

**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית

###### אגף מדעים

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה

3 יחידות לימוד

שאלון 37303 תשע"ד

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

**במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה**

**בראשות: זיוה בר-דב**

**צוות הכתיבה: חני אלישע**

**רחל אשר**

**אסתר ברקוביץ**

**מוחמד גרה**

**רים סאבא**

**קלודיה סאדר**

**אלה פרוטקין-זילברמן**

**מיכאל קויפמן**

**עדינה שינפלד**

**נאוה תמם**

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

**פרופ' ליאור קרוניק**

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

**פברואר 2015**

# תוכן עניינים

• תודות 3

• מבוא כללי 4

• ניתוח התוצאות של שאלה 1 - החלק הרב ברירתי 7

• מבוא לניתוח התוצאות של השאלות הפתוחות 27

• ניתוח התוצאות של שאלה 2 28

• ניתוח התוצאות של שאלה 3 42

• ניתוח התוצאות של שאלה 4 53

• ניתוח התוצאות של שאלה 5 63

• ניתוח התוצאות של שאלה 6 71

• ניתוח התוצאות של שאלה 7 79

• ניתוח התוצאות של שאלה 8 89

**אנו מודים לד"ר רון בלונדר ולאורית מולווידזון על יום העיון בנושא "מטרות ההוראה".**

בעקבות יום עיון זה הגדרנו את המטלות בכל שאלה כתוצרי למידה (ראו פירוט בהמשך).

**תודה למשתתפי ההשתלמות המחוזית "כימיה בהקשר למידה משמעותית"**

**בהנחיה של נרימאן חכים, עבדאללה חלאילה וסוהאד אליאס, שמתקיימת בנצרת, עבור העזרה בניתוח שאלה 4 - בנושא "מבנה, קישור ותכונות של חומרים".**

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה תשע"ד

שאלון 37303

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

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

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

ובאתר המפמ"ר:

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

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

הפרק הראשון של הבחינה הוא פרק חובה המכיל:

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

- שאלה 2 - ניתוח קטע ממאמר מדעי.

הפרק השני מכיל שש שאלות פתוחות, מתוכן התלמיד חייב לענות על שלוש שאלות.

ניתוח שאלה 1 מתבסס על הממצאים הסטטיסטיים של מכון סאלד (ציון שאלה 1) ותוצאות המדגם של 300 דפי תשובות של תלמידים (ציוני סעיפים).

ניתוח השאלות הפתוחות מתבסס על ממצאים סטטיסטיים של מכון סאלד (ציוני שאלות וציוני סעיפים בשאלות 2-8), על תוצאות המדגם של 300 מחברות (ציוני סעיפים בשאלה 1 וציוני תת-סעיפים בשאלות 2-8) ועל טעויות אופייניות שאותרו על-ידי מעריכי בחינת הבגרות.

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

השנה ניגשו לבחינה 10364 תלמידים. על-פי הממצאים של מכון סאלד:

ציון ממוצע של הבחינה 75 , ציון שנתי ממוצע 84 וציון סופי ממוצע 79 .

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

41-54

8%

0-40

5%

55-84

53%

85-100

34%

בעקבות **ההרצאה של ד"ר רון בלונדר ולאורית מולווידזון "מטרות ההוראה"** הגדרנו את המטלות בכל שאלה **כתוצרי למידה** - מה יהיו התלמידים מסוגלים לעשות כתוצאה מפעילות הלמידה.

תוצרי למידה מבטאים את מה שמצופה מהתלמיד לבצע בתום תקופת הלמידה.

גישה המבוססת על תוצרי למידה היא גישה ממוקדת תלמיד

**הטקסונומיה של בלום בתחום הקוגניטיבי:**

• החשיבה מתחלקת לשש רמות מורכבות.

• תהליכי החשיבה השונים מאורגנים בסדר היררכי.

• כל רמה תלויה ביכולת לפעול ברמות שתחתיה.

• ההוראה והלמידה הן תהליכים מתמשכים.

• המורה צריך לגרות את התלמידים להניע את תהליכי החשיבה שלהם כלפי מעלה עד לשלבים הגבוהים של סינתזה והערכה.

****

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

**ידע**: יכולת להיזכר או לזכור עובדות, יכולת של שליפת מידע מהזיכרון - פרטים, דרכים, אמצעים ועוד.

דוגמה לשאלה: מהי טמפרטורת הרתיחה של המים?

**הבנה**: יכולת להבין ולפרש מידע שנלמד, 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 להשתמש בחומר הנלמד במצבים חדשים, כלומר, להשתמש ברעיונות ומושגים לפתרון בעיות, יכולת ליישם את הידע הנרכש בהקשרים שונים ובמצבים חדשים.

דוגמה לשאלה: הסבר מדוע פרכלורואתן, C2Cl4 , הוא נוזל ואילו אתן, C2H4 , הוא גז.

**אנליזה (ניתוח)**: יכולת לפרק מידע למרכיביו, כלומר לחפש אחר קשרים פנימיים ורעיונות,

יכולת לנתח את הנתונים, להבחין בין עובדות להנחות, בין עיקר לטפל.

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

התרחשה תגובה. אילו תוצרים יכולים להתקבל בתגובה זו?

1. O2(g) ו- I2(aq)  2. O2(g) ו- IO4−(aq) 3. OH−(aq) ו- I2(aq) 4. OH−(aq) ו- IO−(aq)

**סינתזה**:יכולת לחבר חלקים יחדיו ולהבין באמצעותם את התמונה השלמה, יכולת להרכיב תוצר ממרכיביו - יכולת לשער, להמציא.

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

**הערכה**: יכולת לשפוט ולהעריך מידע למטרה מסוימת, יכולת שיפוט איכותי וכמותי של תוצר על פי קריטריונים.

לדוגמה: שיפוט רעיון, המצאה מדעית.

