספר קבוצות האלקיל הקשורות אליו גדול יותר. כדאי להסביר שצפיפות המטען החיובי על יון הקרבונים קטנה יותר ככל שיש סביבו יותר אטומי פחמן, שהמטען החלקי עליהם שלילי יותר או ענני האלקטרונים שלהם גדולים יותר.

לפני שמלמדים את כלל מרקובניקוב, שהוא כלל אמפירי, כדאי להסביר לתלמידים את ההבדל בין יוני הקרבוניום השונים. קישור להסבר על הנושא:

<http://www.chemguide.co.uk/mechanisms/eladd/carbonium.html>

תת-סעיף ii (הציון 57)

נסח את המנגנון של תגובה (1).

**התשובה:**

שלב I:



:I:−

: :



H − I:

: :

+

שלב II :II:



:I:−

: :



:I:

:

מנגנון תגובת הסיפוח:

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

התלמידים קיבלו את ניסוח התגובה והיו צריכים לזהות אותה כתגובת סיפוח הטרוגנית ולרשום מנגנון בהתאם, תוך הקפדה על קבלת תוצר ביניים נכון - יון קרבוניום שלישוני. תלמידים רבים התקשו ברישום המנגנון.

הטעויות שהופיעו ברישום המנגנון הן:

***CH3−CH−CHI−CH3***

***CH3***

***CH2I−CH−CH2−CH3***

***CH3***

***CH3−CH−CH−CH3***

***CH3***

***+***

***+***

***CH2−CH−CH2−CH3***

***CH3***

⬩ נוסחאות שגויות של תוצר הביניים:

⬩ נוסחאות שגויות של התוצר:

בסיום ניתוח השאלות בנושא "כימיה אורגנית מתקדמת" מופיע תרגיל המסכם את נושא המנגנונים והתנאים לקיומם. כדאי לעבור עם התלמידים על תרגיל זה בסוף הפרק.

תת-סעיף iii (הציון 61)

קבע אם בתגובה (1) מימן יודי הוא נוקלאופיל או אלקטרופיל. נמק.

**התשובה:**

HI(g) הוא אלקטרופיל.

לאטום המימן במולקולהHI יש מטען חיובי חלקי (הקשר הכפול הוא התוקף).

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר ידע והבנה כיצד לקבוע אם מימן יודי הוא נוקלאופיל או אלקטרופיל בתגובה הנתונה. התלמידים שטעו לא בדקו היכן נמצא זוג האלקטרונים המתקיף בתגובה (1) ולא הבחינו בכך שלאטום המימן מטען חיובי חלקי, אלא התייחסו לשאלה בצורה תיאורטית:

• "מימן יודי הוא גם אלקטרופיל וגם נוקלאופיל."

סעיף ב' (הציון 54)

במנגנון שניסחת בתת-סעיף א ii , השלב הראשון הוא שלב אִטִי, והשלב השני הוא שלב מהיר.

קבע אם עבור המגיב HI(g) התגובה היא מסדר אפס או מסדר ראשון. נמק.

**התשובה:**

התגובה היא מסדר ראשון עבור HI , כי HI הוא חומר המגיב בשלב האיטי.

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

הטעות האופיינית שהופיעה בסעיף זה היא קביעה שגויה וניסיון לנמקה. התלמידים שטעו לא קישרו בין העובדה ש- HI הוא החומר המגיב בשלב האיטי לבין סדר תגובה:

• "עבור ***HI*** זוהי תגובה מסדר אפס, כי הוא בתפקיד המגיב."

• "התגובה היא מסדר אפס עבור ***HI*** ,כי הוא אלקטרופיל."

מומלץ להשוות מנגנון זה למנגנון תגובת SN1 ולהתייחס להבדל בשלב האיטי. בתגובת SN1 השלב האיטי תלוי בריכוז האלקיל הליד בלבד, ולכן הוא מסדר אפס עבור הנוקלאופיל ומסדר ראשון עבור האלקיל הליד. על ידי השוואה זאת ניתן להסביר את ההבדל בין תגובה מסדר אפס לתגובה מסדר ראשון.

סעיף ג' (הציון 43)

תוצר תגובה (1) הוא נוזל בטמפרטורת החדר. מגיבים את התוצר עם מתאנול, CH3OH(l) .

מתרחשת תגובה (2).

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**38**

**78**

**31**

תת-סעיף i (הציון 38)

נסח את תגובה (2)

**התשובה:**



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

רוב התלמידים לא הצליחו לנסח תגובת התמרה כשהמגיבים שלה נתונים. הם לא הצליחו לזהות את תוצר התגובה הקודמת כאלקיל הליד שלישוני, את הנוקלאופיל כנוקלאופיל חלש (מולקולרי ולא יוני). חלק מהתלמידים דילגו על תת- סעיף זה. היו תלמידים שניסו לרשום את מנגנון התגובה במקום הניסוח.

מומלץ לאמן את התלמידים תוך השוואת תגובת התמרה עם מים ועם כוהל ולהראות את ההבדל בתוצר.

תת-סעיף ii (הציון 78)

על פי איזה מנגנון מתרחשת תגובה (2)? נמק.

**התשובה:**

מנגנון התגובה הוא SN1. זו תגובת התמרה של אלקיל יודיד שלישוני.

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

הציון של תת-סעיף זה גבוה מציוני סעיפים ותת-סעיפים בשאלה. רוב התלמידים קבעו נכון את מנגנון התגובה ונימקו את קביעתם. הם ידעו שאם המגיבים בתגובה הם אלקיל הליד שלישוני ונוקלאופיל חלש, המנגנון יכול להיות רק SN1 . חלק מהתלמידים קבעו נכון את המנגנון, אך לא נימקו. היו תלמידים שטעו בקביעת המנגנון וניסו לנמק את קביעתם:

• "התגובה מתרחשת במנגנון ***SN2*** , כי זאת תגובת התמרה."

בשנה זו לא נלקחה בחשבון תגובת E1 , תגובה שירדה במיקוד, אחרת יש צורך לבדוק נתון של טמפרטורה. בטמפרטורה נמוכה התוצר יתקבל רק במנגנון SN1. בטמפרטורה גבוהה תתקבל תערובת של תוצרי התמרה ואלימינציה, במגננים מסדר ראשון.

תת-סעיף iii (הציון 31)

טמפרטורת הרתיחה של 2-מתיל 2-בוטן היא 39oC .

תוצר תגובה (2) הוא נוזל בטמפרטורת החדר. קבע אם טמפרטורת הרתיחה של תוצר זה גבוהה

או נמוכה מ- 39oC **.** נמק.

**התשובה:**

טמפרטורת הרתיחה של תוצר תגובה (2) גבוהה מ- 39oC .

בין מולקולות התוצר של תגובה (2) במצב נוזל יש אינטראקציות ון-דר-ואלס. גם בין מולקולות של 2-מתיל 2-בוטן במצב נוזל יש אינטראקציות ון-דר-ואלס.

הענן האלקטרוני במולקולת התוצר של תגובה (2) (58 אלקטרונים) גדול מהענן האלקטרוני במולקולה של 2-מתיל 2-בוטן (40 אלקטרונים). ככל שענני האלקטרונים במולקולות גדולים יותר, הסיכוי להיווצרות דו-קטבים רגעיים גדול יותר. לכן אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות התוצר של תגובה (2) חזקות יותר מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות 2-מתיל 2-בוטן. לפיכך טמפרטורת הרתיחה של התוצר של תגובה (2) גבוהה יותר.

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

הציון של תת-סעיף זה הוא הנמוך ביותר מציוני סעיפים ותת-סעיפים בשאלה. זוהי שאלה בנושא "מבנה וקישור". תלמידים רבים לא הצליחו לקשר בין חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות החומרים לבין טמפרטורות הרתיחה שלהם. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "טמפרטורת הרתיחה של התוצר תהיה נמוכה מ- ***39oC*** , כייוון שבמתיל בוטאן יש קשר כפול, ולכן תידרש טמפרטורה גבוהה יותר כדי לנתקו."

תשובות שגויות מסוג זה נובעות מחוסר הבחנה בין קשרים קוולנטיים תוך מולקולריים לבין כוחות בין מולקולריים, ומחוסר ידע והבנה - מהם הגורמים המשפיעים על טמפרטורת רתיחה של חומר מולקולרי.

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר חלקי, ללא התייחסות לגודל ענני האלקטרונים של שני החומרים ו/או לחוזק אינטראקציות בין מולקולות החומרים:

• "טמפרטורת הרתיחה של התוצר גבוהה מ- ***39oC*** , כי מתיל בוטן הוא בעל מסה מולרית קטנה יותר."

• "טמפרטורת הרתיחה של התוצר גבוהה מ- ***39oC*** , כי קשרים בין מולקולריים בו חזקים יותר."

מומלץ במהלך לימוד הנושא "כימיה אורגנית מתקדמת" לחזור מדי פעם עם התלמידים על השוואת טמפרטורות הרתיחה של חומרים שונים המשתתפים בתגובות הנלמדות.

סעיף ד' (הציון 65)

**74**

**56**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 74)

בתגובה (3), מגיב 2-מתיל 2-בוטן עם מימן ברומי, HBr(g) , ומתקבל אלקיל ברומיד מתאים.

נסח את תגובה (3).

**התשובה:**



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

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים ניסחו נכון את תגובה (3), כשנתונה תגובה (1) ויש רק להחליף את הקבוצה העוזבת. יחד עם זאת הופיעו טעויות ברישום התוצר המצביעות על חוסר הבנה שמדובר בתגובה הדומה ל תגובה (1) ועל חוסר ידע בכללים של התרחשות תגובות סיפוח:

***CH3−CH−CHBr−CH3***

***CH3***

***CH2Br−CH−CH2−CH3***

***CH3***

תת-סעיף ii (הציון 56)

תוצר תגובה (3) מגיב עם CH3OH(l) בתגובה (4).

קבע אם קצב התגובה של תגובה (4) גדול מקצב התגובה של תגובה (2), קטן ממנו או שווה לו.

נמק.

**התשובה:**

הקצב של תגובה (4) קטן מהקצב של תגובה (2).

אטומי I הם קבוצה עוזבת טובה יותר מאטומי Br , כי הקשר C–I חלש יותר מהקשר C–Br. כאשר הקבוצה העוזבת טובה יותר, נוצר יון קרבוניום בקצב גדול יותר.

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא חוסר יכולת של חלק מהתלמידים לערוך השוואה בין תגובות (2) ו- (4) המתרחשות באותו מנגנון SN1 , להבין שההבדל הוא בסוג הקבוצה העוזבת, ולקשר בין קבוצה עוזבת טובה יותר לבין קצב תגובה גדול יותר. היו תלמידים שקבעו נכון שהקצב של תגובה (4) קטן מהקצב של תגובה (2), אך התקשו לנמק את קביעתם:

• "הקצב של תגובה ***(4)*** קטן יותר, כי התגובה מתרחשת לאט יותר."

• "הקצב של תגובה ***(4)*** קטן יותר. תגובה זו איטית, כי אטום ברום קטן מאטום יוד."

רוב התלמידים שטעו בקביעה, לא נימקו את קביעתם.

לסיכום:

עיקר הקשיים של תלמידים בנושא "כימיה אורגנית מתקדמת" הם בקשר בין נתוני התגובה למנגנון התגובה, דבר שחוזר על עצמו שנה אחר שנה, ובכתיבת המנגנון עצמו.

מצורף תרגיל שהופיע בניתוח של שנה שעברה ונכתב בשיתוף עם אוטיליה רוזנברג. מומלץ להשתמש בתרגיל זה כסיכום למבנית ולהדגיש את ההבדלים בין המנגנונים והתנאים בהם מתרחשת תגובה.

הקדמה לתרגיל:

1. אלקיל הליד שניוני מגיב בדרך כלל במנגנונים E2 ו- SN2 . תגובות אלה מתרחשות בשלב אחד ומתקבלת תערובת תוצרים. הרכב התערובת ייקבע לפי תנאי התגובה: סוג הממס, חוזק הבסיס והטמפרטורה.

2. בתנאים מסוימים (בסיס, נוקלאופיל חלש - ממס), אלקיל הליד שניוני עשוי להגיב במנגנון SN1 . תגובה זו מתרחשת במספר שלבים.   
כשמדובר בתגובה שבה משתתף אלקיל הליד שניוני, יש לתת לתלמידים רמז לגבי סוג המנגנונים אליו מתכוונים. הרמז יכול להיות מספר שלבי התגובה, אם המגיב פעיל אופטית, רמז לגבי פעילות אופטית של התוצר.

3. כאשר הנוקלאופיל נפחי, קיימת הפרעה מרחבית. לא תתרחש תגובה במנגנון SN2 , גם כאשר האלקיל הליד הוא ראשוני. לכן גם בטמפרטורה נמוכה תתרחש תגובה במנגנון E2 , אם כי בקצב איטי.

4. תגובה במנגנוןE2 לא יכולה להתרחש כאשר אין אטום מימן על אטום פחמן β .

5. כאשר המגיב הוא אלקיל הליד שלישוני והבסיס חזק, תתרחש תגובה במנגנון E2 .  
כאשר המגיב הוא אלקיל הליד שלישוני והבסיס חלש (ממס), תתרחש תגובה במנגנון SN1 בטמפרטורת החדר, ובמנגנון E1 כאשר הטמפרטורה גבוהה.

תרגיל בנושא מנגנון תגובה:

בטבלה שלפניך נתונים מגיבים ותנאים המתאימים לתגובות במנגנונים שונים.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| תגובה מס' | המגיבים | הממס | הטמפרטורה |
| 1 | CH3CH2Br + CH3O− | CH3OH(l) | 25oC |
| 2 | CH3CH2Br + CH3O− | CH3OH(l) | 55oC |
| 3 | CH3C(CH3)2CH2Br + CH3O− | CH3OH(l) | 55oC |
| 4 | CH3C(CH3)BrCH3 + CH3O− | CH3OH(l) | 25oC |
| 5 | CH3CHBrCH3 + CH3O− | CH3OH(l) | 55oC |
| 6 | CH3CH2Br + (CH3)3CO− | CH3OH(l) | 25oC |
| 7 | (CH3)3CCl | H2O(l) | 25oC |
| 8 | (CH3)3CCl | H2O(l) | 55oC |
| 9 | (CH3)3CCl + OH− | CH3OH(l) | 55oC |
| 10 | CH3CH2CHBrCH3 + OH− | CH3OH(l) | 55oC |
| 11 | CH3CH2CHCH2 +HBr | CH3OH(l) | 25oC |
| 12 | CH3CH2CH(OH)CH3 | H3O+(aq)/H2O(l) | 25oC |

לגבי כל אחת מן התגובות:

א. קבעו מהו המנגנון העיקרי שבו מתרחשת התגובה העיקרית. נמקו את קביעתכם.

ב. רשמו את נוסחת התוצר או התוצרים של התגובה.

פתרון:

התשובות מציינות את הגורמים לכך שהתגובה תתרחש במנגנון שצוין. לגורמים המכוונים יש להוסיף נימוק המתייחס לאנרגיית השפעול של התגובה. בסוף הפתרון יש דוגמה לתשובה מלאה עבור תגובות 1 , 2 ו- 5 .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| תגובה  מס' | מנגנון עיקרי | נוסחת התוצר | גורמים מכוונים |
| 1 | SN2 | CH3CH2OCH3 | אלקיל הליד ראשוני,  נוקלאופיל חזק עם שלד פחמימני לא מסועף. |
| 2 | SN2 | CH3CH2OCH3 | אלקיל הליד ראשוני,  נוקלאופיל חזק עם שלד פחמימני לא מסועף. (טמפרטורה גבוהה יותר משנה רק את הקצב של תגובת ההתמרה.) |
| 3 | SN2 | CH3C(CH3)2CH2 OCH3 | אלקיל הליד ראשוני,  נוקלאופיל חזק עם שלד פחמימני לא מסועף.  התגובה תתרחש בקצב איטי יותר מתגובה 2 בגלל שהשלד הפחמני המסועף של המגיב. |
| 4 | SN2 | CH3C(CH3)(OCH3)CH3 | אלקיל הליד שניוני,  נוקלאופיל חזק, טמפרטורה נמוכה. |
| 5 | E2 | התוצר העיקרי: CH3C(CH3)=CH2  תוצר נוסף  CH3C(CH3)(OCH3)CH3 | אלקיל הליד שניוני, נוקלאופיל חזק טמפרטורה גבוהה.  מתרחשת גם תגובה במנגנון SN2. |
| 6 | E2 | CH2=CH2 | אלקיל הליד ראשוני,  בסיס חזק עם שלד פחמני מסועף.  יש הפרעה מרחבית.   לא תתקיים תגובת התמרה מסדר שני.  תתקיים תגובת אלימינציה בקצב איטי בגלל טמפרטורה נמוכה. |
| 7 | SN1 | (CH3)3COH | אלקיל הליד שלישוני,  נוקלאופיל (בסיס) חלש,  טמפרטורה נמוכה. |
| 8 | E1 | CH3C(CH3)=CH2 | אלקיל הליד שלישוני,  נוקלאופיל (בסיס) חלש,  טמפרטורה גבוהה. |
| 9 | E2 | CH3C(CH3)=CH2 | אלקיל הליד שלישוני,  בסיס חזק ,  טמפרטורה גבוהה. הערה: תגובה זו יכולה להתרחש גם ב- 25oC . |
| 10 | E2 | CH3CH2CH=CH2,   CH3CH=CHCH3  ציס וטרנס | אלקיל הליד שניוני,  בסיס חזק,  טמפרטורה גבוהה. (עשוי להיווצר גם תוצר התמרה.) |
| 11 | סיפוח | CH3CH2CHBrCH3 | התוצר מתקבל על פי כלל מרקובניקוב. |
| 12 | אל-מיום | CH3CH2CH=CH2,  CH3CH=CHCH3  ציס וטרנס | שלב ראשון - פרוטונציה,  ולאחר מכן תגובה במנגנון E1 . |

תשובות מלאות:

תגובה 1: השלד הפחמני של האלקיל הליד הוא ראשוני ואין קבוצות צד גדולות על אטום פחמן β . לכן אין הפרעה מרחבית לתגובה של הנוקלאופיל. הנוקלאופיל חזק ולא מסועף. התגובה תתרחש במנגנון SN2 , כי אנרגיית השפעול של תגובה זו נמוכה יחסית.