ניתוח התוצאות של שאלה 1 - החלק הרב ברירתי

**בבחינת הבגרות תשע"ד**

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

**ציון ממוצע של שאלה 1 הוא 80**

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

41-54

8%

0-40

8%

55-84

26%

85-100

58%

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| נושא | מבנה האטום | מבנה וקישור | מבנה וקישור וחמצון-חיזור | סטויכיומטריה | | חמצון-חיזור | חומצות ובסיסים | חומצות אמיניות |
| סעיף | א | ב | ג | ד | ה | ו | ז | ח |
| ציון | **63** | **99** | **83** | **67** | **76** | **94** | **82** | **75** |
| רמת חשיבה | יישום | יישום | הבנה | יישום | אנליזה | יישום | יישום | יישום |

**מבנה וקישור**

# מבנה האטום

**סטויכיומטריה**

**סטויכיומטריה**

**חומצות ובסיסים**

**חומצות אמיניות**

**חמצון-חיזור**

**מבנה וקישור וחמצון-חיזור חמצון-חיזור**

**ח ז ו ה ד ג ב א**

**מס' השאלה**

**%**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

**63**

**76**

**83**

**67**

**75**

**99**

**94**

**82**

**\***

**\***

## שאלה 1

# ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 80

סעיף א' מבנה האטום

האותיות d , c , b , a מסמלות אטומים של ארבעה יסודות הנמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית. בטבלה שלפניך מוצג מספר אלקטרוני הערכיות באטומים אלה.

|  |  |
| --- | --- |
| האטום | **מספר**  **אלקטרוני הערכיות** |
| a | 1 |
| b | 2 |
| c | 6 |
| d | 7 |

מהי הקביעה הנכונה?

**63% 1. הרדיוס של אטום a גדול מהרדיוס של אטום b .**

24% 2. אטום b יכול להתקשר לאטום с בקשר קוולנטי כפול.

5% 3. אנרגיית היינון של אטום c גבוהה מאנרגיית היינון של אטום d .

8% 4. היערכות האלקטרונים באטום d היא 2 , 5 .

**הנימוק:**

אטומי היסודות הנתונים נמצאים באותה שורה (מחזור) בטבלה המחזורית. רדיוס אטומי קטן לאורך השורה, מפני שהמטען הגרעיני של אטומים עולה. מספר הפרוטונים בגרעין של אטום a קטן ממספר הפרוטונים בגרעין של אטום b , לכן כוחות המשיכה בין גרעין לאלקטרונים באטום a חלשים יותר. כתוצאה מכך הרדיוס של אטום a גדול מהרדיוס של אטום b .

מסיח 2 אינו נכון, כי אטום b הוא אטום של מתכת מטור שני (כגון מגנזיום) ואטום c הוא אטום של אל-מתכת מטור שישי, כגון חמצן. תרכובת, שיכולה להיווצר מהיסודות b ו- c , היא תרכובת יונית והקשרים שקיימים בה הם קשרים יוניים בין יונים חיוביים b2+ ליונים שליליים c2− .

מסיח 3 אינו נכון, כי אנרגיית היינון הראשונה של אטומי היסודות עולה לאורך השורה. מספר הפרוטונים בגרעין של אטום c קטן ממספר הפרוטונים בגרעין של אטום d , לכן כוחות המשיכה בין הגרעין של אטום c חלשים יותר מאלה שבאטום d . כתוצאה מכך אנרגיית היינון של אטום c נמוכה מאנרגיית היינון של אטום d .

מסיח 4 אינו נכון, כי היערכות האלקטרונים באטום d צריכה להסתיים בספרה 7 - מספר אלקטרוני ערכיות באטום זה.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ ליישם את הידע במבנה של הטבלה המחזורית: שורות (מחזורים) וטורים.

⮘ להגדיר מהם אלקטרוני ערכיות.

⮘ לקשר בין מספר אלקטרוני ערכיות באטום לבין מיקום של אטום היסוד בשורה של הטבלה המחזורית ולבין מספר פרוטונים בגרעין של אטום היסוד.

⮘ לתאר ולהסביר את מגמת הירידה ברדיוס אטומי של אטומי היסודות לאורך שורה בטבלה המחזורית.

⮘ לתאר ולהסביר את מגמת העלייה באנרגיית היינון הראשונה של אטומי היסודות לאורך שורה בטבלה המחזורית.

⮘ להבחין בין קשר יוני לקשר קוולנטי.

⮘ לקבוע אילו תרכובות - יוניות או מולקולריות, נוצרות בין מתכת ועל-מתכת ואילו - בין על-מתכות.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון די נמוך.

המסיחים מתייחסים למושגים שונים: רדיוס אטומי, קישור כימי, אנרגיית יינון, היערכות אלקטרונים ברמות אנרגיה.

24% מהתלמידים, שבחרו במסיח 2 , אינם מבחינים בין קשר קוולנטי בין קשר יוני, בין תרכובת מולקולרית לבין תרכובת יונית. הם מתקשים לקבוע את סוג התרכובת שעשויה להיווצר בין היסודות הנתונים.

8% מהתלמידים בחרו במסיח 4 . תלמידים אלה אינם מבדילים בין מספר אלקטרוני ערכיות באטום לבין מספר כולל של אלקטרונים באטום, יתכן שלא מבינים מהם אלקטרוני ערכיות.

5% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3 , לא יודעים את המגמה של השתנות אנרגיית היינון בשורה במערכה המחזורית.

מומלץ להבהיר לתלמידים מהו הקשר בין מספר אלקטרוני הערכיות באטום נתון לבין מספר הטור שבו נמצא אטום היסוד בטבלה המחזורית, ומכאן להמשיך לקשר בין מיקום של אטום היסוד בטבלה המחזורית לבין תכונותיו.

מומלץ להיעזר בניתוחי בגרות משנים קודמות ולפתור עם התלמידים תרגילים מתאימים, כגון: סעיף א' בשאלה 1 בניתוח בגרות תשע"ג, סעיפים א' ו- ב' בשאלה 1 בניתוח בגרות תשע"ב, סעיף א' בשאלה 1 בניתוח בגרות תשע"א, סעיף א' בשאלה 1 בניתוח בגרות תשס"ט.

אפשר להרחיב את השאלה הנוכחית באופן הבא:

האותיות d , c , b , a מסמלות אטומים של ארבעה יסודות הנמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית.

א. בטבלה I שלפניך מוצג מספר אלקטרוני הערכיות באטומים אלה.

השלם את הטבלה.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| אטום היסוד | מספר אלקטרוני ערכיות באטום | מספר הטור בטבלה המחזורית שבו נמצא אטום היסוד | אטום של מתכת או של אל-מתכת |
| a | 1 |  |  |
| b | 2 |  |  |
| c | 6 |  |  |
| d | 7 |  |  |

ב. טבלה II שלפניך מתייחסת לתרכובות הנוצרות בתגובות בין היסודות הנתונים.

השלם את הטבלה.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| יסודות המגיבות ביניהם ליצירת התרכובת | נוסחת התרכובת שנוצרת בתגובה | החלקיקים שמהם מורכבת התרכובת | סוגי הקשרים הקיימים בין  חלקיקי התרכובת |
| a מגיב עם c |  |  |  |
| a מגיב עם d |  |  |  |
| b מגיב עם c |  |  |  |
| b מגיב עם d |  |  |  |
| c מגיב עם d |  |  |  |

מומלץ להיעזר באנימציות ממוחשבות ובסרטונים המתארים את מבנה האטום ואת המערכה המחזורית, לדוגמה:

- סימולציות של PhET Colorado "הרכב אטום". הקישור נמצא באתר המפמ"ר:

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

- סרטון "המערכה המחזורית":

<https://www.youtube.com/watch?v=ztP-wQmWJo4>

סעיף ב' מבנה וקישור

לפניך ארבעה היגדים הנוגעים לקשרים קוולנטיים.

מהו ההיגד הנכון?

- 1. אורך הקשר C = C שווה לאורך הקשר C = O .

1% 2. אורך הקשר C − H שווה לאורך הקשר N − H .

**99% 3. אנרגיית הקשר C = C גדולה מאנרגיית הקשר C − C .**

- 4. אנרגיית הקשר C ≡ C גדולה מאנרגיית הקשר C ≡ N .

**הנימוק:**

שני הקשרים C = C ו- C − C הם קשרים קוולנטיים טהורים. בקשר יחיד פועלים כוחות משיכה בין זוג אחד של אלקטרוני קשר לגרעיני האטומים המשתתפים בקשר. בקשר כפול פועלים כוחות משיכה בין שני זוגות אלקטרוני קשר לגרעינים. לכן פועלים יותר כוחות משיכה בקשר הכפול (וזאת על אף הדחייה הרבה יותר בין אלקטרוני הקשר במקרה של קשר כפול). מכאן האנרגיה הדרושה לפירוק הקשר גדולה יותר.

מסיח 1 אינו נכון, כי אורך הקשר C = C אינו שווה לאורך הקשר C = O . בקשר קוולנטי טהור C = C פועלים כוחות משיכה שבין אלקטרוני הקשר לגרעינים. בקשר קוולנטי קוטבי בנוסף לכוחות אלו פועלים כוחות משיכה בין הדו קטבים, ולכן פועלים יותר כוחות משיכה, הגרעינים מתקרבים ואורך הקשר הקוטבי יהיה קצר יותר.

מסיח 2 אינו נכון, כי אורך הקשר C − H אינו שווה לאורך הקשר N − H . הקשר N − H קוטבי יותר מהקשר C − H, כי אלקטרושליליות של אטום N גדולה מזו של אטום C . ככל שהקשר הקוולנטי קוטבי יותר, המטענים החלקיים על הדו קטבים גדולים יותר, ולכן כוחות המשיכה בין המטענים החלקיים יהיו חזקים יותר, הגרעינים יתקרבו ואורך הקשר יהיה קצר יותר.

מסיח 4 אינו נכון, כי אנרגיית הקשר C ≡ C קטנה מאנרגיית הקשר C ≡ N .

הקשר C ≡ N הוא קוטבי והקשר C ≡ C הוא קשר טהור. בקשר קוולנטי טהור פועלים כוחות משיכה שבין אלקטרוני הקשר לגרעינים. בקשר קוולנטי קוטבי בנוסף לכוחות אלו פועלים כוחות משיכה בין הדו קטבים, ולכן פועלים יותר כוחות משיכה. מכאן האנרגיה הדרושה לפירוק הקשר גדולה יותר.

הערה: על פי הסילבוס, התלמידים נדרשים לציין את הגורמים המשפיעים על אנרגיית קשר ועל אורך קשר, אך לא נדרשים לנמק.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להגדיר את הקשר הקוולנטי.

⮘ לקבוע את סוג הקשר הקוולנטי: יחיד, כפול, משולש.

⮘ להסביר את המושגים: אלקטרושליליות, מטען חלקי (חיובי ושלילי).

⮘ להסביר את השפעת הגורמים: סדר קשר, רדיוס אטומים המשתתפים בקשר, קוטביות הקשר - על חוזק קשר, על אנרגיית קשר ועל אורך קשר.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה מאוד. התלמידים ידעו את המושגים הדרושים והצליחו ליישם את הידע.

אפשר להרחיב את השאלה הנוכחית באופן הבא:

לפניך מוצגים מספר קשרים קוולנטיים:

C − C , C − H , C = C , C = O , N − H , C ≡ C , C ≡ N .

א. השלם את הטבלה:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| הקשר | C − C | C − H | C = C | C = O | N − H | C ≡ C | C ≡ N |
| סדר קשר |  |  |  |  |  |  |  |
| קוטביות הקשר |  |  |  |  |  |  |  |

ב. קבע איזה אורך קשר גדול יותר:

i אורך הקשר C = C או אורך הקשר C = O . נמק.

ii אורך הקשר C − H או אורך הקשר N − H. נמק.