תגובה 2: השלד הפחמני של האלקיל הליד הוא ראשוני ואין קבוצות צד גדולות על אטום פחמן β . לכן אין הפרעה מרחבית לתגובה של הנוקלאופיל. הנוקלאופיל חזק ולא מסועף. התגובה תתרחש במנגנון SN2 , כי אנרגיית השפעול של התגובה נמוכה. הטמפרטורה גבוהה ולכן קצב התגובה במנגנון זה יגדל. התגובה כמעט לא תתרחש במנגנון E2 כי אנרגיית השפעול של תגובה זו, בתנאים אלה גבוהה.

תגובה 5: השלד הפחמני של האלקיל הליד הוא שניוני. יש הפרעה מרחבית לתגובה של הנוקלאופיל. הנוקלאופיל, הבסיס חזק, עם שלד פחמימני לא מסועף, הטמפרטורה גבוהה. תתרחש תגובה במנגנון E2 וגם תגובה במנגנון SN2 (אם כי פחות). אנרגיית השפעול של תגובת אלימינציה מסדר שני גבוהה משל תגובת התמרה מסדר שני. בטמפרטורה של 55oC יש למולקולות אנרגיה קינטית מספקת כדי לעבור את מחסום אנרגיית השפעול. לכן יתרחשו שתי התגובות. תגובת האלימינציה תתרחש במידה רבה יותר, כי יש הפרעה מרחבית להתקפה של הנוקלאופיל על אטום פחמן α ואין הפרעה מרחבית להתקפה של הבסיס על אטום מימן שעל אטום פחמן β .

תודה לאוטיליה רוזנברג על העזרה והכוונה בכתיבת תרגיל זה.

כימיה של חלבונים וחומצות גרעין

שאלה 11

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **60** | **59** | **55** | 59 |

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

**בחרו בשאלה 3% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

20%

0-40

24%

55-84

39%

85-100

17%

**62**

**59**

**61**

**42**

**68**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

הציון של שאלה זו נמוך. ניתן לראות שכמעט כל הציונים של סעיפים ותת-סעיפים נמוכים. תלמידים רבים התקשו בנושאי השאלה: מבנה שלישוני של חלבון וכיצד הוא מיוצב על ידי אינטראקציות הידרופוביות וקשרי דו-גפרית, היווצרות קשרי דו-גפרית בחלבון ותפקידם,

קביעה אם מקטע של חלבון נתון יכול להיערך במבנה של סליל α ובמבנה של משטח β, הידרוליזה אנזימטית של חלבונים, קביעת המטען הכולל של החלבון ב- pH תמיסה נתון,

קביעת המטען החשמלי על קבוצה צדדית של חומצה אמינית בחלבון ב- pH תמיסה נתון.

בניתוח השאלה אנו מביאים המלצות אחדות להוראת נושאים אלה.

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את המבנה השלישוני של חלבון, וכיצד הוא מיוצב על ידי אינטראקציות הידרופוביות וקשרי דו-גפרית.

⮘ לדעת כיצד נוצרים קשרי דו-גפרית בחלבון ותפקידם.

⮘ "לקרוא" רצף של חומצות אמיניות.

⮘ לנתח נתונים עבור חלבון נתון ולקבוע אם מקטע של חלבון יכול להיערך במבנה של סליל α ובמבנה של משטח β.

⮘ להכיר את התהליך של הידרוליזה אנזימטית של חלבונים.

⮘ להכיר את המושג pKa . לקבוע את המטען הכולל של החלבון ב- pH תמיסה נתון.

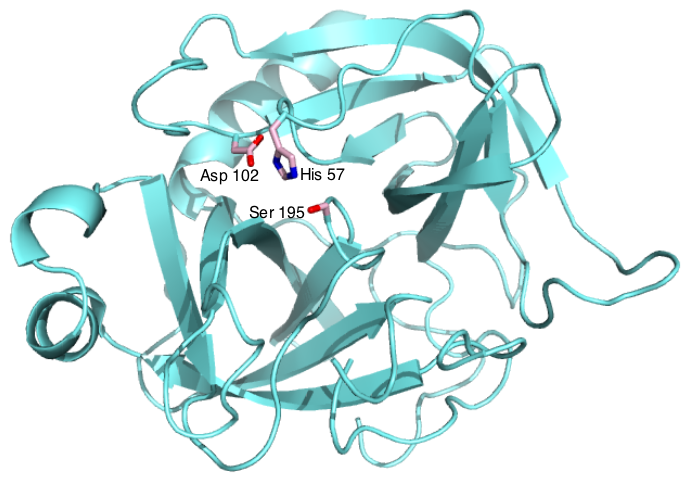
⮘ לקבוע את המטען החשמלי על קבוצה צדדית של חומצה אמינית בחלבון ב- pH תמיסה נתון.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

כימוטריפסיןA הוא אנזים הפועל במערכת העיכול של יונקים.

האיור שלפניך מציג מודל של כימוטריפסין A.



כימוטריפסין A מזרז את ההידרוליזה של הקשר הפפטידי בצד הקרבוקסילי של החומצות האמיניות פנילאלנין, Phe, טריפטופן, Trp, וטירוזין,Tyr .

מולקולת כימוטריפסין A בנויה מכמה שרשרות פוליפפטידיות, מקופלות במבנה דחוס דמוי פקעת. המולקולה מכילה 241 שיירים של חומצות אמיניות ו- 5 קשרי דו-גפרית.

סעיף א' (הציון 62)

**58**

**69**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 58)

הסבר כיצד המבנה המרחבי של כימוטריפסין A מיוצב, בין היתר, על ידי אינטראקציות

הידרופוביות וקשרי דו-גפרית.

**התשובה:**

הקבוצות הצדדיות הבלתי קוטביות פונות כלפי פנים המולקולה כדי להימנע ממגע עם המים. בין קבוצות אלה פועלות אינטראקציות ההידרופוביות (או: אינטראקציות ון-דר-ואלס).

קשרי דו-גפרית נוצרים בין הקבוצות הצדדיות של שיירי ציסטאין הנמצאים במקומות שונים ברצף. הם מחזקים את צורת הקיפול של השרשרות הפוליפפטידיות ומייצבים את המבנה המרחבי של המולקולה.

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים כלליים, ללא התייחסות לחלבון הנתון. חלק מהתלמידים רשמו את כל סוגי הקשרים:

• "חלבון מיוצב על ידי קשרי מימן, קשרים יוניים, קשרים הידרופוביים וקשרי דו-גפרית."

בעיה נוספת היא הסברים חלקיים - התייחסות לאינטראקציות הידרופוביות בלבד או לקשרי דו-גפרית בלבד.

תת-סעיף ii (הציון 69)

האם על פי המספר של קשרי דו-גופרית אפשר לקבוע כמה שרשרות פוליפפטידיות יש במולקולת

כימוטריפסין A? נמק.

**התשובה:**

לא.

קשרי דו-גופרית יכולים להיווצר הן בין שיירי ציסטאין הנמצאים בשרשרות פוליפפטידיות שונות והן בין שיירי ציסטאין הנמצאים באותה שרשרת.

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

רוב התלמידים קבעו נכון שאי- אפשר לקבוע כמה שרשרות פוליפפטידיות יש במולקולת

כימוטריפסין A. הטעויות הופיעו בנימוקים. רוב הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר הבנה של תפקיד קשרי דו-גפרית בייצוב המבנה המרחבי של מולקולת חלבון:

• "לא, כי קשרי דו-גפרית בין ***Cys*** ולא בין כל חומצה."

• "לא, כי יש מעט חומצות שיוצרות קשרי דו-גפרית."

• "לא, כי קשרי דו–גפרית לא קובעים מספר שרשרות."

סעיף ב' (הציון 59)

בכימוטריפסין A יש מקטעים שאינם ערוכים במבנה מוגדר של סליל α או משטח β . לדוגמה,

המקטע שלפניך:

Cys−Gly−Val−Pro−Ala−Ile−Gln−Pro−Val−Leu

הסבר מדוע מקטע זה אינו יכול להיערך במבנה של סליל α וגם לא במבנה של משטח β.

**התשובה:**

במקטע הנתון יש שני שיירים של פרולין שמפריעים להיווצרות סליל α .

(אטום החנקן שבקשר הפפטידי הוא חלק מהטבעת של השרשרת הצדדית ואינו קשור לאטום מימן.) שיירי הפרולין בשרשרת פוליפפטידית אינם יכולים ליצור קשרי מימן המייצבים סליל α (או: המבנה הטבעתי של הקבוצה הצדדית הוא קשיח ואינו מאפשר חופש תנועה סביב פחמן α ).

במקטע זה יש שיירים של (ארבע) חומצות אמיניות, להם קבוצות צדדיות גדולות (נפחיות). קבוצות צדדיות גדולות מרחיקות את המשטחים (או: מפריעות לאריזה צפופה של המשטחים) ומפריעות להיווצרות קשרי מימין המייצבים משטח β ).

או: השייר של הפרולין מפריע להיווצרות מבנה של קפלים המאפיין משטח β .

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

חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לנתח את נתוני השאלה ולהסביר מדוע המקטע הנתון אינו יכול להיערך במבנה של סליל α וגם לא במבנה של משטח β. התלמידים שטעו התקשו למקם את הקשרים השונים במבנה של חלבון. כמו כן הופיעו תשובות חלקיות המכילות הסבר עבור סליל α בלבד או עבור משטח β בלבד.

מומלץ לסכם את המיקום של כל אחד מסוגי הקשרים במבנה מולקולת החלבון ולתת לתלמידים בתרגילים שמתייחסים למבנים מרחבים של לבונים. כדאי להציג לתלמידים איור המכיל סוגי קשרים שונים, כגוון:

שרשרת חלבון

קשרי מימן

**CH2**

**O**

**C−OH**

**CH2**

**O**

**H**

אינטראקציות הידרופוביות

(ון-דר-ואלס)

**CH3**

**CH**

**H3C**

**CH3**

**CH**

**H3C**

**−CH2 −S −S −CH2 −**

**−CH2−CH2−CH2−CH2−NH3+−O−C−CH2 −CH2−**

**O**

קשרי דו-גפרית

קשרים יוניים

אפשר לתת לתלמידים תרשימים דומים חלקיים ולבקש להשלים אותם ולציין את סוגי הקשרים, או לחילופין, לבקש לצייר קשרים מסוגים שונים בין קבוצות פונקציונליות של חומצות אמיניות. אפשרות אחרת היא לתת לתלמידים ציור של שרשרת חלבון ולבקש להוסיף קשרים מסוגים שונים במקומות מתאימים.

שאלות לתרגול:

שאלה 1

א. לאיזה מבנה שייכים קשרי דו-גפרית בשרשרת אחת של חלבון: ראשוני, שניוני, שלישוני, רביוני? מותר לציין יותר ממבנה אחד.

ב. על פי אילו קשרים נקבע המבנה השלישוני של חלבון: קשרי מימן, אינטראקציות ון-דר-ואלס, קשרי דו-גפרית, קשרים יוניים? מותר לציין יותר מסוג אחד של קשרים.

שאלה 2

ישנם חלבונים הנמצאים בקרום התא, שתפקידם להעביר יונים או מולקולות דרך הקרום. חלק משרשרת חלבון כזה נמצאת בתוך הקרום וחלקים אחרים פונים כלפי חוץ וכלפי פנים של התא.

מתוך הרשימה של חומצות אמיניות, בחרו ב- 10 חומצות אמיניות, וקבעו עבור כל אחת מהן מה יכול להיות המיקום שלה, אם היא תהיה חלק משרשרת החלבון הנמצא בקרום התא. נמקו.

שאלה 3

במעבדה בדקו עמידות לחימום של שני אנזימים: I ו- II .

נמצא שבחימום עד טמפרטורה של 50oC במשך 15 דקות פעילות אנזימטית של אנזים I ירדה ב- 75% ופעילות אנזימטית של אנזים II ירדה ב- 35% .

נתון שבמולקולה של אנזים I יש יותר קשרי דו-גפרית מאשר במולקולה של אנזים II .

הסבירו את ממצאי הניסוי.

שאלה 4

אוריאה היא התוצר הסופי של פירוק חלבונים בגוף. אוריאה מופרשת מהגוף, כי הצטברותה עלולה לגרום לדנטורציה הפיכה של חלבונים. נוסחת האוריאה:

H2N−C−NH2

O

א. הסבירו מדוע אוריאה עלולה לגרום לדנטורציה של חלבונים.

ב. מדוע דנטורציה של חלבונים, הנגרמת על ידי אוריאה, היא דנטורציה הפוכה?

סעיף ג' (הציון 61)

לפניך רצף חומצות אמיניות בפפטיד:

Gly−Ser−Trp−Asp−Thr−Phe−Gln−Val

פפטיד זה עבר הידרוליזה בנוכחות כימוטריפסין A.

על פי הנתונים בשאלה, רשום את הרצף של החומצות האמיניות בכל אחד מהתוצרים שהתקבלו

בהידרוליזה של הפפטיד.

**התשובה:**

Gly−Ser−Trp

Asp−Thr−Phe

Gln−Val

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

הטעויות האופייניות שנתגלו בסעיף זה הן:

⬩ ציור קטע מתוך החלבון- נוסחאות מבנה לא מתאימות, לאחד מתוצרי פעולת האנזים.

⬩ רישום נוסחאות של כל החומצות האמינית שבקטע - בנפרד.

⬩ החלפת קצוות בפפטיד וקבלה של התוצרים בהתאם:

***Gly−Ser Trp−Asp−Thr Phe−Gln−Val***

אפשר לתת לתלמידים משימות דומות וגם במשימות הפוכות, שבהן יש לשחזר את הרצף של חומצות אמיניות על סמך תוצרי פירוק אנזימטי.

לדוגמה:

בוצעה הידרוליזה מלאה של הקסה-פפטיד. התקבלו החומצות האמיניות הבאות:

Tyr , Ser , Val , Arg , Leu , Phe

חומצה אמינית Arg נמצאת בקצה האמיני של החלבון.

בהידרוליזה חלקית של ההקסה-פפטיד התקבלו המקטעים הבאים:

Val−Tyr , Arg−Ser , Val−Tyr−Leu−Ser−Phe−Val , Phe−Val−Tyr

רשמו את הקטע של הקסה-פפטיד שעבר הידרוליזה.

סעיף ד' (הציון 42)

הנקודה האיזואלקטרית pI)) של כימוטריפסין A היא ב- pH=8.75 .

pH = 7.8 הוא המתאים ביותר לפעילות האנזימטית של כימוטריפסין A .

**52**

**40**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 52)

קבע אם ב- pH = 7.8 המטען הכולל של כימוטריפסין A הוא חיובי, שלילי או שווה לאפס.

**התשובה:**

חיובי.

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

כמעט מחצית מהתלמידים התקשו לקבוע את המטען הכולל של כימוטריפסין A ב- pH = 7.8 .

רוב התלמידים שטעו קבעו שהמטען הכולל שווה לאפס.

תת-סעיף ii (הציון 40)

הסבר מדוע ב- pH שונה מ- 7.8 הפעילות האנזימטית של כימוטריפסין A חלשה יותר

מאשר ב- pH = 7.8 .

**התשובה:**

שינוי ב-pH של התמיסה גורם לשינוי במטען החשמלי של קבוצות הצד הטעונות, ולכן יהיה שינוי בקשרים היוניים המייצבים את המבנה השלישוני של כימוטריפסין. כתוצאה מכך חלים שינויים במבנה המרחבי של המולקולה, באתר הפעיל ובפעילות האנזימטית.

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

הציון של תת-סעיף זה הוא הנמוך ביותר מציוני סעיפים ותת-סעיפים בשאלה. רוב התלמידים לא הצליחו להסביר את הירידה בפעילות אנזימטית של האנזים ב- pH התמיסה שונה מ- 7.8 . הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הסברים כלליים ו/או לא מתאימים, ללא התייחסות לשינוי במטען החשמלי של קבוצות הצד הטעונות ולשינוי בקשרים היוניים המייצבים את המבנה השלישוני של כימוטריפסין:

• "כי ***pH=7.8*** זה ה- ***pH*** המיטבי של האנזים."

• "ב- ***pH=7.8*** האנזים פועל הכי טוב."

• "כי כימוטריפסין לא חומצה ולא בסיס."

מומלץ לדון עם התלמידים בפעילות אנזימטית והתלות שלה ב- pH התמיסה.

שינוי מטען של רדיקלים בעלי מטען במולקולת האנזים:

COO− + H3O+  COOH + H2O

→

←

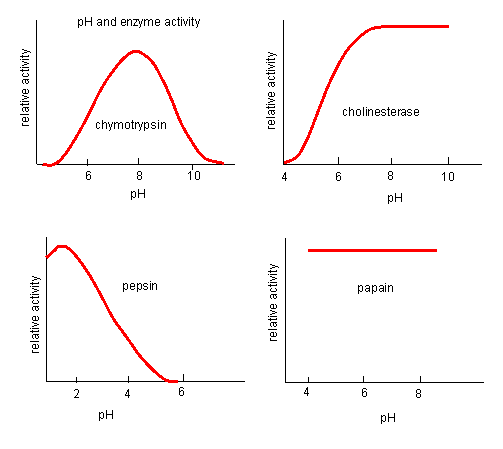
NH2 + H3O+  NH3+ + H2O

→

←

גורם לשינויים באינטראקציה בין רדיקלים.

לכל אנזים pH אופטימלי שונה (ברקמות שונות). לרוב בין 7 ל- 8 . לדוגמה:



מומלץ להיעזר בקטע העשרה "ה- pH בגופנו" לפרק "שמירה על איזון - זה כל העניין", בספר "כימיה... זה בתוכנו" מאת דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רונית ברד, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע. הקטע מכיל תיאור מקיף של השפעת ה- pH על פעילות אנזימטית.

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים בנושא השפעת ה- pH על פעילות אנזימטית: ניסוי "השפעת ה- pHעל פעילות האנזים אינברטז" בספר "לקט ניסויים בביוכימיה מכשירית" מאת בת שבע כהן, מרים שטרן, שרה אליאס, 2002 ; חומר מקיף וניסוי בנושא זה נמצאים גם בספר "מעבדות חקר בביולוגיה. הרקע הכימי" מאת רעיה אילן, 1982 .

ניתן לבצע את הניסויים האלה כניסויי חקר בכל הרמות.

סעיף ה' (הציון 68)

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים עבור שיירים של חומצות אמיניות הנמצאות באתר הפעיל של

כימוטריפסין A .

|  |  |
| --- | --- |
| שיירי חומצות אמיניות | pKR |
| His | 6 |
| Asp | 3.65 |
| Ser | - |

**91**

**58**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 91)

קבע מהו המטען החשמלי על הקבוצה הצדדית של Asp ב- pH = 7.8 . נמק.

**התשובה:**

ב- = 7.8 pH המטען החשמלי שעל הקבוצה הצדדית של חומצה אספרטית הוא שלילי.

מעל = 3.65 pH רוב הקבוצות הפונקציונליות מאבדות פרוטון.

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו לקבוע את המטען החשמלי על הקבוצה הצדדית של Asp ב- pH = 7.8 ולנמק את קביעתם. כמעט ולא הופיעו טעויות.

תת-סעיף ii (הציון 58)

קבע עבור כל אחד מההיגדים (1)-(2) שלפניך אם הוא נכון או לא נכון. נמק כל קביעה.

(1) ב- pH = 7.8 יכול להיווצר קשר מימני בין הקבוצות הצדדיות של Ser ושל His שבאתר הפעיל.

(2) ב- pH = 7.8 יכולות להיווצר אינטראקציות יוניות בין הקבוצות הצדדיות של His ושל Aspשבאתר הפעיל.

**התשובה:**

היגד (1) נכון.

קשרי המימן יכולים להיווצר בין אטום המימן החשוף מאלקטרונים הקשור לאטום החמצן בקבוצה הצדדית של סרין לבין זוג האלקטרונים הלא קושרים שעל אטום החנקן בשרשרת הצדדית של היסטידין.

היגד (2) לא נכון.

ב-pH = 7.8 הקבוצה הצדדית של היסטידין חסרת מטען חשמלי, ולכן לא יכולות להיווצר אינטראקציות יוניות בין הקבוצות הצדדיות של His ו- Asp .

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

טעויות בחלק מהשאלה המתייחס להיגד (1):

רוב התלמידים קבעו נכון, אך חלקם התקשו בנימוק. הופיעו נימוקים כלליים, כגון:

• "היגד ***(1)*** נכון, כי במקרה הנתון קשר מימני יכול להיווצר."

ונימוקים חלקיים ללא התייחסות לסיבה להיווצרות קשר מימני.

טעויות בחלק מהשאלה המתייחס להיגד (2):

הופיעו טעויות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה, תוך התייחסות אל קבוצה צדדית של היסטידין כאל קבוצה טעונה:

• "היגד ***(2)*** נכון, משום שהחומצות האמיניות טעונות ויש יכולת לקשר, כי המטענים מנוגדים."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• "היגד ***(2)*** לא נכון, כי על הקבוצות הצדדיות יש מטען, אך הוא באותו סימן."

מומלץ לתת לתלמידים תרגילים המשלבים מציאת מטען של קבוצות צד של חומצות אמיניות עם ציון סוג הקשרים הקיימים ביניהן.

כמו כן מומלץ לחזור על הנושא "קשרי מימן" ולתרגל אותו.

כימיה של חלבונים וחומצות גרעין

שאלה 12

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **70** | **63** | **69** | 69 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 69 פיזור ציונים**

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

41-54

14%

0-40

11%

55-84

50%

85-100

25%

**70**

**57**

**81**

**60**

**59**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ה ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להכיר את מבנה הנוקלאוטיד, המולקולות הבונות את הנוקלאוטיד והקשרים בין מרכיבי הנוקלאוטיד.

⮘ לדעת מהם הקשרים בין הנוקלאוטידים בגדיל וקבוצות אטומים שביניהן נוצרים הקשרים.

⮘ לזהות, על פי מבנה הנוקלאוטיד, אם הנוקלאוטיד הוא של DNA או של RNA .

⮘ לדעת מהם הבסיסים החנקניים ולהבחין בין פורין לפירימידין.

⮘ לקשר בין מבנה ותפקוד של חלבונים היסטונים.

⮘ לבנות גדיל משלים לגדיל DNA .

⮘ לרשום את מקטע RNA המתועתק.

⮘ לדעת שבין גדילי DNA מתקיימים קשרי מימן, ובין אילו אטומים מתקיימים קשרי המימן.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

לפניך נוסחאות מבנה של ארבעה נוקלאוטידים (1)-(4):

שניים מהנוקלאוטידים של DNA (דנ"א), ושניים של RNA (רנ"א).

**(2) (1)**

O

O

OH

H3C

O

N

N

H

O−

O

P

O−

O

OH

O

OH

NH2

O

N

N

O−

O

P

O−

O

**(4) (3)**

O

O

N

N

O

OH

OH

O−

O

P

O−

O

O

OH

NH2

O

N

N

O−

O

P

O−

O

H

סעיף א' (הציון 70)

**60**

**80**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 60)

קבע אם הבסיסים החנקניים בשני הנוקלאוטידים של DNA יכולים לשמש בסיסים משלימים זה

לזה. נמק.

**התשובה:**

לא.

(נוקלאוטידים במולקולת DNA הם (2) ו- (3) )

הבסיס החנקני בנוקלאוטיד (2) הוא תימין ובנוקלאוטיד (3) הוא ציטוזין.

זוגות הבסיסים המשלימים ב- DNA : אדנין - תימין , גואנין - ציטוזין.

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

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הבינו שהבסיסים החנקניים בשני הנוקלאוטידים אינם יכולים לשמש בסיסים משלימים זה לזה. תלמידים אלה לא הבינו שניתן להיעזר בדפי הנוסחאות כדי לענות על השאלה. היו תלמידים שלא הבחינו בכך שנוקלאוטידים (1) ו- (4) הם נוקלאוטידים של RNA , ולכן התייחסו בתשובותיהם גם לנוקלאוטידים אלה.

תת-סעיף ii (הציון 80)

בחר באחד הנוקלאוטידים של DNA והעתק את נוסחתו למחברתך.

סמן בנוסחה קשר אסטרי וקשר N-גליקוזידי.

**התשובה:**

קשר N-גליקוזידי

O

O

OH

H3C

O

N

N

H

O−

O

P

O−

O

קשר פוספואסטרי

קשר N-גליקוזידי

O

OH

NH2

O

N

N

O−

O

P

O−

O

קשר פוספואסטרי

נוקליאוטיד (2)

נוקליאוטיד (3)

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

רוב התלמידים זיהו וסימנו נכון את הקשרים שנוצרים בין הבסיס החנקני לבין הסוכר ובין הסוכר לקבוצת הזרחה. יחד עם זאת הופיעו טעויות אחדות בסימון הקשרים:

⬩ סימון של כל קבוצת הזרחה ולא רק של הקשר שנוצר.

⬩ סימון הקשר שבין אטום הפחמן 6C לבין קבוצת ההידרוקסיל - קשר זה שייך למבנה הסוכר ואינו קשר שנוצר בין הסוכר לקבוצת הזרחה.

מומלץ בעת התרגול לבקש מהתלמידים לזהות את הקשרים בתוך הנוקלאוטידים ואת הקשרים הנוצרים בתהליך החיבור של הנוקלאוטידים, ולהראות בין אלו מולקולות נוצרים הקשרים.

סעיף ב' (הציון 57)

חלבונים היסטונים, האחראים לאריזה הצפופה של מולקולות ה- DNA בכרומוזומים, מכילים

אחוז גבוה של החומצות האמיניות ליזין וארגינין.

אילו קשרים נוצרים בין החלבונים ההיסטונים לבין מולקולות ה- DNA ? הסבר.

**התשובה:**

קשרים חשמליים (או: קשרים יוניים).

המטען החשמלי הכולל על החלבונים ההיסטוניים הוא חיובי, כי הם מכילים אחוז גבוה של ליזין וארגינין. הקבוצות הצדדיות של חומצות אלה טעונות מטען חיובי. קבוצות הזרחה שבמולקולות ה- DNA טעונות במטען חשמלי שלילי. ולכן בין החלבונים ההיסטוניים לבין מולקולות ה- DNA נוצרים כוחות משיכה חשמליים (ב- pH פיסיולוגי - (pH≈7.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו בתיאור הקשרים הנוצרים בין החלבונים ההיסטונים לבין מולקולות ה- DNA . התלמידים שטעו ציינו קשרים שונים - קשרי מימן, אינטראקציות ון-דר-ואלס, קשרים קוולנטיים, וניסו להסביר את קביעתם:

• "קשרי מימן, כי גם ***DNA*** וגם ליזין וארגינין מקיימים קשרי מימן בין המימן החשוף של ***DNA*** ואטומי החנקן או החמצן בארגינין ובליזין."

• "קשרי ון-דר-ואלס, כי רוב השייר של ***DNA*** הוא הדרופובי. לא ייווצרו קשרי מימן כי יש מטען על ארגינין וליזין."

• "קשרים קוולנטיים, מפני שחלבונים היסטונים קשורים חזק ל- ***DNA*** , והקשר הקוולנטי הוא קשר חזק."

חלק מהתלמידים לא מתייחסים למטען החשמלי השלילי של קבוצות הזרחה שבמולקולות ה- DNA - גם בשאלה זו וגם בשאלות אחרות. מומלץ בכל הזדמנות לחזור על מבנה הדן-גדילי של ה- DNA ולתאר את כל המרכיבים שלו, כולל המטען.

סעיף ג' (הציון 81)

לפניך רצף של נוקלאוטידים בשרשרת ה- mRNA (רנ"א שליח)

5’ GUAGCCUACUAGCCA 3’

רצף זה מתקבל מקטע DNA של חיידק E. coli .

**81**

**81**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 81)

רשום את רצף הנוקלאוטידים בשרשרת ה- DNA שעבר תעתוק. ציין את קצה ‘3 ואת קצה ‘5 .

**התשובה:**

’’ CATCGGATGATCGGT 53 (לקבל גם: '3’ TGGCTAGTAGGCTAC 5)

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

הציון גבוה. רוב התלמידים הצליחו לרשום את רצף הנוקלאוטידים בקטע מגדיל ה- DNA שעבר תעתוק. הטעויות שאותרו הן רישום שגוי של אחד או יותר נוקלאוטידים וסימון שגוי של קצוות.

תת-סעיף ii (הציון 81)

רשום את רצף הנוקלאוטידים בשרשרת השנייה באותה מולקולת DNA . ציין את קצה ‘3 ואת קצה ‘5 .

**התשובה:**

5’ GTAGCCTACTAGCCA 3’

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

הציון גבוה. התלמידים הצליחו לרשום נכון את רצף הנוקלאוטידים בשרשרת השנייה באותה מולקולת DNA - הם ידעו מהם הבסיסים המשלימים. הופיעו טעויות אחדות בסימון הקצוות.

סעיף ד' (הציון 60)

במעבדה לחקר חיידקים גידלו תרבית חיידקים על מצע המכיל תימין פגום.

במולקולות של התימין הפגום הוחלפו אטומי חמצן, O , באטומי גפרית, S.

קבע באיזו מולקולה של DNA הקשרים בין שתי השרשרות חזקים יותר - במולקולת DNA

המכילה תימין או במולקולת DNA המכילה תימין פגום. נמק.

**התשובה:**

הקשרים בין שתי שרשרות חזקים יותר במולקולת ה- DNA המכילה תימין.

בגלל נוכחות אטומי גפרית במולקולת DNA עם תימין פגום, יש פחות מוקדים ליצירת קשרי מימן בין השרשרות.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לקבוע באיזו מולקולה של DNA הקשרים בין שתי השרשרות חזקים יותר - במולקולת DNA המכילה תימין או במולקולת DNA המכילה תימין פגום.

הטעות האופיינית העיקרית היא ציון קשרי דו-גפרית כקשרים שנוצרים במולקולת DNA עם תימין פגום:

• "בין מולקולות התימין הפגום יתקיימו קשרי דו-גופרית ***S−S*** . אלה קשרים קוולנטיים החזקים מקשרי מימן."

תלמידים אלה לא הכירו היטב את המבנה הדו-גדילי של DNA - עם קשרי מימן בין הגדילים. הם לא הבינו שלא יתכן שבין הגדילים ייווצרו קשרי דו-גפרית.

סעיף ה' (הציון 59)

ב- DNA יש טבעות ציטוזין עם קבוצת מתיל, -CH3 , על אטום פחמן מספר 5 .

**48**

**70**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 48)

רשום נוסחת מבנה למולקולה של ציטוזין עם קבוצת מתיל על אטום פחמן מספר 5 .

**התשובה:**

H3C

NH2

O

N

N

H

H

H

H3C

NH2

O

N

N

C

C

C

C

או:

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

הציון נמוך. תלמידים רבים טעו ברישום הנוסחה למולקולה של ציטוזין עם קבוצת מתיל על אטום פחמן מספר 5 . היו תלמידים שלא ידעו איזה אטום פחמן הוא מספר 5 , אך הבעיה העיקרית היא רישום קבוצת מתיל בטבעת הסוכר במקום בטבעת של ציטוזין.

תת-סעיף ii (הציון 70)

נוכחות של טבעות ציטוזין עם קבוצת מתיל לא משבשת את רצף הנוקלאוטידים בשרשרת ה- DNA .

הסבר מדוע.

**התשובה:**

אטום פחמן מספר 5 שבטבעת ציטוזין אינו משתתף ביצירת שרשרת נוקלאוטידים, ולכן קבוצת המתיל שעליו לא משבשת את הרצף.

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

רוב התלמידים הבינו שאטום פחמן מספר 5 שבטבעת ציטוזין אינו משתתף ביצירת שרשרת נוקלאוטידים והסבירו נכון את העובדה הנתונה. הטעות האופיינית העיקרית שאותרה בתת-סעיף זה היא התייחסות לקשרי מימן שבין גדילי ה- DNA במקום הקשרים היוצרים את הרצף בגדיל:

• "קבוצת מתיל היא קבוצה לא גדולה ואינה מפריעה לקשרי המימן."

• "קבוצת מתיל לא מונעת מקשרי מימן להתקיים ולא משנה את מוקדי הקישור."

אנו מביאים שאלות לתרגול בנושאי השאלה:

שאלה 1

א. ציירו את המבנה המרחבי של מולקולות של כל אחד מהחומרים הבאים: ריבוז, דאוקסיריבוז, חומצה זרחתית, תימין, ציטוזין, אדנין וגואנין.

ב. מה מייצגות האותיות DNA ?