ג. קבע באיזה קשר אנרגיית הקשר גדולה יותר:

i אנרגיית הקשר C = C או אנרגיית הקשר C − C . נמק.

ii אנרגיית הקשר C ≡ C או אנרגיית הקשר C ≡ N . נמק.

מומלץ להראות לתלמידים את הסרטון "קשרים כימיים: קשרים קוולנטיים" ולדון בו:

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

סעיף ג' מבנה וקישור וחמצון-חיזור

למולקולה של מתאנאל, CH2O , צורה מישורית משולשת.

לפניך שלושה היגדים I-III:

I. דרגת החמצון של אטום הפחמן במולקולה CH2O היא אפס.

II. במולקולה CH2O יש דו-קוטב קבוע.

III. בחומר CH2O(l) יש קשרי מימן בין המולקולות.

מה הם ההיגדים הנכונים?

**83% 1. I ו- II בלבד.**

8% 2. I ו- III בלבד.

4% 3. II ו- III בלבד.

5% 4. I , II ו- III .

**הנימוק:**

נוסחת המבנה של מולקולת מתאנאל:

H

H

O = C

.

.

.

.

היגדים I ו- II נכונים.

כפי שנתון בשאלה, למולקולה של מתאנאל צורה מישורית משולשת. מולקולה זאת אינה סימטרית, פיזור האלקטרונים על פניה אינו אחיד, כי לאטום החמצן אלקטרושליליות גבוהה מזו של אטום הפחמן. בגלל ההפרש באלקטרושליליות הקשר O = C הוא קוטבי. הקשרם H − C כמעט ולא קוטביים כי ההפרש באלקטרושליליות הוא קטן. לכן המולקולה היא קוטבית: לאטום החמצן מטען חלקי שלילי ועל החלק השני של המולקולה מטען חיובי חלקי.

קביעת דרגת חמצון של אטום הפחמן:

**δ−**

**δ+**

**δ−**

**δ+**

**δ−**

**δ−**

**δ+**

**δ+**

H

H

C

O

.

.

.

.

על כל אטום מימן יש מטען חלקי חיובי **δ+** , כי אלקטרושליליות של אטום מימן קטנה מזו של אטום פחמן. דרגת החמצון של כל אחד מאטומי המימן היא .

על אטום חמצן יש מטען חלקי שלילי **δ− δ−** , כי אלקטרושליליות של אטום חמצן גבוהה מזו של אטום פחמן. דרגת החמצון של אטום החמצן היא .

−2

על אטום פחמן יהיו גם מטען חיובי חלקי **δ+δ+** וגם מטען שלילי חלקי **δ− δ−** , לכן דרגת החמצון שלו היא .

0

+1

היגד III אינו נכון.

בחומר CH2O(l) אין קשרי מימן בין המולקולות, כי במולקולת החומר אין אטום מימן חשוף מאלקטרונים - אף אחד מאטומי מימן לא קשור לאטום חמצן.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לרשום נוסחת מבנה למולקולה כשנתונה נוסחה מולקולרית.

⮘ להסביר מהי אלקטרושליליות.

⮘ לקבוע אם המולקולה קוטבית או בלתי קוטבית - על פי צורתה הגיאומטרית ועל פי ערכי אלקטרושליליות של אטומים.

⮘ לקבוע דרגות חמצון של אטומים במולקולה, כולל מולקולות של תרכובות פחמן.

⮘ לקבוע את סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומר.

⮘ לקבוע אם בחומר קיימים קשרי מימן על פי התנאים לקיום קשרי מימן בין מולקולות החומר.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

83% מהתלמידים קבעו שהיגדים I ו- II נכונים. הם הצליחו לקבוע שהמולקולה הנתונה היא קוטבית - על פי צורתה הגיאומטרית ועל פי ערכי אלקטרושליליות של אטומים.

17% מהתלמידים טעו - הם קבעו שבחומר CH2O(l) יש קשרי מימן בין מולקולות. תלמידים אלה

ידעו שבין מולקולות המכילות אטומי מימן וחמצן יכולים להיווצר קשרי מימן, אך התעלמו מכך שבמולקולות של החומר הנתון אין אטום מימן חשוף מאלקטרונים, שקשור לאטום חמצן, ולכן בין מולקולות החומר לא נוצרים קשרי מימן.

8% מהתלמידים, שבחרו במסיח 2 , טעו גם בקביעת קוטביות של מולקולה CH2O .

4% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3 , טעו גם בקביעת דרגת חמצון של אטום C במולקולה CH2O .

מומלץ להרגיל את התלמידים לרשום נוסחת מבנה למולקולה כשנתונה נוסחה מולקולרית. כך יהיה לתלמידים קל יותר לקבוע בין אילו אטומים יש קשרים קוולנטיים, ומכאן לעבור לקביעה של קוטביות המולקולה ולקביעת סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומר המורכב מהמולקולות הנתונות.

לשני הסעיפים - א' ו-ב', מתאים יישומון "קוטביות של מולקולה" באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=912>

סעיף ד' סטויכיומטריה

במעבדה ובתעשייה מפיקים ברום, Br2(l) , על פי התגובה:

2Br−(aq) + Cl2(g) → 2Cl−(aq) + Br2(l)

לתוך 200 מ"ל תמיסה מימית שהכילה יוני ברום, Br−(aq) , הזרימו 500 מ"ל גז כלור,Cl2(g) .

החומרים הגיבו בשלמות. בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז היה 25 ליטר.

מהו הריכוז של יוני Cl−(aq) בתום התגובה?