ג. מולקולת ה- DNA היא פולימר הבנוי ממונומרים שנקראים נוקלאוטידים.

i ממה מורכב כל נוקלאוטיד?

ii כמה סוגי נוקלאוטידים אתם מכירים?

iii כיצד קשורים מרכיבי הנוקלאוטיד אחד לשני?

iv כיצד נקשרים הנוקלאוטידים אחד לשני ליצירת הפולימר?

v בין אילו אטומים, לאורך שלד הפולימר, קיימים קשרים אסטרים?

vi מהו קצה '5 ומהו קצה '3 ?

ד. מולקולת ה- DNA היא דו-גדילית.

ציינו שלושה סוגי הקשרים המייצבים את מבנה המולקולה.

ה. מול פורין מצוי תמיד פירימידין.

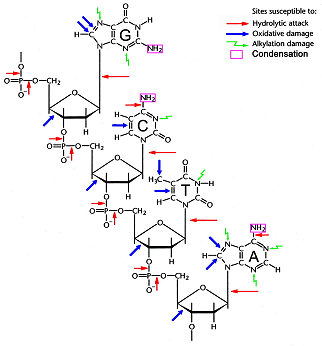
דונו בחוקיות זו על בסיס התאמה מרחבית והתאמה בקבוצות הקושרות.

ו. בבדיקת מבנה ה- DNA של צב נמצא שאדנין מהווה 30% מכלל הבסיסים החנקניים.

מהו האחוז של כל אחד מהבסיסים האחרים ב- DNA של צב?

שאלה 2

לפניכם קטע מתוך גדיל אחד של DNA .



א. i רשמו את רצף הנוקלאוטידים בגדיל וציינו את קצה '3 ואת קצה '5 .

ii מהו הקשר שנוצר:

- בין קבוצת זרחה לסוכר?

- בין הסוכר לבסיס חנקני?

ב. i רשמו את רצף הנוקלאוטידים בגדיל השני של ה- DNA .

ii מהו סוג הקשר בין שני הגדילים?

iii ציינו בין אילו אטומים בנוקלאוטידים נוצרים הקשרים בין הגדילים.

ג. רשמו את רצף הנוקלאוטידים ב- m-RNA שמעתיק את הגדיל הנתון של DNA .

ציינו את קצה '3 ואת קצה '5 .

כימיה של הסביבה

שאלה 13

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **58** | **65** | **64** | 64 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 64 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 3% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

**71**

**60**

**69**

**62**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

17%

0-40

18%

55-84

34%

85-100

31%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לנסח ולאזן את התגובה המתוארת באופן מילולי.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור תמיסות מימיות.

⮘ להכיר את העקרונות של שיטת הטיטרציה ופעולות המבוצעות במהלך שיטה זו.

⮘ להכיר את שיטת הטיטרציה הקומפלקסומטרית עם EDTA .

⮘ לעבד את ממצאי הניסוי.

⮘ להכיר יחידות שונות של ריכוז המומסים במי שתייה ולעבור בין יחידות אלה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

במהלך הטיפול במי שתייה מוסיפים למים אלומיניום גפרתי, Al2(SO4)3(s) . חומר זה מתמוסס במים ומגיב עם סידן מימן-פחמתי המומס במי השתייה, Ca(HCO3)2(aq) .

בתגובה זו נוצר אלומיניום הידרוקסידי, Al(OH)3(s) , המופיע בצורת פתיתים. הפתיתים מושכים אליהם חומרים המרחפים במים והם שוקעים יחד. תוצרים נוספים של התגובה הם סידן גפרתי, CaSO4(s) , ופחמן דו-חמצני, CO2(g) .

סעיף א' (הציון 71)

נסח ואזן את התגובה בין אלומיניום גפרתי לבין סידן מימן-פחמתי המומסים במים.

**התשובה:**

2Al3+(aq) + 3SO42−(aq) + 3Ca2+(aq) + 6HCO3−(aq) → 2Al(OH)3(s) + 3CaSO4(s) + 6CO2(g)

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

הטעות האופיינית העיקרית בסעיף זה היא רישום ניסוח מולקולרי. טעויות נוספות הן היעדר איזון ואיזון שגוי.

סעיף ב' (הציון 60)

ביולי 1988 הזדהמו מי שתייה בקמלפורד שבאנגליה.

למכל שמספק מי שתייה לבתים הוכנסו בטעות 20 טון של Al2(SO4)3(s) .

באנגליה הריכוז המרבי המותר של יוני אלומיניום, Al3+(aq) , במי שתייה הוא 200 מיקרוגרם לליטר

(1 מיקרוגרם = 10−6 גרם ).

חשב את הריכוז המולרי המרבי המותר של יוני Al3+(aq) במי שתייה. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

(27

gr

mol

# (המסה המולרית של יוני Al3+:

# מספר המולים המרבי המותר של יוני Al3+

= 7.4×10−6 mol

200×10−6 gr

27

gr

mol

# ב- 1 ליטר מי השתייה:

# הריכוז המולרי המרבי המותר של יוני Al3+(aq) במי השתייה: 7.4×10−6 M

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו במעבר מיחידות מיקרוגרם ליחידות גרם:

• "***200*** מיקרוגרם הם ***0.2*** גרם."

• "בגרם אחד יש ***1000*** מיקרוגרם."

היו תלמידים שחישבו ריכוז יוני Al3+(aq) במי השתייה ביחידות ppm במקום ריכוז מולרי.

אפשר למצוא מידע על זיהום מי שתייה בקמלפורד שבאנגליה ביולי 1988 באתרים:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Camelford_water_pollution_incident>

<http://www.irwinmitchell.com/client-stories/2009/july/camelford-water-pollution-case>

השיטה לקביעת ריכוז יוני Al3+(aq) במי שתייה היא טיטרציה קומפלקסומטרית בנוכחות אינדיקטור סולוכרום שחור. צבע האינדיקטור בתמיסה מימית הוא כחול.

כאשר האינדיקטור יוצר קומפלקס עם יוני מתכת, מתקבל צבע אדום.

בשלב הראשון מוסיפים לדגימת מים תמיסת EDTA(aq) בעודף ובריכוז ידוע, כדי שכל יוני Al3+(aq) יגיבו עם EDTA ליצירת יוני קומפלקס, על פי התגובה:

Al3+(aq) + EDTA(aq) → Al(EDTA)3+(aq)

בשלב השני מוסיפים לדגימה תמיסת אינדיקטור סולוכרום שחור.

בשלב השלישי מטטרים את העודף של EDTA על ידי תמיסת אבץ חנקתי Zn(NO3)2(aq) , בריכוז ידוע.

יוני Zn2+(aq) מגיבים עם EDTA ויוצרים יוני קומפלקס Zn(EDTA)2+(aq) .

החישוב של מספר המולים של יוני Al3+(aq) בדגימה נעשה על ידי חיסור של מספר המולים של

יוני Zn2+(aq) ממספר המולים של EDTA .

סעיף ג' (הציון 69)

**68**

**70**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 68)

מהו צבע הדגימה בסיום השלב השני? נמק.

**התשובה:**

# צבע הדגימה הוא כחול.

# כל יוני Al3+(aq) נקשרו ל- EDTA (או: אין קישור של יוני Al3+(aq) לאינדיקטור).

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

# חלק ניכר מהתלמידים לא הבינו את תיאור הניסוי או חלק ממנו, ולכן התקשו בקביעת צבע הדגימה בסיום השלב השני:

• "צבע הדגימה הוא אדום, כי האינדיקטור יצר קומפלקס עם יוני אלומיניום."

# בעיה נוספת בתת-סעיף זה היא קביעה נכונה ללא נימוק.

תת-סעיף ii (הציון 70)

מהו צבע הדגימה בנקודת הסיום של הטיטרציה? נמק.

**התשובה:**

צבע הדגימה הוא אדום.

יוני Zn2+(aq) שמוסיפים לאחר שכל ה- EDTA הגיב, יוצרים עם אינדיקטור סולוכרום שחור קומפלקס שצבעו אדום.

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

תלמידים, שטעו בתת-סעיף ג' i , גררו את הטעות לתת-סעיף זה:

• "צבע הדגימה בנקודת סיום הטיטרציה הוא כחול - הצבע השתנה לאחר הוספת יוני מתכת."

היו תלמידים, שענו נכון בתת-סעיף ג' i , אך טעו בתת-סעיף זה בקביעת צבע הדגימה בנקודת הסיום של הטיטרציה:

• "צבע הדגימה הוא כחול, כי הטיטרציה הסתיימה."

גם בתת-סעיף זה חלק מהתלמידים קבעו נכון את צבע הדגימה, אך לא נימקו.

התנאי להצלחה בסעיף זה הוא הבנה של כל שלבי הניסוי המתואר והסקת מסקנות מן המידע.

בעת ביצוע ניסויים במעבדה, מומלץ לבקש מהתלמידים להסביר מה מתרחש בכל אחד משלבי הניסוי ולרשום הסברים אלה בדו"ח.

סעיף ד' (הציון 62)

לאחר פעולות לניקוי המים, נלקחו באזור קמלפורד מי ברז לבדיקה.

בטבלה שלפניך מוצגים נתוני הבדיקה של שלוש דגימות מי ברז.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| הנפח של תמיסת  Zn(NO3)2(aq) 0.001M שהוספה עד נקודת הסיום (מ"ל) | הנפח של תמיסת  EDTA 0.001M  שהוספה בעודף  (מ"ל) | נפח  המים  בדגימה  (מ"ל) | דגימה |
| 10 | 30 | 50 | 1 |
| 11 | 30 | 50 | 2 |
| 9 | 30 | 50 | 3 |

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**71**

**62**

**53**

תת-סעיף i (הציון 71)

מהו הנפח של תמיסת Zn(NO3)2(aq) , שעל פיו יש לחשב את הריכוז של יוני Al3+(aq)  במי ברז? נמק.

**התשובה:**

הנפח הוא 10 מיליליטר.

הנפח של תמיסת Zn(NO3)2(aq) שיש לחשב לפיו הוא הנפח הממוצע של שלוש הבדיקות.

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

הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה נובעות מחוסר הבנה של השאלה - התלמידים התייחסו לנפח של תמיסת EDTA או לנפח המים בדגימה במקום הנפח של תמיסת Zn(NO3)2(aq) :

• "הנפח הוא ***50*** מ"ל והוא שווה בכל הדגימות."

• "הנפח הוא ***30*** מ"ל - זהו הנפח של ***EDTA*** שמוסיפים."

היו תלמידים שקבעו שהנפח של תמיסת Zn(NO3)2(aq) הוא 9 מ"ל והסבירו שזה הנפח הקטן ביותר, ובמדידות אחרות לא הצליחו להבחין בזמן בנקודת סוף הטיטרציה.

תת-סעיף ii (הציון 62)

חשב את מספר המולים של יוני אלומיניום ב- 50 מ"ל של מי ברז. הנח שריכוז יוני Ca2+(aq)

בדגימה זניח. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

מספר המולים של יוני אבץ בנפח התמיסה שהוסף בבדיקה 1:

0.001 × 0.01 liter = 0.00001 mol

mol

liter

מספר המולים של EDTA בתמיסה שהוספה בעודף:

0.001 × 0.03 liter = 0.00003 mol

mol

liter

מספר המולים של יוני אלומיניום ב- 50 מ"ל של המים הנבדקים:

0.00003 − 0.00001 mol = 0.00002 mol

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

הטעויות שהופיעו בשני שלבי החישוב הראשונים הן תוצאה של חישוב שגוי של מספר מולים (מחלקים בערך של נפח התמיסה במקום להכפיל) ושל אי-התאמת יחידות.

התלמידים, שטעו בשלב השלישי של הניסוי, לא הבינו מה התרחש בניסוי וחיברו את מספרי המולים.

תת-סעיף iii (הציון 53)

האם מי הברז שנבדקו בקמלפורד ראויים לשתייה? נמק.

**התשובה:**

לא, מי הברז אינם ראויים לשתייה.

0.00002 mol

0.05 liter

= 4×10−4 M

ריכוז מולרי של יוני אלומיניום במי הברז הוא:

(הריכוז המרבי של יוני Al3+(aq) במים המותר באנגליה הוא 200 מיקרוגרם לליטר,

שהם 7.4×10−6 M .)

במי ברז שנבדקו הריכוז של יוני Al3+(aq) גדול מהריכוז המרבי המותר.

(יש להמשיך בפעולות הניקוי של מי השתייה.)

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו בתת-סעיף זה. חלק מהתלמידים קבעו נכון שמי הברז אינם ראויים לשתייה, אך לא נימקו את קביעתם. היו תלמידים שהסתבכו ביחידות - לא הצליחו לעבור מריכוז מולרי לריכוז במיקרוגרם לליטר או להפך.

מומלץ לבקש מהתלמידים - לאחר כל ניסוי, שכולל טיטרציה, לכתוב בדו"ח מעבדה, מול תצפיות בכל אחד מהשלבים את הפירוש - מה מתרחש בשלב זה.

דוגמאות נמצאות במדריך למורה לספר הלימוד "יש לי כימיה עם הסביבה", מאת ד"ר דפנה מנדלר, ד"ר מלכה יאיון, אסנת אהרוני, באתר הספר:

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

מומלץ להיעזר בהוראה במצגות הנמצאות באתר הספר:

- מצגת "המים" שהוכנה על ידי ד"ר מלכה יאיון וד"ר דפנה מנדלר

- מצגת "הטיפול במים" שהוכנה על ידי ד"ר דבורה קצביץ וד"ר דפנה מנדלר

כימיה של הסביבה

שאלה 14

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **70** | **71** | **78** | 76 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 76 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 10% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

9%

0-40

3%

55-84

54%

85-100

34%

**90**

**70**

**84**

**52**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לדעת מהי אנרגיית פוטון, לקשר בין אנרגיית פוטון, אורך גל, תדירות הקרינה.

⮘ לחשב אנרגיה של פוטון.

⮘ לדעת מהו מצב מעורר של אטום.

⮘ לדעת מהו ספקטרום בליעה ומהו ספקטרום פליטה.

⮘ לזהות אטום של יסוד על פי ספקטרום פליטה האופייני לו.

⮘ להכיר את השיטה הספקטרופוטומטרית למדידת ריכוז יוני מתכת במים, בספקטרופוטומטר בליעה אטומית, ואת עיקרון המדידה במכשיר זה.

⮘ לסרטט גרף כיול על פי נתונים שהוצאו מטבלה.

⮘ לקשר בין בליעה לבין ריכוז היונים בתמיסה מימית.

⮘ לתכנן ניסוי לקביעת ריכוז של יוני מתכת בתמיסה מימית, שלא בתחום הריכוזים בגרף כיול.

⮘ להכיר יחידות שונות של ריכוז המומסים במי שתייה ולעבור בין יחידות אלה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

סעיף א' (הציון 90)

אטומי ליתיום בולעים קרינה אלקטרומגנטית באורכי גל: 671 nm ו- 610 nm .

**97**

**85**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 97)

קבע (ללא חישוב) באיזה מאורכי הגל הנתונים תדירות הקרינה גבוהה יותר. נמק.

**התשובה:**

תדירות הקרינה באורך גל 610 nm גבוהה מתדירות הקרינה באורך גל 671 nm .

##### ν =

λ

c

על פי הנוסחה: יש יחס הפוך בין תדירות לאורך גל.

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

הציון גבוה. התלמידים ידעו שיש יחס הפוך בין תדירות לאורך גל. כמעט ולא אותרו טעויות.

תת-סעיף ii (הציון 85)

חשב את האנרגיה של פוטון באורך גל 671 nm . פרט את חישוביך.

**התשובה:**

##### ( E = )

λ

hc

E = = 2.96·10−19 J

671·10−9 m

6.63·10−34 J·sec × 3·108

m

sec

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

הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את אנרגיית הפוטון. הטעויות המעטות שאותרו הן

אי-התאמת יחידות ושימוש בנוסחה לא נכונה.

סעיף ב' (הציון 70)

קבע עבור כל אחד מההיגדים iii-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

**62**

**86**

**65**

תת-סעיף i (הציון 62)

כל פוטון שייבלע על ידי אטום במצב יסוד יגרום למעבר האטום למצב מעורר.

**התשובה:**

ההיגד נכון.

בליעת פוטון גורמת להגדלת האנרגיה של האטום.

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

הציון נמוך. רוב התלמידים שטעו לא הבינו ששואלים על פוטון שייבלע על ידי אטום והתייחסו ליכולת אטום לבלוע פוטון באופן כללי:

• "ההיגד לא נכון, כי רק פוטונים הנבלעים בעלי אורך גל מתאים יגרמו לעירור האטום."

• "ההיגד לא נכון. פוטון ייבלע רק כאשר אנרגיה מספיק גבוהה."

הטעויות הנוספות שאותרו נובעות מחוסר הבנה של תהליך בליעת פוטון על ידי אטום ושל מצב מעורר:

• "ההיגד לא נכון. פוטון נבלע על ידי אטום, אך אטום יישאר כפי שהיה."

• "ההיגד לא נכון. פוטון אחד לא יגרום לעירור, לכך דרושים הרבה פוטונים."

תת-סעיף ii (הציון 86)

אטום במצב מעורר הוא יציב.

**התשובה:**

ההיגד לא נכון.