11% 1. 0.02 M

14% 2. 0.0285 M

8% 3. 0.1 M

**67% 4.** 0.2 M

**הנימוק:**

25

liter

mol

0.5 liter

= 0.02 mol

= **0.2 M**

0.04 mol

0.2 liter

2Br−(aq) + Cl2(g) → 2Cl−(aq) + Br2(l)

מספר מולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

נפח התמיסה נתון/נדרש

בניסוי ספציפי (ליטר)

יחס המולים בניסוח תגובה

נפח מולרי של גז בתנאי הניסוי (ליטר למול)

נפח הגז נתון/נדרש

בניסוי ספציפי (ליטר)

ריכוז מולרי של מומס בתמיסה (M)

25

2 1 2 1 0.01

0.5

0.2

**0.2**

0.02 0.04 0.01

מספר המולים שלCl2(g) שהגיבו:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ- 1 מולCl2(g) מתקבלים 2 מול יוני Cl−(aq) ,

לכן מספר המולים של יוני Cl−(aq) , שהתקבלו: 0.04 mol

הריכוז של יוני Cl−(aq) בתום התגובה:

או:

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ להשתמש בנוסחאות ובשיטות המתאימות לסוגים שונים של חישובים סטויכיומטריים: נפח ונפח מולרי של גז בתנאים מסוימים, נפח תמיסה וריכוז תמיסה.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון נמוך יחסית.

14% מהתלמידים בחרו במסיח 2 . תלמידים אלה לא הבחינו בין נפח הגז לבין נפח התמיסה, חיברו נפחים אלה והתייחסו אל הסכום כאל נפח התמיסה. בנוסף הם לא לקחו בחשבון את יחס המולים בניסוח התגובה. לכן בחישוב הריכוז של יוני Cl−(aq) בתום התגובה קיבלו:

*= 0.0285 M*

*0.02 mol*

*0.7 liter*

*= 0.1 M*

*0.02 mol*

*0.2 liter*

11% מהתלמידים, שבחרו במסיח 1 , כנראה טעו בחישוב הריכוז של יוני Cl−(aq) .

8% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3 , לא לקחו בחשבון את יחס המולים בניסוח התגובה וקיבלו:

מומלץ בתרגול של חישובים סטויכיומטריים לפתור תרגילים המשלבים נתונים על נפח הגז

ונפח התמיסה המימית. שאלה לדוגמה:

גופרית תלת-חמצנית,SO3(g) , מגיבה עם אדי מים על פי התגובה:

SO3(g) + H2O(g) → H2SO4(l)

ביצעו תגובה זו בתנאים קבועים. נפח מולרי של גז בתנאי הניסוי היה 30 ליטר.

הגיבו 0.2 מולSO3(g) עם כמות מתאימה של אדי מים.

א. מהו הנפח שלSO3(g) שהגיב? פרט את חישוביך.

ב. מהי המסה של חומצה גופרתית, H2SO4(l) , שהתקבלה בניסוי? פרט את חישוביך.

ג. מכל הכמות של H2SO4(l) , שהתקבלה בניסוי, הכינו תמיסה מימית בריכוז 0.1M .

מהו הנפח של התמיסה שהתקבלה? פרט את חישוביך.

פתרון:

98

gr

mol

liter

mol

30 × 0.2 mol = **6 liter**

98 × 0.2 mol = **19.6 gr**

gr

mol

= **2 liter**

0.2 mol

0.1

mol

liter

א. הנפח שלSO3(g) שהגיב:

ב. יחס המולים בניסוח תגובה בין SO3(g) ל- H2SO4(l) הוא 1:1 ,

לכן מספר המולים שלH2SO4(l) שהתקבל הוא 0.2 mol

המסה המולרית של H2SO4(l) :

המסה של H2SO4(l) שהתקבלה:

ג. נפח התמיסה שהתקבלה:

או טבלה מסכמת:

98

SO3(g) + H2O(g) → H2SO4(l)

יחס המולים בניסוח תגובה

מסה מולרית (גרם למול)

מספר המולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

נפח התמיסה נתון/נדרש

בניסוי ספציפי (ליטר)

נפח מולרי של גז בתנאי הניסוי (ליטר למול)

נפח הגז נתון/נדרש

בניסוי ספציפי (ליטר)

ריכוז מולרי של מומס בתמיסה (M)

מסה נתונה/נדרשת

בניסוי ספציפי (גרם)

1 1 1 0.01

30

**6**

**19.6**

0.2 0.2 0.01

0.1

**2**

סעיף ה' סטויכיומטריה

60 מ"ל אמוניה, NH3(g) , הגיבו בשלמות עם 60 מ"ל חמצן, O2(g) .

התקבלו 90 מ"ל אדי מים, H2O(g) , ו- 30 מ"ל של גז נוסף.

כל הנפחים נמדדו באותם תנאים של טמפרטורה ולחץ.

מהו הגז הנוסף שהתקבל בתגובה?

6% 1. N2(g)

**76% 2. N2O(g)**

16% 3. NO(g)

2% 4. NO2(g)

**הנימוק:**

על פי השערת אבוגדרו, באותם תנאי לחץ וטמפרטורה, יחסי הנפחים של גזים זהים ליחסי המולים של גזים.

… NH3(g) + …O2(g) → …H2O(g) + … NxOy(g)

הנפחים של הגזים

60 ml 60 ml 90 ml 30 ml 0.01

יחס המולים של הגזים בניסוח התגובה = יחס הנפחים של הגזים

2 2 3 1 0.01

הניסוח המאוזן של התגובה הוא:

2NH3(g) + 2O2(g) → 3H2O(g) + NxOy(g)

במגיבים: ב- 2 מול מולקולות של NH3(g) יש 2 מול אטומי N ,

וב- 2 מול מולקולות של O2(g) יש 4 מול אטומי O .

בתוצרים: במול מולקולות של NxOy(g) צריך להיות 2 מול אטומי N .

ב- 3 מולים מולקולות של H2O(g) יש 3 מול אטומי O .

לכן במול מולקולות של NxOy(g) צריך להיות 1 מול אטומי O .

לכן הגז הנוסף הוא N2O(g) .

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לנסח תגובה על פי מידע מילולי.

⮘ ליישם השערת אבוגדרו: באותם תנאי לחץ וטמפרטורה, יחסי הנפחים של גזים זהים ליחסי המולים של גזים.

⮘ לקבוע את נוסחת החומר המשתתף בתגובה, כשגם המגיבים וגם התוצרים הם גזים - אם נתונים נפחי הגזים ונוסחאות של שאר החומרים.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

רוב התלמידים קבעו נכון את נוסחת התרכובת על פי נתוני השאלה.

24% מהתלמידים טעו. כנראה הם ידעו את השערת אבוגדרו, והטעויות נבעו מספירה לא נכונה של המולים של אטומי החומרים בשלב השני של הפתרון.

16% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3 , התייחסו כנראה ליחס 1:1 בין מספר המולים של אמוניה וחמצן במגיבים, וסברו שאותו יחס קיים גם בין מספר המולים של התוצרים.

6% מהתלמידים, שבחרו במסיח 1 , לא ספרו את המולים של אטומי החמצן, אלא התייחסו רק למספר המולים של אטומי החנקן במולקולות אמוניה.

2% מהתלמידים, שבחרו במסיח 4 , לא ספרו את המולים של אטומי החמצן במולקולות המים, אלא התייחסו רק למולקולות המגיבים.

מומלץ לתרגל עם התלמידים שאלות מסוג זה. שאלות לדוגמה:

שאלה 1

בפירוק 100 מ"ל תרכובת גזית, שהמולקולות שלה מכילות אטומי חנקן וכלור בלבד, התקבלו 50 מ"ל חנקן, N2(g) , ו- 150 מ"ל כלור, Cl2(g) . כל המדידות נעשו באותם תנאי לחץ וטמפרטורה.

נוסחת התרכובת היא:

1. N3Cl

2. N3Cl6

3. N2Cl6

**4. NCl3**

שאלה 2

תרכובת גזית בנפח 1 ליטר הגיבה בשלמות עם 3 ליטר חמצן, O2(g) .

התקבלו 2 ליטר NO2(g) ו- 2 ליטר H2O(g) .

כל הנפחים נמדדו באותם תנאי טמפרטורה ולחץ.

מהי נוסחת התרכובת הגזית?

1. NH3

**2. N2H4**

3. N2H2

4. HNO3

סעיף ו' חמצון-חיזור

נתונות ארבע מתכות המדורגות לפי הכושר היחסי שלהן לחזר.

Cd(s) > Ni(s) > Pb(s) > Ag(s)

בטבלה שלפניך מידע על ארבעה ניסויים, d-a , שבוצעו במעבדה.

בכל ניסוי טבלו פס מתכת בתמיסה מימית שהכילה יוני מתכת.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| המתכת  יוני המתכת | Ag(s) | Pb(s) | Ni(s) | Cd(s) |
| Ag+(aq) | a |  |  |  |
| Pb2+(aq) |  |  | b |  |
| Ni2+(aq) |  |  |  | c |
| Cd2+(aq) |  | d |  |  |

באילו מהניסויים התרחשה תגובה?

1% 1. a ו- b בלבד.

**94% 2. b ו- c בלבד.**

4% 3. b ו- d בלבד.

1% 4. a ו- c בלבד.

**הנימוק:**

על פי קטע השורה האלקטרוכימית הנתון, המתכת ניקל, Ni(s) , היא מחזר טוב יותר ממתכת עופרת, Pb(s) , לכן Ni(s) מסוגל לחזר את יוני עופרת, Pb2+(aq) . לכן בניסוי b תתרחש תגובת חמצון-חיזור:

Ni(s) + Pb2+(aq) → Pb(s) + Ni2+(aq)

המתכת קדמיום, Cd(s) , היא מחזר טוב יותר ממתכת ניקל, Ni(s) , לכן Cd(s) מסוגל לחזר את יוני ניקל, Ni2+(aq) . לכן בניסוי c תתרחש תגובת חמצון-חיזור:

Cd(s) + Ni2+(aq) → Ni(s) + Cd2+(aq)

בניסוי a לא תתרחש תגובה, כי המתכת כסף, Ag(s) , אינה מגיבה עם היונים שלה, Ag+(aq) .

בניסוי d לא תתרחש תגובה, כי המתכת עופרת, Pb(s) , היא מחזר חלש יותר מהמתכת קדמיום, Cd(s) , לכן Pb(s) לא מסוגלת לחזר את יוני קדמיום, Cd2+(aq) .

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להסביר מהם תהליכי חמצון-חיזור, בהתבסס על המושגים הקשורים לתהליכים אלה: מחמצו, מחזר.

⮘ להסביר מהו הכושר היחסי של מתכות לחזר.

⮘ ליישם את הנתונים על הכושר היחסי של מתכות לחזר כדי לקבוע אם תתרחש תגובה בין מתכת מסוימת לבין יוני מתכת אחרת.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

הציון גבוה. כמעט כל התלמידים ידעו את המשמעות של השורה האלקטרוכימית, והצליחו ליישם את הידע בתהליכי חמצון-חיזור, שבהם מתכת מגיבה עם יוני מתכת אחרת.

4% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3 , לא הצליחו להשתמש נכון בנתוני השאלה על הכושר היחסי של המתכות לחזר.

2% מהתלמידים, שבחרו במסיחים 1 ו- 4 , לא הבינו, שבערבוב מתכת עם תמיסת היונים שלה לא מתרחשת תגובה.

מומלץ לתת לתלמידים לבצע ניסויים הדומים לניסויים, המתוארים בשאלה זו, ולבקש מהתלמידים לערוך טבלה לאיסוף התצפיות, לנסח את התגובות המתרחשות, להסביר מדוע מתרחשת או לא מתרחשת תגובה בכל אחד מהניסויים.

מומלץ לתרגל הסבר גם בהתייחס לכושר היחסי של המתכות לחזר וגם בהתייחס לכושר היחסי של יוני המתכות לחמצן.