אטום במצב מעורר אינו יציב, כי האנרגיה שלו גדולה מזו של אטום במצב יסוד.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו שאטום מעורר אינו יציב. הופיעו טעויות מעטות בנימוקים - היו תלמידים שלא קישרו בין יציבות של אטום לביןהגדלת האנרגיה שלו:

• "לא נכון, אטום מעורר הוא במצב לא יציב, יש לו אלקטרון ברמה גבוהה יותר."

• "אטום במצב מעורר אינו יציב, מכיוון שהוא לא במצב הרגיל שלו."

• "במצב מעורר אטום מוסר חלקיקים ולכן הוא אינו יציב."

תת-סעיף iii (הציון 65)

אפשר לזהות אטום של יסוד על פי ספקטרום פליטה האופייני לו.

**התשובה:**

ההיגד נכון.

(לאטומים של כל יסוד יש מבנה רמות אנרגיה ייחודי), ולכן הם פולטים קרינה אלקטרומגנטית באורכי גל שאופייניים להם.

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

הציון נמוך יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון שאפשר לזהות אטום של יסוד על פי ספקטרום פליטה שלו, אך חלק מהתלמידים לא הצליחו לנמק את בחירתם. הטעות האופיינית העיקרית היא חזרה על הנתון בשאלה במקום נימוק:

• "ההיגד נכון, כי לאטום של כל יסוד יש ספקטרום פליטה שאופייני לו."

היו תלמידים שלא נימקו כלל.

בשנת 2008 פורסם בארצות-הברית מחקר בנושא הקשר בין ריכוז יוני ליתיום, Li+(aq) , במי שתייה לבין רמת אלימות באוכלוסייה ומספר מקרי הדיכאון שבה.

נמצא ששני מדדים אלה נמוכים יותר באזורים שבהם ריכוז יוני Li+(aq) במי השתייה גבוה יותר.

מדידת הריכוז של יוני Li+(aq) במי השתייה נעשית בשיטה ספקטרופוטומטרית במכשיר הנקרא

"ספקטרופוטומטר בליעה אטומית". במכשיר זה יוני ליתיום הופכים לאטומים.

החוקרים ביצעו מדידות באורך גל 671 nm .

סעיף ג' (הציון 84)

החוקרים הכינו ארבע תמיסות שהכילו יוני Li+(aq) בריכוזים שונים, ומדדו עוצמת הבליעה של

אטומי הליתיום. בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות.

|  |  |
| --- | --- |
| בליעה באורך גל 671 nm | ריכוז יוני Li+(aq) בתמיסה  mg  liter  ( ) |
| 0.02 | 0.04 |
| 0.04 | 0.08 |
| 0.08 | 0.16 |
| 0.10 | 0.20 |

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**85**

**67**

**98**

תת-סעיף i (הציון 85)

על פי התוצאות שבטבלה, סרטט גרף כיול המתאר את הקשר בין הבליעה לבין הריכוז של יוני Li+(aq)

בתמיסה.

**התשובה:**

**0.055**

**0.11**

בליעה (של אטומי Li ב- 671 nm)

ריכוז יוני Li+(aq)

( )

mg

liter

0

0.02 0.04 0.06 0.08 0.10 0.12 0.14 0.16 0.18 0.20

0.08

0.02

0.10

0.04

0.06

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

הציון גבוה. רוב התלמידים סרטטו נכון את גרף הכיול על פי הנתונים שהוציאו מהטבלה.

הופיעו טעויות מעטות: בלבול בין משתנה בלתי תלוי לבין משתנה תלוי והפיכת צירים בגרף, טעויות בבניית הגרף וכתוצאה מכך אי-קבלה של קו ישר.

תת-סעיף ii (הציון 67)

הסבר מדוע עוצמת הבליעה של אטומי הליתיום עולה עם העלייה בריכוז יוני Li+(aq) .

**התשובה:**

הבליעה היא פונקציה של מספר הפוטונים הנבלעים. כל יון ליתיום בולע פוטון אחד.

ככל שיש יותר יוני ליתיום ביחידת נפח של התמיסה, נבלעים יותר פוטונים.

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

הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא התייחסות לחוק בר-למבר - תיאור הגרף במקום הסבר:

• "ככל שהריכוז גבוה יותר כך גם עוצמת הבליעה גבוהה יותר."

תת-סעיף iii (הציון 98)

בדגימה מסוימת נמדדה בליעה 0.055 . מצא מהו הריכוז של יוני Li+(aq) בדגימה. הסבר.

**התשובה:**

mg

liter

הריכוז של יוני Li+(aq) 0.11 ראה גרף בתת-סעיף ג i

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו איך למצוא את הריכוז של יוני Li+(aq) בדגימה על פי גרף הכיול.

מומלץ להסביר לתלמידים (בתור העשרה) באופן מפורט יותר כיצד פועל ספקטרופוטומטר בליעה אטומית, שבו יוני מתכת שריכוזם נמדד הופכים לאטומים. קישורים לסרטונים מתאימים:

<http://www.youtube.com/watch?v=_KZjb9G3hB8>

<http://www.youtube.com/watch?v=j68xgp64L40>

<http://www.youtube.com/watch?v=HBegTB_WDxQ>

סעיף ד' (הציון 52)

mg

liter

בדגימה אחרת נמצא שריכוז יוני Li+(aq) במים הוא בערך 0.5 .

הסבר כיצד בעזרת גרף הכיול שסרטטת אפשר למצוא את הריכוז המדויק של יוני הליתיום בדגימה.

**התשובה:**

כדי לקבוע את ריכוז יוני Li+(aq) בתמיסה זו יש לבצע את הפעולות האלה:

- למהול את הדגימה פי 10 (או: מיהול מתאים אחר), כדי שהריכוז יתאים לתחום הריכוזים שבגרף הכיול.

- למדוד את הבליעה של אטומי Li שהתקבלו מהתמיסה המהולה.

- על פי גרף הכיול לקבוע את הריכוז של יוני Li+(aq) בתמיסה המהולה.

- להכפיל את התוצאה ב- 10 (או: בהתאם למיהול שבחר התלמיד).

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

הציון נמוך. סעיף זה היה קשה לתלמידים. כנראה רוב התלמידים שהתקשו לא ביצעו ניסוי לקביעה ספקטרופוטומטרית של ריכוז יוני כלור במי שתייה.

הטעויות האופייניות שאותרו הן:

⬩ התייחסות לגרף הנתון כאל גרף המאפשר לקבוע את ריכוז יוני הליתיום בתמיסה הנתונה ללא מיהול - המשך הגרף.

⬩ היעדר השלב האחרון בקביעת הריכוז - לא מכפילים בהתאם למיהול שבחרו.

אפשר להמשיך את התרגיל ולבצע את החישובים המתאימים לכל הפעולות שהוצעו בתשובה.

לדוגמה:

כדי לקבוע את ריכוז יוני Li+(aq) בתמיסה הנתונה יש לבצע את הפעולות האלה:

- למהול את הדגימה פי 10 (או: מיהול מתאים אחר), כדי שהריכוז יתאים לתחום הריכוזים שבגרף הכיול.

- למדוד את הבליעה של אטומי Li שהתקבלו מהתמיסה המהולה. נמדדה הבליעה: 0.026

- על פי גרף הכיול לקבוע את הריכוז של יוני Li+(aq) בתמיסה המהולה.

נמדד הריכוז:

mg

liter

0.052

- להכפיל את התוצאה ב- 10 . ריכוז יוני Li+(aq) בתמיסה הנתונה:

mg

liter

0.052 × 10 = 0.52

mg

liter

בזמן ביצוע ניסוי לקביעה ספקטרופוטומטרית של ריכוז המומס במים, מומלץ לשאול את התלמידים שאלות כגון:

⬩ הסבירו מדוע חוק בר-למבר מתקיים רק כשמבצעים את המדידות באורך גל קבוע שבו הבליעה A היא הגבוהה ביותר?

⬩ הסבירו מדוע חוק בר-למבר מתקיים רק עבור ריכוזים נמוכים של מומס בתמיסה הנבדקת?

⬩ האם אפשר להשתמש בתוצאות הניסוי לקביעת ריכוז המומס מחוץ לתחום הריכוזים של גרף הכיול?

אנרגטיקה ודינמיקה שלב שני

שאלה 15

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **67** | **51** | **66** | 62 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 62 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 2% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

11%

0-40

24%

55-84

45%

85-100

20%

**79**

**34**

**64**

**60**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:

⮘ לנסח תגובת ההתהוות של תרכובת.

⮘ לקבוע אם מערכת∆S° של התגובה גדול מאפס, קטן מאפס או קרוב לאפס - על פי ניסוח התגובה.

⮘ לדעת את ההגדרה של אנתלפיית התהוות תקנית, ∆H°f , של תרכובת.

⮘ לדעת את ההגדרה של השינוי באנרגיה החופשית התקנית, ∆G°f , בתגובת התהוות של תרכובת.

⮘ לסרטט גרף סכמתי המציג שינוי באנרגיה חופשית תקנית, ΔGo , כפונקציה של הטמפרטורה, עבור התגובה הנתונה, על פי הערכים של ∆H°f ו- ∆G°f של המגיבים והתוצרים.

⮘ לחשב ∆H° עבור התגובה הנתונה באמצעות ערכי ∆H°f של המגיבים והתוצרים.

⮘ לחשב ∆G° עבור התגובה הנתונה באמצעות ערכי ∆G°f של המגיבים והתוצרים.

⮘ לדעת מהו מצב שיווי-משקל של המערכת, ומהו קבוע שיווי-משקל.

⮘ לקבוע אם קיימת טמפרטורה, שבה התגובה הנתונה מגיעה למצב שיווי-משקל בו ∆G°=0 , על פי גרף המציג ΔGo של התגובה כפונקציה של הטמפרטורה.

⮘ לקבוע, על פי גרף המציג ΔGo של התגובה כפונקציה של הטמפרטורה, אם עבור התגובה הנתונה ∆G°>0 ו- K<0 בכל טמפרטורה, ∆G°<0 ו- K>0 בכל טמפרטורה או קיימת טמפרטורה, שבה המערכת מגיעה למצב שיווי-משקל בו ∆G°=0 ו- K=0 .

⮘ לדעת את הגדרת האנטרופיה התקנית של המערכה, So , עבור חומר מסוים.

⮘ לדעת את ההגדרה של שינוי האנטרופיה התקנית של המערכה מערכת∆S° במהלך התגובה הנתונה.

⮘ לחשב מערכת∆S° עבור התגובה הנתונה באמצעות ערכי S° של המגיבים והתוצרים.

⮘ לקבוע איזו תגובה - ישירה או הפוכה, מועדפת עד שמושג מצב של שיווי-משקל בתנאים הנתונים, על פי סימנו של ∆G° .

⮘ לעבוד עם גרף המתאר את האנרגיה החופשית, G , כפונקציה של הרכב המערכת עבור התגובה הנתונה, בטמפרטורה הנתונה. נמק.

⮘ להבחין בין ∆G° לבין ∆G של התגובה הנתונה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

לפניך נתונים תרמודינמיים, ב- 298 K , עבור שתי תחמוצות חנקן: NO(g) ו- NO2(g) .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ΔHof (kJ·mol−1) | ΔGof (kJ·mol−1) |  |
| 33.2 | 51.3 | NO2(g) |
| 90.4 | 86.6 | NO(g) |

סעיף א' (הציון 79)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**84**

**66**

**85**

תת-סעיף i (הציון 84)

נסח ואזן את תגובת ההתהוות של 1 מול תחמוצת NO2(g) .

**התשובה:**

1

2

N2(g) + O2(g) → NO2(g)

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לנסח תגובת התהוות של 1 מול תרכובת מהיסודות במצב תקני.

הטעויות המעטות שאותרו הן טעויות באיזון של ניסוח התגובה ורישום ניסוח שגוי:

***1***

***2***

• ***NO(g) + O2(g) → NO2(g)***

תת-סעיף ii (הציון 66)

קבע אם מערכת∆S° של תגובה זו גדול מאפס או קטן מאפס. נמק.

**התשובה:**

0>מערכת ∆S°

במהלך התגובה מספר המולים של גז במערכת קטן (מ-1.5 מול גז במגיבים ל-1 מול גז בתוצרים).

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

הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא קביעה שגויה, הנובעת מחוסר ידע והבנה של הקשר בין מספר המולים של גז לבין אנטרופיית המערכת: אם במהלך התגובה קטן מספר המולים של גז, האנטרופיה של המערכת יורדת. התלמידים שטעו חשבו שאנטרופיית המערכת עולה כשמספר המולים של גז קטן:

• "מערכת***∆S°*** גדול מאפס, כי בתגובה זו קטן מספר המולים של גז."

תת-סעיף iii (הציון 85)

עבור תגובה זו סרטט גרף סכמתי המציג שינוי באנרגיה חופשית תקנית, ΔGo , כפונקציה של

הטמפרטורה. סמן בגרף את הערכים ∆H°f ו- ∆G°f של NO2(g) .

**התשובה:**

T (K)

33.2

51.3

298

ΔGo

(kJ⋅mol−1)

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

הציון גבוה. רוב התלמידים סרטטו נכון את הגרף המציג ΔGo , כפונקציה של הטמפרטורה, עבור התגובה שניסחו בתת-סעיף i , על פי הערכים הנתונים של ∆H°f ו- ∆G°f של המגיבים והתוצרים. הם גם סימנו נכון את הערכים ∆H°f (בנקודה שבה הטמפרטורה שווה לאפס ומתקיים: ∆H° =ΔGo) ו- ∆G°f של NO2(g) .

הטעויות המעטות שאותרו הן:

⬩ המשך ציר הטמפרטורה לערכים שליליים. הסיבה לטעות זו היא חוסר ידע - אין טמפרטורה שלילית בסקלה של קלווין.

⬩ אי-רישום יחידות ליד המשתנים בגרף.

⬩ המשך קו רצוף עד לטמפרטורה של אפס מעלות במקום קו מקוקו - התגובה הנתונה לא מתרחשת בטמפרטורה נמוכה.

סעיף ב' (הציון 34)

היעזר בגרף שסרטטת בתת-סעיף א iii וקבע איזה מההיגדים II-I שלפניך נכון. נמק.

I אין טמפרטורה שבה תגובה זו מגיעה למצב של שיווי-משקל.

II עבור תגובה זו K<1 בכל טמפרטורה.

**התשובה:**

היגד II

(∆G°T = −RTlnK) עבור תגובה זו, ∆G°>0 בכל טמפרטורה ולכן בכל טמפרטורה K<1 .

או: לפי החישובים התגובה אינה ספונטנית בכל טמפרטורה. לכן במצב שיווי-משקל בכל טמפרטורה ריכוז המגיבים גדול בהרבה מריכוז התוצרים, לכן K<1 .

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

הציון נמוך במיוחד. תלמידים רבים קבעו שהיגד I נכון והסבירו על פי הגרף שציירו בתת-סעיף א' iii :

• "היגד ***I*** נכון, כי ***∆Go > 0*** בכל תחום טמפרטורה, ולכן אין טמפרטורה שבה ***0 =∆G°***, כלומר אין טמפרטורה שבה התגובה מגיעה לשיווי-משקל".

התלמידים שטעו לא הבחינו בין ∆G° לבין ∆G . הגרף מייצג ∆G° , כלומר את התגובה בריכוזים של 1 מולר בלבד, בעוד ש- ∆G מתייחס לכל ריכוז.

מומלץ לנתח את נתוני השאלה יחד עם התלמידים, ולדון איתם בהיגד I כדי להסביר להם מדוע היגד זה אינו נכון: המערכת מגיעה למצב שיווי-משקל כאשר∆G=0 (= 0 ∆G = ∆G° + RTlnQ).

∆G יכול להיות שווה לאפס בכל טמפרטורה, כלומר המערכת יכולה להגיע למצב שיווי-משקל בכל טמפרטורה. על פי הגרף שבתת-סעיף א iii , עבור תגובה זו לא קיימת טמפרטורה שבה ∆G°=0 ו- K=1 . מומלץ לחדד לתלמידים את ההבדל בין ∆G° לבין ∆G .

סעיף ג' (הציון 64)

→

←

נתונה התגובה: 2NO(g)  + O2(g) 2NO2(g)

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**67**

**62**

**64**

תת-סעיף i (הציון 67)

איזו תגובה - ישירה או הפוכה, מועדפת עד שמושג מצב של שיווי-משקל בתנאי תקן ב- 298 K?

פרט את חישוביך והסבר.

**התשובה:**

עבור התגובה הישירה: (ΔGo298 = 2ΔGof(NO2) − 2ΔGof(NO))

ΔGo298 = 2 × 51.3 − 2 × 86.6 = −70.6 kJ·mol−1

בתנאי תקן ב-298 K התגובה הישירה מועדפת עד להשגת מצב של שיווי- משקל, כי עבורה ΔGo298 < 0 **.**

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

רוב התלמידים הבינו שיש לחשב את הערך של ΔGo298 , ועל פי ערך זה לקבוע איזו תגובה מועדפת, חישבו נכון את הערך וקבעו מהי התגובה המועדפת. אך חלק מהתלמידים לא הצליחו להסביר נכון את קביעתם:

• "התגובה הישירה היא אקסותרמית, ולכן היא התגובה המועדפת."

• "על פי תוצאות החישוב מתרחשת התגובה הישירה - התגובה המועדפת."

תת-סעיף ii (הציון 62)

חשב את הערך של מערכת∆S° עבור התגובה הנתונה ב- 298 K. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

(ΔHo = 2ΔHof(NO2) − 2ΔHof(NO))

ΔHo = 2 × 33.2 − 2 × 90.4 = −114.4 kJ·mol−1

(ΔGo = ΔHo − TΔSo)

ΔSo = = −147 J·K−1

298

(−114.4 + 70.6) × 1000

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

חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לחשב נכון את הערך של מערכת∆S° עבור התגובה הנתונה. החישוב הוא דו-שלבי המצריך שימוש בשתי נוסחאות. רוב התלמידים שטעו התקשו באחד מהשלבים: חישבו ∆H° ולא ידעו כיצד להמשיך, או רשמו נוסחה לחישוב ∆G° ולא ידעו איזה ערך של ∆H° להציב. היו תלמידים שהציבו את הערך של ∆H°f של NO2(g) שהופיע בסעיפים קודמים. טעות נוספת שהופיעה בתת-סעיף זה היא אי התאמת יחידות - J ו- kJ .

תת-סעיף iii (הציון 64)

חשב את הטמפרטורה שבה K=1 . פרט את חישוביך והסבר.

**התשובה:**

)על פי הנוסחה (∆G°T = −RTlnK K=1 בטמפרטורה שבה ∆G°=0 . בטמפרטורה זו . ∆H° = T∆S°

−147

−114.4 × 1000

Tהיפוך = = = 778 K

ΔSo

ΔHo



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

רוב הטעויות שהופיעו בתת-סעיף זה הן טעויות המשך מהסעיף הקודם. טעות נפוצה נוספת היא הקביעה שהטמפרטורה שבה K=1 לא קיימת:

• "אין טמפרטורה שיווי-משקל, כי ***∆G°<0*** , ולכן התגובה תמיד מתרחשת."

• "אם ***K=0*** אז מתקבל ***lnK=0*** , כלומר אין טמפרטורה בה ***K=0*** בגלל שהתגובה לא מגיעה לשיווי-משקל."

גם בתת-סעיף זה חלק מהתלמידים לא הקפידו להתאים יחידות - J ו- kJ .

סעיף ד' (הציון 60)

הרכב המערכת

מגיבים

בלבד

תוצרים

בלבד

**a**

אנרגיה חופשית

G

**b**

הרכב המערכת

מגיבים

בלבד

תוצרים

בלבד

אנרגיה חופשית

G

**c**

הרכב המערכת

מגיבים

בלבד

תוצרים

בלבד

אנרגיה חופשית

G

קבע איזה מהגרפים a , b , c שלפניך מתאר נכון את האנרגיה החופשית, G , כפונקציה של הרכב

המערכת עבור התגובה הנתונה ב- 298 K. נמק.

**התשובה:**

גרף c .

עבור התגובה הנתונה ∆G°298 < 0 .

(ב- 298 K התגובה הישירה היא התגובה המועדפת עד להשגת מצב שיווי-משקל. לכן ריכוז התוצר במצב שיווי-משקל יהיה גדול מריכוזי המגיבים.)



גרףc מתאים לתגובה עבורה ∆G°<0 (כי האנרגיה החופשית של התוצר נמוכה מהאנרגיה החופשית של המגיבים.)

או: ב- 298 K K >1 , כלומר במצב שיווי-משקל ריכוז התוצר גדול מריכוזי המגיבים.

לפיכך הערך המזערי של אנרגיה חופשית צריך להיות קרוב לתוצרים.

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

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים התקשו לקשר בין שינוי אנרגיה חופשית בתגובה למצב שיווי-משקל. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא תיאור מילולי לא מתאים של הגרף הנבחר - גם אם הבחירה נכונה וגם אם לאו, במקום נימוק:

• "גרף ***c*** , כי ריכוז המגיבים גבוה מריכוז התוצרים, ולכן השיפוע שלילי."

• "גרף ***b*** , כי הערך המזערי של ***∆G*** נמצא בין המגיבים לתוצרים."

בתשובות של חלק מהתלמידים בולט חוסר הבחנה בין אנרגיה חופשית לבין ריכוז מרכיבי המערכת, למרות שריכוז לא מוצג בגרפים, ואפשר רק להסיק מסקנות מהמידע שבגרפים לגבי הריכוזים.

מומלץ לחדד את ההבדלים בין המושגים השונים:

⬩ הבדל בין ∆G° לבין ∆G . הגרף מייצג ∆G° , כלומר את התגובה בריכוזים של 1 מולר בלבד, בעוד ש- ∆G מתייחס לכל ריכוז.

⬩ הבדל בין תגובה אקסותרמית לבין תגובה ספונטנית.

⬩ הבדל בין תגובה ספונטנית לבין תגובה המתרחשת בפועל.

אנרגטיקה ודינמיקה שלב שני

שאלה 16

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **שאלון**  **37201** | **שאלון**  **37202** | **שאלון**  **37203** | ציון  משוקלל |
| ציון | **72** | **63** | **63** | 66 |

**ציון ממוצע משוקלל על פי מכון סאלד: 66 פיזור ציונים**

**בחרו בשאלה 1.5% מהתלמידים ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

12%

0-40

17%

55-84

47%

85-100

24%

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ו ה ד ג ב א

**62**

**81**

**80**

**75**

**22**

**59**

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לחשב קצב התגובה על פי משוואת הקצב.

⮘ להוציא מידע מטבלה בה מוצגים ריכוזים של תוצר שנמדדו במהלך התגובה, ולהשתמש במידע זה.

⮘ משוואת הגזים, לבצע חישובים על פי משוואת הגזים.

⮘ להכיר את המושג: אנטרופיה, ואת המשמעות של מושג זה.

⮘ להכיר את הגורמים המשפיעים על ערך האנטרופיה של חומרים.

⮘ להכיר את המושג: אנטרופיה מולרית תקנית, So .

⮘ להוציא נתונים מהגרף המתאר את קצב התגובה ההתחלתי כפונקציה של ריכוז המגיב.

⮘ לקבוע את סדר התגובה על פי צורת הגרף.

⮘ לחשב את זמן מחצית החיים על פי המשוואה של זמן מחצית החיים.

⮘ להבחין בין המשוואה של זמן מחצית החיים למשוואת קצב התגובה.

⮘ לדעת מהי המשמעות של קבוע קצב התגובה והגורמים המשפיעים על גודלו.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

סעיף א' (הציון 81)

בתוך כלי, המוחזק בטמפרטורה 298 K, התפרקה התחמוצת N2O5(s) על פי תגובה (1):

(1) 2N2O5(s)  → 4NO2(g) + O2(g)

בטבלה שלפניך מוצגים ריכוזים של NO2(g) שנמדדו במהלך התגובה.

|  |  |
| --- | --- |
| [NO2(g)]  (M) | זמן  (דקות) |
| 0 | 0 |
| 0.0108 | 200 |
| 0.0176 | 400 |
| 0.0220 | 600 |
| 0.0250 | 800 |
| 0.0268 | 1000 |

**76**

**86**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 76)

חשב את קצב התגובה הממוצע של תגובה (1) ב- 200 הדקות הראשונות. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

0.0108

200 × 4

= 1.35×10−5

M

min

קצב התגובה הממוצע ב- 200 הדקות הראשונות:

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

רוב התלמידים הכירו את הביטוי לקצב התגובה והציבו נכון את הערכים המתאימים. הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא אי-הכפלה במקדם הסטויכיומטרי:

***0.0108***

***200***

***= 5.4×10−5***

***M***

***min***

•

תת-סעיף ii (הציון 86)

קבע על פי נתוני הטבלה אם קצב התגובה הממוצע קטֵן או גדֵל במשך 600 הדקות ראשונות. נמק.

**התשובה:**

קצב התגובה קטן.

0.0176 − 0.0108

200 × 4

= 8.5×10−6

M

M in

0.0220 − 0.0176

200 × 4

= 5.5×10−6

M

min

קצב התגובה הממוצע בין 200 ל- 400 דקות:

קצב התגובה הממוצע בין 200 ל- 400 דקות קטן מקצב התגובה הממוצע ב- 200 הדקות הראשונות.

קצב התגובה הממוצע בין 400 ל- 600 דקות:

קצב התגובה הממוצע בין 400 ל- 600 דקות קטן מקצב התגובה הממוצע שבין 200 ל- 400 דקות.

או: אפשר לראות כי השינוי בריכוז NO2(g) באותו פרק זמן הולך וקטן עם התקדמות התגובה.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו להוציא מידע מטבלה, בה מוצגים ריכוזים של תוצר שנמדדו במהלך התגובה, ולהשתמש במידע זה כדי להעריך אם קצב התגובה הממוצע קטֵן או גדֵל במהלך התגובה. הטעויות המעטות שאותרו נובעות מפירוש שגוי של הנתונים המוצגים בטבלה:

• "קצב התגובה גדל, כי ריכוז המגיבים קטן, כלומר מגיב יותר חומר, יש יותר התנגשויות ולכן מתקבל יותר תוצר."

• "קצב התגובה גדל, כי השינוי בזמן קבוע וריכוז ***NO2(g)*** גדל, ולכן קצב התגובה גדל".

סעיף ב' (הציון 80)

2.36 גרם של N2O5(s) הוכנסו לשקית ריקה. סגרו את השקית, והכניסו אותה לאמבט מים

בטמפרטורה של338 K . כל החומר עבר המראה.

מה היה נפח השקית בתום תהליך ההמראה, אם לחץ הגז בשקית היה 1 אטמוספרה?

פרט את חישוביך.

**התשובה:**

108

mol

gr

2.36 gr

= 0.02 mol

1 atm

0.02 mol × 0.082 liter·atm·mol−1·K−1 × 338 K

V = = 0.554 liter

108

mol

gr

המסה המולרית של N2O5(g):

מספר המולים של N2O5(g):

(PV = nRT)

נפח השקית:

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

רוב התלמידים חישבו נכון את נפח השקית על פי משוואת הגזים, אך היו כאלה שטעו בהצבה או בחישוב. הטעויות שאותרו הן: אי-הצבה של ערך ה- R , טעויות חישוב, טעויות ביחידות.

סעיף ג' (הציון 62)

בטמפרטורה של 338 K התרחשה תגובה (2):

(2) 2N2O5(g)  → 4NO2(g) + O2(g)

לפניך שלושה ערכים של אנטרופיה מולרית תקנית, So :

240 J·mol−1·K−1 , 205 J·mol−1·K−1 , 356 J·mol−1·K−1

התאם ערך של So לכל אחד מהחומרים המשתתפים בתגובה (2).נמק.

**התשובה:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| N2O5(g) | NO2(g) | O2(g) | החומר |
| 365 | 240 | 205 | אנטרופיה מולרית תקנית  J·K−1·mol−1 |

(שלושת החומרים במצב גז.)

המולקולות של שלושת החומרים שונות בגודל של ענן האלקטרונים (או: בגודל המולקולות) ובמספר האטומים במולקולה (או: במורכבות המולקולות).

ככל שמספר האטומים במולקולה גדול יותר, יש אפשרויות רבות יותר של תנועה (או: יותר אופני תנועה), אפשרויות רבות יותר לפזר את האנרגיה, ולכן הערך של האנטרופיה המולרית התקנית יהיה גדול יותר.

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

ניתן למיין את הטעויות האופייניות שהופיעו בסעיף זה לשני סוגים עיקריים:

1. התאמה שגויה של So לכל אחד מהחומרים המשתתפים בתגובה. התייחסות למקדמים בניסוח התגובה כאל כמויות החומרים:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***N2O5(g)*** | ***NO2(g)*** | ***O2(g)*** | החומר  • |
| ***240*** | ***365*** | ***205*** | ***So***  ***J·K−1·mol−1*** |

• "מספר המולים של כל חומר בתגובה שונה. ככל שמספר המולים גדול יותר האי סדר גדול יותר."

2. התאמה נכונה של So לכל אחד מהחומרים המשתתפים בתגובה המלווה בנימוק חלקי, ללא התייחסות לאפשרויות רבות יותר של תנועה ולאפשרויות רבות יותר לפזר את האנרגיה:

• "המסה המולרית יותר גדולה, ולכן אנטרופיה גדולה יותר."

• "המולקולה גדולה יותר ולכן האי סדר גדול יותר."

מומלץ לתת לתלמידים שאלות על הגורמים המשפיעים על גודל האנטרופיה של חומרים שונים ולדון - מדוע גורמים אלה משפיעים על גודל האנטרופיה.

תרגיל לדוגמא:

בטבלה שלפניכם נתונים ערכי האנטרופיה עבור מספר חומרים:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| NO2(g) | NO2(g) | O2(g) | Cu(s) | החומר |
| 240 | 210.5 | 205 | 33.3 | אנטרופיה מולרית תקנית  J·K−1·mol−1 |

א. הסבירו את ההבדל בערכי האנטרופיה התקנית בין:

i Cu(s) ו- O2(g)

ii O2(g) ו- NO2(g)

iii NO(g) ו- NO2(g)

ב. נתונה התגובה:

2NO(g)  + O2(g) → 2NO2(g)

i חשבו את ΔSo עבור התגובה הנתונה. פרטו את חישוביכם.

ii הסבירו את הסימן של הערך ΔSo שקיבלתם.

בגרף שלפניך מוצג קצב התגובה ההתחלתי כפונקציה של ריכוז של N2O5(g) בתגובה (2).

ריכוז התחלתי של N2O5(g)

(mol·liter−1)

קצב תגובה התחלתי

(mol·liter−1·s−1)

4×10−4

3×10−4

2×10−4

1×10−4

0

0

0.02

0.04

0.06

0.08

**.**

**.**

**.**

**.**

סעיף ד' (הציון 75)

עבור תגובה (2):

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**88**

**66**

**72**

תת-סעיף i (הציון 88)

קבע את סדר התגובה.

**התשובה:**

תגובה מסדר 1.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון את סדר התגובה על פי צורת הגרף הנתון.

תלמידים מעטים טעו - הם קבעו:

• "התגובה מסדר אפס."

תלמידים אלה לא ידעו כנראה כיצד קובעים סדר תגובה או לא קראו נכון את הגרף הנתון.

תת-סעיף ii (הציון 66)

רשום את משוואת הקצב.

**התשובה:**

[N2O5] k =קצב תגובה

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

הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא בלבול בין משוואת הקצב לבין ביטוי של קצב תגובה בפרק זמן מסוים:

טעות נוספת היא התייחסות לריכוז של אחד מהתוצרים.

***Δ[N2O5(g)]***

***2 × Δ t***

−= קצב תגובה •

תת-סעיף iii (הציון 72)

חשב את הערך של קבוע הקצב k , וציין את היחידות המתאימות. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

k = 5×10−3 sec−1

חישוב הערך של k - קבוע הקצב ייעשה על ידי הצבת ערכים המתאימים לאחת מהנקודות בגרף במשוואת הקצב.

2×10−4 = k × 0.04 M

M

sec

לדוגמה:

k = = 5×10−3

0.04 M

2×10−4

M

sec

1

sec

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

רוב התלמידים הוציאו את הנתונים המתאימים מהגרף וחישבו נכון את קבוע הקצב k .

יחד עם זאת הופיעו טעויות. חלק מהתלמידים בחרו בערך של ריכוז N2O5(g) ובערך הלא מתאים של קצב תגובה התחלתי. לדוגמה בחרו בריכוז 0.02 M ובקצב תגובה התחלתי

1×10−4 mol·liter−1·s−1 . כתוצאה מכך התקבל ערך שגוי של k .

סעיף ה' (הציון 22)

חשב את הריכוז של N2O5(g) כעבור 276 שניות, אם נתון שהריכוז ההתחלתי של N2O5(g)

היה M0.08 . פרט את חישוביך.

**התשובה:**

1

2

t = = 138 sec

0.0693

0.005

1

sec

0.0693

k

t =

1

2

חישוב זמן מחצית חיים של התגובה:

לאחר 138 שניות ריכוז החומר ירד למחצית מערכו, כלומר 0.04M .

ולאחר 138 שניות נוספות (סה"כ 276 שניות) ירד הריכוז שוב, למחצית מערכו - 0.02M .

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

הציון נמוך במיוחד. רוב התלמידים לא השתמשו כלל בנוסחת החישוב של זמן מחצית החיים.

היו תלמידים שהציבו במשוואת קצב התגובה את הזמן 276 שניות. הם לא ידעו שקצב התגובה משתנה ואינו קבוע לאורך הזמן, כפי שניתן להבין מן הנתונים. חלק מהתלמידים דלגו על סעיף זה.

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל בין המושגים: קצב תגובה וזמן מחצית החיים, ובין ביטוי לקצב תגובה לבין משוואת מחצית החיים. כדאי בעת התרגול לבקש מהתלמידים לחשב גם את קצב תגובה וגם זמן מחצית החיים, עך סמך אותם נתונים.

סעיף ו' (הציון 59)

קבע איזה מההיגדים (c) , (b) , (a) שלפניך הוא ההיגד הנכון.

(a) סדר התגובה תלוי בטמפרטורה שבה מבצעים את התגובה.