מומלץ, במקביל לניסויים, לבצע עם התלמידים לומדה קצרה שפותחה על-ידי ד"ר רות בן צבי: המחשת התהליך המתרחש בתמיסה מימית כאשר פס אבץ טובל בתמיסת יוני נחושת.

הלומדה נמצאת באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

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

כמו כן, מומלץ לבצע יחד עם התלמידים סימולציה של ניסוי שבו מתכות שונות טובלות בתמיסות המכילות יונים של מתכות אחרות, אשר פותחה במסגרת התוכנית "כימיה... זה בתוכנו". הפעילות מלווה בדפי העבודה שפותחו על ידי ד"ר שלי ליבנה וד"ר מלכה יאיון:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=37>

סעיף ז' חומצות ובסיסים

לפניך ניסוחים של שלוש תגובות (3)-(1):

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

(2) K2CO3(s) + H2O(l) → 2K+(aq) + HCO3−(aq) + OH−(aq)

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

מהי הקביעה הנכונה?

1

2

4% 1. בתגובה (1) מגיב H2O(l) כחומצה.

13% 2. בתגובה (2) מגיב H2O(l) כבסיס.

1% 3. כאשר מכניסים למים K2CO3(s) מתקבלת תמיסה שה- pH שלה קטן מ- 7 .

**82% 4. כאשר מזרימים CO2(g) לתוך תמיסת סידן הידרוקסידי, Ca(OH)2(aq) ,**

**ה- pH של התמיסה יורד.**

**הנימוק:**

לפי תגובה (3) ניתן לקבוע כי כאשר מזרימים CO2(g) לתוך תמיסת סידן הידרוקסידי, Ca(OH)2(aq) , מתרחשת תגובה שבתוצרים שלה אין יוני הידרוקסיד. לפיכך, ריכוז יוני ההידרוקסיד בתמיסה יורד. כאשר ריכוז יוני הידרוקסיד יורד, pH התמיסה יורד.

מסיח 1 אינו נכון, כי בתגובה (1) מים אינם מגיבים כחומצה. מולקולות המים לא מוסרות פרוטונים, אלא משמשות כמחמצן בתגובת חמצון-חיזור.

מסיח 2 אינו נכון, כי בתגובה (2) מים אינם מגיבים כבסיס אלא כחומצה. מולקולות המים מוסרות פרוטונים ליוני CO32− .

מסיח 3 אינו נכון, כי התמיסה שמתקבלת בתגובה (2) מכילה יוני OH−(aq) , לכן ה- pH שלה גדול מ- 7 .

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ להגדיר מהי חומצה ומהו בסיס.

⮘ לזהות את החלקיקים הפועלים בתגובה כחומצה.

⮘ לזהות את החלקיקים הפועלים בתגובה כבסיס.

⮘ להבחין בין סוגי תגובה: חמצון-חיזור לעומת חומצה בסיס.

⮘ להגדיר מהו pH התמיסה ואת סקלת pH .

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

⮘ להבחין בין תהליכים המתרחשים כשמוסיפים מים לתרכובות יוניות מסוגים שונים: המסה ו/או תגובת חומצה בסיס.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

13% מהתלמידים בחרו במסיח 2 . טעות זו נובעת מחוסר ידע כיצד ניתן לזהות מהו התפקיד של חומר בתגובת חומצה בסיס. תלמידים אלה סברו כי עצם העובדה שנוצרו יוני הידרוקסיד בתמיסה מחייבת שתפקיד המים בתגובה יהיה בסיס.

4% מהתלמידים, שבחרו במסיח 1, טעו בקביעת סוג התגובה. תלמידים אלו סברו שזוהי תגובת חומצה בסיס, ולכן אם המים מגיבים ותוצר התגובה הוא יוני הידרוקסיד הרי שהמים הגיבו כחומצה וכל מולקולה שלהם מסרה פרוטון.

1% מהתלמידים, שבחרו במסיח 3, התבלבלו וקבעו כי בנוכחות יוני הידרוקסיד בתמיסה

pH התמיסה קטן מ- 7.

מומלץ לתרגל עם התלמידים זיהוי של סוג התגובה ולבקש:

- להבחין בין תגובת חמצון-חיזור לבין תגובת חומצה בסיס

- להבחין בין המסת חומר במים לבין תגובה של חומר עם מים

- לקבוע את התפקיד של כל אחד מהמגיבים

- לקבוע את תחום ה- pH של התמיסה בתום התגובה.

שאלה לדוגמה:

לפניך 6 ניסוחי תגובות:

(1) NH4+(aq) + H2O(l) → NH3(g) + H3O+(aq)

(2) Ca(NO3)2(s) → Ca2+(aq) + 2NO3−(aq)

מים

(3) HPO42−(aq) + H2O(l) → H2PO4−(aq) + OH−(aq)

(4) 2Na(s) + 2H3O+(aq) + SO42−(aq) → 2Na+(aq) + SO42−(aq) + H2(g) + 2H2O(l)

(5) 2NaH(s) + 2H2O(l) → 2Na+(aq) + 3H2(g) + 2OH−(aq)

(6) CaCO3(s) + 2H3O+(aq) + SO42−(aq) → CaSO4(s) + H2O(l)

א. עבור כל אחת מהתגובות ציין את סוג התגובה: חומצה בסיס, חמצון-חיזור, המסה במים או שיקוע.

ב. עבור תגובות חומצה בסיס ציין את החומצה ואת הבסיס.

ג. עבור תגובות חמצון-חיזור ציין את המחמצן ואת המחזר.

ד. עבור כל אחת מהתגובות ציין אם pH התמיסה בתום התגובה גדול מ- 7 , קטן מ- 7

או שווה ל- 7 . הנח שבכל התגובות המגיבים הגיבו בשלמות.

סעיף ח' חומצות אמיניות

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה גלוטמית.

O

−O

O

NH3+

O−

O

HO

O

NH2

OH

מהו המשפט הנכון?

1% 1. הנוסחה המולקולרית של חומצה גלוטמית היא C5H4NO4 .