(b) הערך של קבוע הקצב תלוי בטמפרטורה שבה מבצעים את התגובה.

(c) הערך של קבוע הקצב תלוי בריכוז ההתחלתי של המגיב.

**התשובה:**

היגד b הוא הנכון.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הבינו את המשמעות של קבוע קצב תגובה ולא הכירו את הגורמים המשפיעים על הקבוע. רוב התלמידים שטעו בחרו בהיגד (a)- הם לא ידעו שסדר תגובה תלוי במנגנון התגובה ולא בטמפרטורה.

לסיכום:

מעיון בטעויות אופייניות של התלמידים, ניתן להבחין שחלק מהם מתקשים בהבנת התיאוריה, ולכן משתמשים בנוסחאות מבלי להבין אותן. מומלץ להשקיע זמן ומאמץ בהבהרת מושגים והבדלים בין מושגים שונים, לדוגמה בין ΔGo לבין ΔG , בין ביטוי לקצב תגובה לבין משוואת הקצב. כדי הבדלים קטנים בשפה לא יבלבלו את התלמידים מומלץ להסביר את ההגיון ואת משמעות של כל אחד מהמושגים ומהמשוואות.

שאלות לדוגמה:

שאלה 1

במטרה לחקור את תגובה (1) ביצעו שישה ניסויים באותה טמפרטורה.

(1) 2H2(g) + 2NO(g) → 2H2O(g) + N2(g)

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות הניסויים:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| מספר הניסוי | ריכוזים התחלתיים | | קצב תגובה  התחלתי |
| [H2(g)] | [NO(g)] |
| 1 | 0.001 | 0.006 | 18 |
| 2 | 0.002 | 0.006 | 36 |
| 3 | 0.003 | 0.006 | 54 |
| 4 | 0.006 | 0.001 | 3 |
| 5 | 0.006 | 0.002 | 12 |
| 6 | 0.006 | 0.004 | 48 |

א. קבעו אם קצב היווצרות של H2O(g) שווה לקצב היווצרות של של N2(g) . נמקו.

mol

liter

M

min

ב. מהו סדר התגובה עבור כל אחד מהמגיבים? נמקו.

ג. רשמו את משוואת חוק הקצב עבור תגובה (1).

ד. קבע עבור כל אחד מהגורמים v-i אם הוא משפיע על קצב תגובה. נמק כל קביעה.

i מספר תוצרים

ii טמפרטורה

iii סוג התגובה

iv ריכוז המגיבים

v סוג הקשרים במגיבים.

שאלה 2

מולקולות של זרחן לבן, P4(s) , נארזות בשתי צורות גבישיות: α ו- β .

צורת α מתקבלת בעת התמצקות הנוזל, אך בטמפרטורה נמוכה מ- 196 K היא הופכת באופן ספונטני לצורת β .

א. נתונה התגובה:

P4(s) (α) → P4(s) (β)

i מהו הסימן של ΔHo עבור התגובה הנתונה? נמקו.

ii מהו הסימן של ΔSo עבור התגובה הנתונה? נמקו.

iii איזו צורה: α או β , יציבה יותר מבחינה תרמודינמית? נמקו.

iv לאיזו צורה של זרחן: α או β , אנטרופיה גבוהה יותר?? נמקו.

שאלה 3

א. בלון חמצן, שנפחו 25 ליטר, מכיל 85 גרם חמצן. הבלון מצוי בטמפרטורה של 20oC .

מהו לחץ החמצן בכלי? פרטו את חישוביכם.

ב. כרית האוויר במכונית מכילה, בין היתר, נתרן אזיד, NaN3(s) .

70 גרם NaN3(s) התפרקו בזמן התאונה. תוצרי התגובה הם נתרן, Na(s) וחנקן, N2(g) .

i נסחו ואזנו את התגובה.

ii חשבו את הנפח של כרית האוויר שהתנפחה בעת התאונה, בטמפרטורה של 20oC

ובלחץ של 0.96 אטמוספרות. פרטו את חישוביכם.

מיומנויות בנושאי מעבדות חקר

שאלה 17

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

**בחרו בשאלה 5% מהתלמידים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

41-54

13%

0-40

10%

55-84

56%

85-100

21%

**62**

**82**

**71**

**44**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לנסח את שאלת החקר המתאימה למחקר מסוים.

⮘ לזהות את המשתנה התלוי ואת המשתנה הבלתי תלוי.

⮘ לתכנן ניסוי על פי שאלת החקר.

⮘ לארגן שלבי ניסוי בסדר לוגי.

⮘ להגדיר גורמים קבועים בניסוי.

⮘ לפרש נכון את תוצאות הניסוי המוצגות בצורה גרפית.

⮘ לנסח ולאזן את התגובה המתוארת באופן מילולי.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ להוציא מהגרף ולנתח של מידע על התרחשות תהליך רב-שלבי.

⮘ להכיר את התכונות של חומרים יוניים.

⮘ להכיר את תהליך ההיתוך של חומרים יוניים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים שאחריו.

# כימיה של אבני הכליות

אבני כליות הן גבישים קטנים, בעיקר של מלחים, הנוצרים בכליות וגורמים לכאבים.

כ- 5% מהאוכלוסייה סובלים מבעיה זו. אצל רוב החולים הגוף מייצר אבנים המורכבות מסידן אוקסלט מונוהידרט, CaC2O4·H2O(s) , שהוא מוצק קשה תמס, המכיל יונים ומולקולות מים.

חוקרים ברחבי העולם מחפשים דרכי טיפול במחלה ושיטות למניעתה.

חוקרים ערכו מחקר על קבוצת אנשים הסובלים מאבנים בכליות.

מכל משתתף נלקחו שתי דגימות שתן: דגימה ראשונה לאחר פרק זמן שבו המשתתף לא שתה, ודגימה שנייה לאחר ששתה כמות מסוימת של מים. לאחר טיפול בדגימות נוצרו בכולן גבישי CaC2O4·H2O(s) . החוקרים מדדו את מסת הגבישים בכל אחת מהדגימות.

על סמך תוצאות המחקר המליצו החוקרים לאנשים הסובלים מאבנים בכליות לשתות

כ- 10 כוסות מים ביום.

סעיף א' (הציון 62)

**51**

**73**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 51)

נסח שאלת החקר שנשאלה במחקר המתואר בקטע.

**התשובה:**

מהי ההשפעה של מספר כוסות המים (או: נפח המים) שאדם שתה על המסה של גבישי סידן אוקסלט שנוצרים?

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לנסח נכון את שאלת החקר. ברוב שאלות החקר, שהציעו תלמידים אלה, נבדק קשר בין שני משתנים, אולם המשתנים שהוצעו לא היו מוגדרים. שאלות חקר רבות נוסחו ללא היבטים כמותיים של המים. התלמידים רשמו את המילה "כמות" כמשתנה מבלי להבין שהמונח אינו מוגדר היטב ויש להגדיר כמות של מה- מסה, נפח, מספר כוסות וכדומה:

• "האם וכיצד משפיעה שתיית מים על מסת הגבישים בשתן?"

• "האם וכיצד משפיעה שתיית מים על כמות האבנים בכליות?"

• "כיצד משפיעה שתיית מים על היווצרות גבישים?"

• "כיצד כמות השתן בגוף משפיעה על..."

• "האם שתיית מים תורמת לטיפול באבנים בכליות?"

• "מהו הקשר בין כמות המים ששותים לבין היווצרות אבנים בכליות"

**כיצד ...**

**מה ניתן**

**לשנות**

**במערכת**

**(משתנה**

**בלתי תלוי)**

**מה ניתן**

**למדוד**

**(משתנה תלוי)**

**משפיע…** על...

מומלץ להבהיר לתלמידים שהמשתנים בשאלה החקר חייבים להיות משתנים שניתן למדוד בניסוי. בנוסף, המשתנים צריכים להיות מוגדרים היטב, ולכן המילה "כמות" אינה מגדירה כיצד מודדים את המשתנה המבוקש.

הצעה לכלי עזר לניסוח שאלות חקר מתוך תצפיות הניסוי - לפי הצעה של רולי אינטרטור בכתבה "כיצד מנסחים שאלת חקר?" ב"על- כימיה - עלון מורי הכימיה"", גיליון 13:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/img/news/31.pdf>

ראשית מכינים מפת ניסוי. שלבים בהכנת המפה:

1. רושמים את שם הניסוי במרכז.

2 . בחלק העליון רושמים את החומרים, תנאי הניסוי והציוד הרלוונטיים לשאלות החקר .

3 . בחלק התחתון רושמים את התהליכים שהתרחשו.

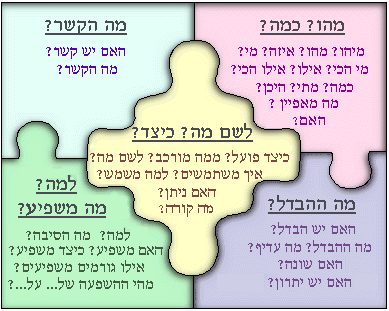
4 . מפרטים כל אחד מהגורמים הרשומים בשני החלקים:

- הפירוט בחלק העליון - המשתנה הבלתי תלוי,

- הפירוט בחלק התחתון - המשתנה התלוי.

5 . מנסחים שאלת חקר על ידי מילות השאלה המתאימות מ”פאזל השאלות “,

המשתנה הבלתי תלוי - מהחלק העליון והמשתנה התלוי - מהחלק התחתון.



תת-סעיף ii (הציון 73)

ציין את המשתנה הבלתי-תלוי ואת המשתנה התלוי.

**התשובה:**

המשתנה הבלתי תלוי - מספר כוסות המים ששתה האדם.

המשתנה התלוי - המסה של גבישי סידן אוקסלט שנוצרו.

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

רוב התלמידים ידעו לקבוע מהו המשתנה הבלתי תלוי ומהו המשתנה התלוי לפי שאלת החקר שניסחו. הבעיה הייתה בהגדרת המשתנים בשאלות החקר. חלק מהתלמידים אינם מגדירים היטב את המשתנים בשאלת החקר ורושמים את המילה "כמות" במקום להגדיר היטב מהו המשתנה הנבדק:

• "משתנה תלוי: האבנים בכליות."

הטעות האופיינית העיקרית היא ציון משתנה בלתי תלוי לא מוגדר:

• "משתנה תלוי - שתיית מים."

• "משתנה תלוי - כמות המים."

סעיף ב' (הציון 82)

כדי לקבל תשובה לשאלת החקר שניסחת בתת-סעיף א i , תוכנן ניסוי.

לפניך 3 שלבים מכלל שלבי הניסוי, רשומים בסדר אקראי:

- טיפול בדגימות שתן.

- יצירת קבוצה של נחקרים הסובלים מאבנים בכליות.

- הנחקרים לא שותים מים במשך 12שעות.

**86**

**74**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 86)

הוסף 4 שלבים או יותר להשלמת תכנון הניסוי, ורשום את כל שלבי הניסוי בסדר הנכון.

**התשובה:**

ארבעה שלבים מבין השלבים 3, 4, 5, 6, 8:

1. יצירת קבוצת אנשים שסובלים מאבנים בכליות (נתון).

2. כל האנשים בקבוצה אינם שותים במשך 12 שעות 0נתון).

3. הנחקרים נותנים דגימת שתן ראשונה.

4. הנחקרים שותים 2 כוסות מים ומחכים שעה.

5. הנחקרים נותנים דגימת שתן שנייה.

6. חזרה על השלבים 4 ו- 5 מספר פעמים.

7. טיפול בדגימות שתן (נתון).

8. מדידת הסת הגבישים בדגימות.

או: כל הצעה לשלבים הגיוניים ובסדר הנכון.

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לתכנן ניסוי על פי שאלת החקר ולארגן שלבי ניסוי בסדר לוגי.

הטעויות המעטות שאותרו הן:

⬩ הצעת שלבים כלליים:

• "רישום תוצאות והסקת מסקנות."

⬩ הצעת שלבים שלא מתאימים לניסוי המתוכנן ו/או לשאלת החקר שתלמידים אלה ניסחו:

• "כל משתתף שותה כמות שונה של מים."

תת-סעיף ii (הציון 74)

ציין שלושה גורמים שצריכים להישאר קבועים בניסוי המתוכנן.

**התשובה:**

3 מהגורמים:

- מספר האנשים בקבוצה.

- מין המשתתפים

- משך הזמן שבו לא שתו מים (לפני הבדיקה הראשונה).

- כמות המים ששתו לפני הבדיקה השנייה.

- טמפרטורת המים.

- פרק הזמן בין בדיקה לבדיקה.

- סוג המים.

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

רוב התלמידים קבעו נכון את הגורמים הקבועים, אך היו תלמידים שהציעו גורמים לא מתאימים. הצעות של חלק מהתלמידים מעידות על כך שלא ברור להם כי חלק מגורמים שהם מציינים הינם משתנים שמאוד בעייתי לבודד:

• "לכל האנשים בעיה בכליות או מידת הבעיה של האבנים צריכה להיות שווה."

• "כמות המים בכליות צריכה להיות שווה אצל כל הנבדקים."

• "טמפרטורת הגוף ההתחלתית צריכה להיות שווה לכל האנשים הנבדקים."

גורמים אחרים שהוצעו התייחסו לטיפול הכללי שהנבדקים קיבלו:

• "התזונה של המשתתפים."

• "אסור למטופלים לבצע פעילות ספורטיבית."

• "כמות היונים שיש במים שהמשתתפים שותים."

• "טמפרטורת החדר - כדי שלא יזיעו."

תלמידים אחרים התייחסו לתנאים שבהם בוצע הניסוי:

• "משך זמן הניסוי."

• "שיטת הטיפול בדגימת השתן- להשאיר את כל הדגימות במקרר."

היו תלמידים שהתקשו לקבוע גורמים מסוימים והתייחסו באופן כללי:

• "הטיפול בדגימה."

במעבדה חקרו את התכונות של החומרCaC2O4·H2O(s) .

כשחיממו אותו בכלי פתוח הוא התפרק בשלושה שלבים, I , II , III .

בכל שלב נפלט אחד מהגזים: CO(g) , CO2(g) , H2O(g) .

התוצר הסופי לאחר הפירוק הוא סידן חמצני, CaO(s)  .

לפניך תיאור גרפי של התהליך.

מסת החומר

(gr)

24.82

21.76

17.00

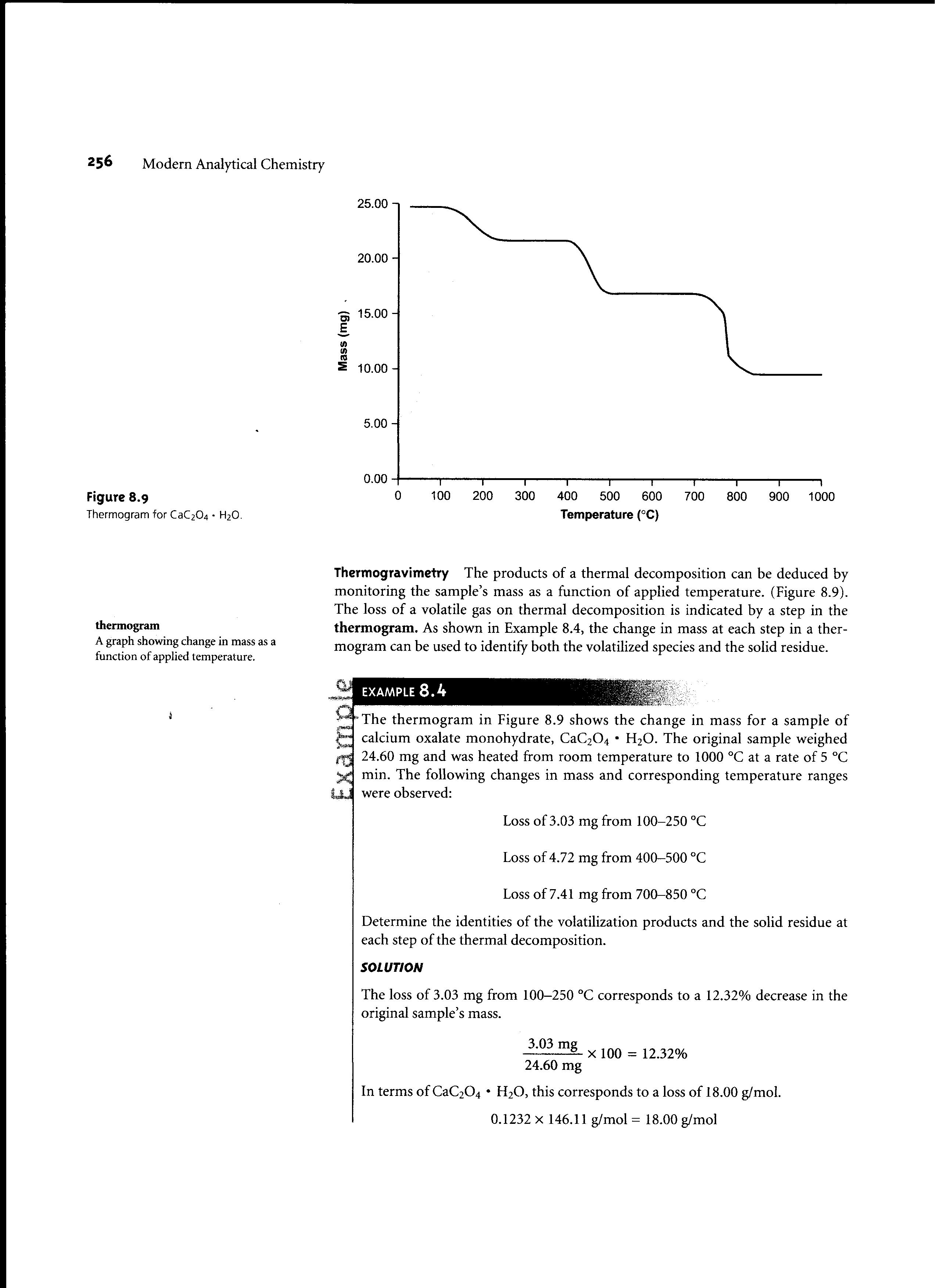
9.52

טמפרטורה (oC)

I

II

III



0.00

**0**

I

II

III

סעיף ג' (הציון 71)

**77**

**57**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

תת-סעיף i (הציון 77)

נסח ואזן את התגובה הכוללת של פירוקCaC2O4·H2O(s) לתוצריו.

**התשובה:**

CaC2O4·H2O(s) → CaO(s) + CO2(g) + CO(g) + H2O(g)

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

רוב התלמידים הצליחו לנסח נכון ולאזן את התגובה המתוארת באופן מילולי. הטעויות שאותרו הן אי-רישום של אחד מהתוצרים שלא זוהה בניסוח התגובה וטעויות באיזון הניסוח.

תת-סעיף ii (הציון 57)

היעזר בנתונים המוצגים בגרף ובמסות המולריות של החומרים, וקבע איזה גז נפלט בכל אחד

גרם

מול

משלבי הפירוק. נתון: המסה המולרית שלCaC2O4·H2O(s) היא 146 . פרט את חישוביך.

**התשובה:**

החומרים שנפלטו:

gr

mol

28

gr

mol

44

gr

mol

18

CO(g) מסה מולרית

CO2(g) מסה מולרית

H2O(g) מסה מולרית

מכיוון שיחס המולים בניסוח התגובה הם 1:1:1:1 , לכן מספר המולים של גז שנפלט בכל

אחד מהשלבים זהה והוא שווה למספר המולים של החומר שהגיב.

= 0.17 mol

24.82 gr

gr

mol

146

מספר המולים של CaC2O4·H2O(s) :

מסת הגז שנפלט בשלב I: 24.82 gr − 21.76 gr = 3.06 gr

= 18

3.06 gr

0.17 mol

gr

mol

המסה המולרית של הגז שנפלט בשלבI :

- נפלט הגז H2O(g) .

מסת הגז שנפלט בשלב II: 21.76 gr − 17 gr = 4.76 gr

= 28

4.76 gr

0.17 mol

gr

mol

המסה המולרית של הגז שנפלט בשלב II:

- נפלט הגז CO(g) .

(ללא חישוב אפשר להניח שהגז האחרון שנפלט הוא הגז CO2(g)

= 44

7.48 gr

0.17 mol

gr

mol

(

אפשר כמובן גם לחשב שוב: 17 gr − 9.52 gr = 7.48 gr

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לנתח מידע המוצג בגרף - על התרחשות תהליך רב-שלבי, לבצע חישובים סטויכיומטריים מתאימים ולהסיק את המסקנות הנכונות.

הטעויות האופייניות שאותרו הן:

⬩ קביעה נכונה ללא נימוק או עם נימוק המבוסס על ניחוש - ללא חישובים.

⬩ חישוב המסות המולריות של שלושת החומרים וקביעה שהגזים ייפלטו בהתאם למסות המולריות שלהם, ללא התייחסות לנתונים המוצגים בגרף.

⬩ טעויות בחישובים.

סעיף ד' (הציון 44)

כאשר ממשיכים לחמם את החומר CaO(s)  עד טמפרטורה של 3200oC , לא חל שינוי במסה, אבל

חל שינוי במוליכות החשמלית של החומר. הסבר את השינוי במוליכות.

**התשובה:**

כאשר ממשיכים לחמם אתCaO(s) , הטמפרטורה תעלה עד לטמפרטורת ההיתוך שלו. מצב הצבירה של החומר ישתנה ממוצק לנוזל.

החומרCaO בנוי מיונים. במצב נוזל היונים ניידים, ולכן החומר מוליך חשמל.

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

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים התקשו בסעיף זה. הסעיף דורש התייחסות לנושא מבנה וקישור, אשר נלמד באופן מעמיק לקראת הבחינה של 3 יחידות לימוד, וייתכן שחלק מהתלמידים לא חזרו על הנושא במהלך הכנה לבחינה של ההשלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד.

חלק מהתלמידים ניסו לקשור את השאלה לאחד מהנושאים שנלמדו בכיתה י"ב, כמו נושא החובה - אנרגטיקה ודינמיקה 1 - התייחסו לאנרגיה פנימית של החומר, לאנרגיה קינטית, לאנרגיה פוטנציאלית, לתיאוריית התנגשויות של חלקיקים; או קישור לנושא מוליכות כפי שנלמד במבנית כימיה פיזיקלית - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה.

הטעויות האופייניות שהופיעו בסעיף זה הן:

⬩ זיהוי נכון של סוג החומר והסבר שגוי של השינוי במוליכות:

• "כאשר מחממים חומר יוני יש יותר חלקיקים טעונים."

• "***CaO*** חומר יוני, ולכן כאשר נחשף לטמפרטורה גבוהה הוא "נטען" וההולכה החשמלית משתפרת."

• "בחימום חומר יוני האניונים השליליים הופכים ניידים."

⬩ הסברים לפי מודל החלקיקים ללא התייחסות לסוג החומר:

• "לפי מודל החלקיקים - כאשר מחממים יש תנועה מהירה יותר של החלקיקים ויש יותר סיכוי שהם יפגשו מטענים אחרים. לכן המוליכות החשמלית תהייה גבוהה יותר"

• "השינוי במוליכות נובע מהשינוי באנרגיה הקינטית הממוצעת של החלקיקים. ככל שהאנרגיה הקינטית הממוצעת גדלה כך הקשרים בין החלקיקים נחלשים, האלקטרונים נעים בחופשיות רבה יותר והמוליכות משתנה."

• "במוצק יש רק תנודות. בחימום הקשרים הבין מולקולרים נחלשים ויש חופש תנועה לחלקיקים."

• "העלאת טמפרטורה גורמת לניידות אלקטרונים."

• "העלאת הטמפרטורה גורמת לעלייה באנרגיה הפנימית, לחלקיקי החומר נוספת מהירות תנועה, מה שמאפשר הולכה חשמלית."

• "בנוזל האטומים ניידים ולכן יש הולכה"

⬩ ניסיון להסביר את מוליכות החומר על פי הנלמד בנושא בחירה - כימיה פיזיקלית:

• "מכיוון שהאנרגיה הקינטית של האלקטרונים עולה כך, שהם יכולים "לדלג" מעל פס האנרגיה האסור ולעבור מפס הערכיות לפס ההולכה."

⬩ קביעה שגויה של מצב הצבירה של החומר לאחר החימום וניסיון להסביר את המוליכות על פי תכונות הגזים:

• "החומר הופך לגז: ***CaO(s) → Ca2+(g) + O2−(g)*** בגז היונים ניידים."

• "ייתכן שבטמפרטורה זו החומר עובר למצב צבירה גז, מולקולות גז מעבירות חשמל."

⬩ טעויות הנובעות מחוסר ידע והבנה בנושא מבנה וקישור. בלבול בין מושגים, בין סוגי חומרים, בין סוגי קשרים, בין חלקיקים המרכיבים את החומרים מסוגים שונים, בין חלקיק בודד לחומר:

• "החומר סידן חמצני מורכב מחומר מוליך - סידן, וחומר אל מוליך - חמצן. החום גורם לאלקטרונים החופשיים בתוך החומר לנוע יותר ויותר מהר מה שמשפר את המוליכות שלו."

• "מתכות לא מוליכות חשמל כשהן במצב גזי."

• "החומר הופך לנוזל כי הוא יון, ויון מוליך רק בתמיסה יונית."

• "היון מותך ולמולקולות היון יש תנועה חופשית."

• "במהלך החימום ניתקו חלק מהקשרים הבין מולקולריים וחלק מהקשרים הקוולנטיים. כתוצאה מכך נוצרו מעט יונים טעונים, אשר אינם קשורים ולכן החומר כעת יכול להוליך חשמל על ידי אותם יונים "פנויים."

חשוב במיוחד לתרגל עם התלמידים פתרון שאלות בנושא מיומנויות החקר ולא לסמוך על היכולת של התלמידים להתמודד עם שאלות אלו מידע כללי שנרכש.

שאלה לתרגול מיומנויות מעבדה:

משה ערך ניסוי במעבדת בית הספר: לקח 4 כוסות בישול בנפח 250 מ"ל ומילא כל אחת מהן ב- 150 מ"ל מים מזוקקים באותה טמפרטורה. לכל אחת מהכוסות הכניס כמויות שונות של מלח בישול וערבב. לכוס הראשונה הכניס כפית אחת, לשנייה 2 כפיות, לשלישית 3 כפיות, ולרביעית 4 כפיות.

משה שיער כי ככל שכמות מלח הבישול תהיה גדולה יותר, מהירות העלמות המלח תהיה גדולה יותר.

להלן טבלה המציגה את ממצאי הניסוי:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| מספר הכוס | 1 | 2 | 3 | 4 |
| זמן עד היעלמות המלח (שניות) | 10 | 20 | 35 | 55 |

א. i משה ניסח את שאלת חקר הבאה: "האם כמות המלח משפיעה על קצב היעלמות המלח?"

ציין לפחות שלוש טעויות בניסוח שאלת החקר והסבר מדוע אלה טעויות.

ii הצע ניסוח חדש לשאלת החקר אשר יתאים לתיאור הניסוי שבוצע.

iii מהו המשתנה התלוי בשאלת החקר שהצעת וכיצד יש למדוד אותו?

ב. רשום את ההסבר המדעי שעליו משה ביסס את ההשערה. על סמך איזו תיאוריה ביסס משה את השערה שלו?

ג. i מה סוג הבקרה בניסוי? הסבר.

ii ציין לפחות שלושה גורמים שמשה היה צריך לשמור קבועים במהלך ביצוע הניסוי.

iii הצע שני שינויים במערך הניסוי אשר יאפשרו לקבל תוצאות יותר מהימנות.

הסבר כל שינוי בנפרד.

ד. i האם התוצאות מוצגות נכון בטבלה? אם לא-תקן את הטבלה.

ii מה סוג הגרף שמשה צריך לסרטט לצורך הצגת הנתונים? הסבר מדוע בחרת בסוג זה.

iii סרטט גרף מתאים המתאר את ממצאי הניסוי של משה. הקפד על עקרונות סרטוט גרף.

iv תאר את מגמת השינויים בגרף.

ה. i נסח את המסקנה מהניסוי.

ii האם המסקנה מהימנה? הצע דרכים להגדלת מהימנות המסקנה.

הצעת פתרון:

א. i טעות אחת: מילת השאלה שנבחרה אינה מתאימה לחקר, מכיוון שהיא מאפשרת אחת משתי תשובות כן/לא. יש להשתמש במילות השאלה כיצד/מה הקשר בין/ איך משפיע.

*יש המתחילים את שאלת החקר מהמילים "האם וכיצד..." ניסוח מסוג זה מתאים כאשר מתוכננת מערכת של בקרה חיצונית, אשר אמורה לבדוק אם המשתנה הבלתי תלוי בכלל משפיע על המשתנה התלוי. בכל ניסוי, שבו יש בקרה השוואתית בלבד, יש לנסח ללא מילת השאלה" האם" (אם כי לרוב לא מחמירים בנושא זה).*

טעות שנייה: כמות המלח - המילה "כמות" אינה מוגדרת. יש לדייק בהגדרה - מספר כפיות המלח/מסת המלח.

טעות שלישית: המשתנה התלוי המוצע אינו המשתנה אשר נמדד ישירות בניסוי - "קצב היעלמות המלח". המשתנה הנמדד הוא "זמן עד היעלמות המלח" ולכן הוא זה שצריך להיות המשתנה התלוי.

ii כיצד ישפיע שינוי במספר כפיות המלח על הזמן עד היעלמותו במים?

iii המשתנה התלוי הוא הזמן עד היעלמות המלח במים. יש למדוד את הזמן מרגע הוספת המלח למים ועד היעלמותו מהעין.

ב. משה התבסס על תיאוריית ההתנגשויות. לפי טענתו:

ככל שיש יותר חלקיקים של חומר יהיו יותר התנגשויות בין חלקיקי המלח לבין מולקולות המים, קצב התגובה יהיה גדול יותר, ולכן קצב ההמסה יהיה גדול יותר ומהירות היעלמות המלח תגדל.

ג. i הבקרה בניסוי זה פנימית השוואתית. כל אחת ממערכות הניסוי משמשת מערכת בקרה לשאר מערכות הניסוי. בניסוי זה אין משמעות לבקרה חיצונית - אי-הוספה של מלח כלל.

ii גורמים קבועים: טמפרטורת המים, נפח המים, סוג הממס, סוג המומס, שיטת הערבוב וקצב הערבוב.

iii הצעות לדוגמה: מדידה מדויקת של "כמות" המלח - מדידת מסה במקום שימוש במספר כפיות.

מדידה מדויקת יותר של "זמן ההיעלמות" על ידי שימוש במכשיר הבודק עכירות למשל, ולא באופן איכותי על ידי תצפית אישית.

שימוש במערבל מגנטי כדי לקבל קצב ערבול אחיד.

לכל אלו יש להוסיף את הנושא של ביצוע חזרות על כל אחת ממערכות הניסוי כדי לקבל הדירות.

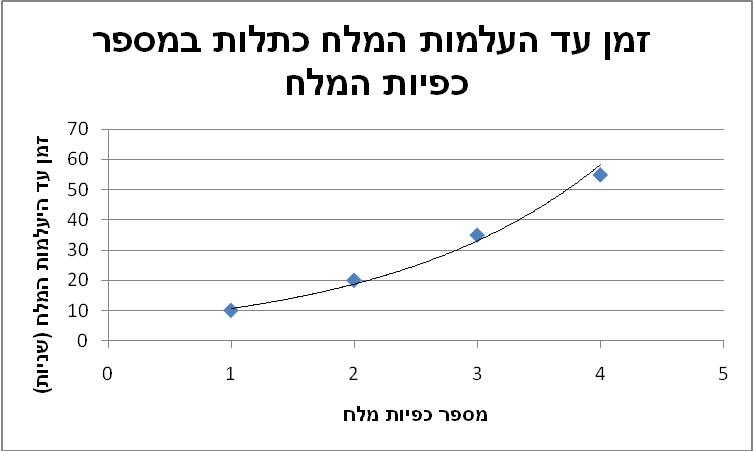
ד. i זמן עד היעלמות המלח כתלות במספר כפיות המלח המוסף:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| מספר כפיות המלח | 1 | 2 | 3 | 4 |
| זמן עד היעלמות המלח (שניות) | 10 | 20 | 35 | 55 |

הסבר: לשורה של מספר הניסוי אין משמעות. השורה צריכה להכיל את הנתונים המתייחסים למשתנה הבלתי תלוי. בנוסף הוספה כותרת מתאימה לטבלה.

ii הגרף המתאים לתוצאות שהתקבלו הוא גרף רציף. בגרף רציף קיים קשר מספרי בין הערכים של המשתנה הבלתי תלוי. ניתן להציב ערכי ביניים - כפית וחצי וכדומה. יחד עם זאת יש לשים לב שהמדידה בעזרת כפיות אינה מדויקת מלכתחילה. אם המדידה הייתה מתבצעת על ידי שקילה (מדידת המסה של המלח) גם ערכי הביניים היו מדויקים יותר.

iii



iv ככל שמספר כפיות המלח הולך וגדל הזמן עד היעלמות המלח הולך וגדל. זמן ההיעלמות הולך וגדל ככל שמספר כפיות המלח גדל. הגידול אינו ליניארי אלא באופן מעריכי (השינוי בזמן גדול יותר מאשר השינוי במספר הכפיות).

ה. i המסקנה מהניסוי: ככל שמספר כפיות המלח הולך וגדל נדרש זמן ממושך יותר עד היעלמות המלח.

ii המסקנה אינה מהימנה. כדי לקבל הדירות לתוצאות יש לבצע את הניסוי מספר פעמים, כלומר לבצע חזרות על אותן מערכות ניסוי. בנוסף, יש להגדיל את טווח המדידה של המשתנה הבלתי תלוי, כלומר לבצע את הניסוי במסה של מדגמים (או במספר כפיות) שונה מהנתונים בניסוי המקורי, כדי לבדוק את הטווח שבו המסקנה עדיין תקפה, או אם קיים גורם מגביל (מסה מקסימלית שניתן להמיס וכו').