12% 2. בנוסחת המבנה של חומצה גלוטמית, הקבוצה הצדדית, R , היא -COOH .

**75% 3. בתמיסה מימית, ב- pH = 7 , המטען הכולל על חלקיקי החומצה הגלוטמית**

**הוא (−1).**

12% 4. חומצה גלוטמית היא נוזל בטמפרטורת החדר.

**הנימוק:**

בתמיסה מימית, ב- pH = 7 , כל אחת מקבוצות הקרבוקסיליות במולקולות החומצה הגלוטמית מגיבה עם מים כחומצה - מוסרת פרוטון, ונטענת במטען שלילי (−1).

הקבוצה האמינית מגיבה עם מים כבסיס - קולטת פרוטון, ונטענת במטען חיובי (+1).

המטען הכולל על חלקיק החומצה הגלוטמית הוא (−1).

מסיח 1 אינו נכון, כי הנוסחה המולקולרית של חומצה גלוטמית היא C5H9NO4 .

מסיח 2 אינו נכון, כי הקבוצה הצדדית היא -CH2CH2COOH .

מסיח 4 אינו נכון, כי חומצה גלוטמית היא מוצק בטמפרטורת החדר.

במצב מוצק החלקיקים של חומצות אמיניות, כולל חומצה גלוטמית מצויים בצורה של "דו-יון":

במצב מוצק, בין חלקיקי החומצה הגלוטמית נוצרים כוחות משיכה אלקטרוסטטיים בין הקבוצות הטעונות מטען מנוגד. כוחות אלה חזקים, לכן דרושה אנרגיה רבה כדי לנתק אותם.

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

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לקבוע נוסחה מולקולרית של חומצה אמינית על פי ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה.

⮘ לקבוע מהי הקבוצה הצדדית,R , על פי ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה אמינית.

⮘ ליישם את הידע על כך שבתמיסה מימית, ב- pH = 7 , מולקולה של חומצה אמינית נטענת בכל הקצוות אשר יכולים להיטען, כולל הקבוצות הצדדיות.

⮘ לקבוע את המטענים של קצה אמיני ושל קצה קרבוקסילי, ב- pH=7 .

⮘ לקבוע שחומצות אמיניות הן סוג של חומרים יוניים, ולכן מוצקים בטמפרטורת החדר.

**סיבות אפשריות לטעויות:**

12% מהתלמידים, שבחרו במסיח 2 , מתקשים לעבוד עם ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה אמינית. הם לא הבחינו בכך שהקבוצה הצדדית במולקולה של חומצה גלוטמית מכילה, בנוסף לקבוצת -COOH גם קבוצות -CH2- .

12% מהתלמידים, שבחרו במסיח 4 , התייחסו אל חומצה גלוטמית כאל חומר מולקולרי. הם לא

ידעו, כי חומצות אמיניות הן חומרים יוניים, ולכן הם מוצקים בטמפרטורת החדר.

1% מהתלמידים בחרו במסיח 1 . טעות זו מעידה על חוסר ידיעה כיצד לקבוע מהי הנוסחה המולקולרית של חומר לפי הייצוג המקוצר של נוסחת המבנה שלו. תלמידים אלו זיהו את האטומים הרשומים בנוסחה בלבד. הם ידעו לספור את מספר אטומי הפחמן לפי מספר הקודקודים בייצוג המקוצר, אך לא ידעו כי יש להוסיף אטומי מימן שאינם מוצגים בייצוג המקוצר.

מומלץ לתרגל עם התלמידים:

- מעבר בין צורות ייצוג שונות של חומצות אמיניות: ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה, נוסחת מבנה מלאה, מבנים שונים של חלקיקי חומצות אמיניות, מיקום קבוצה צדדית, R .

- יינון של חומצות אמיניות שונות בתמיסה מימית, כולל קבוצה קרבוקסילים וקבוצה אמינית בקבוצה צדדית, R .

ניתוח התוצאות של שאלות פתוחות

**בבחינת הבגרות תשע"ד**

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

בטבלה הבאה מופיעים ממצאים סטטיסטיים שדווחו על-ידי מכון סאלד.

ממצאים אלה מתבססים על **10364** נבחנים.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| מס' שאלה | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| נושא | | ניתוח קטע ממאמר מדעי | מבנה  האטום,  קישור  ותכונות של חומרים | מבנה, קישור  ותכונות של חומרים | סטויכיו-  מטריה | חמצון- חיזור וסטויכיו-  מטריה | וחומצות ובסיסים  וסטויכיו-  מטריה | כימיה של  מזון |
| ציון ממוצע | | **79** | **67** | **65** | **81** | **74** | **71** | **76** |
| % תלמידים  שבחרו בשאלה | | 100% | 31% | 71% | 55% | 28% | 65% | 46% |
| %  תלמידים  שציונם | 85-100 | 49 | 27 | 19 | 58 | 43 | 35 | 43 |
| 55-84 | 39 | 45 | 53 | 31 | 38 | 44 | 40 |
| 0-54  (0-40) | 12  (5) | 28  (14) | 28  (12) | 11  (6) | 19  (10) | 21  (12) | 17  (8) |

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

**תלמידים זקוקים לתשובות מפורטות יותר!**

שאלה 2

ניתוח קטע ממאמר מדעי - חובה

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 79 פיזור ציונים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה:**

**87**

**93**

**70**

**68**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

41-54

7%

0-40

5%

55-84

39%

85-100

49%

⮘ לנסח תגובת שרפה המתוארת מילולית בשאלה.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לנתח מידע חדש שבקטע המדעי ולהסיק מסקנות לגבי מידע זה.

⮘ לנתח טקסט מדעי ולקשר בין מידע מילולי למידע בצורת גרף.

⮘ ליישם את הידע בנושא "חומצות ובסיסים" כדי לקשר בין תגובת פחמן דו-חמצני עם המים למידת הפליטה CO2(g) לאטמוספרה.

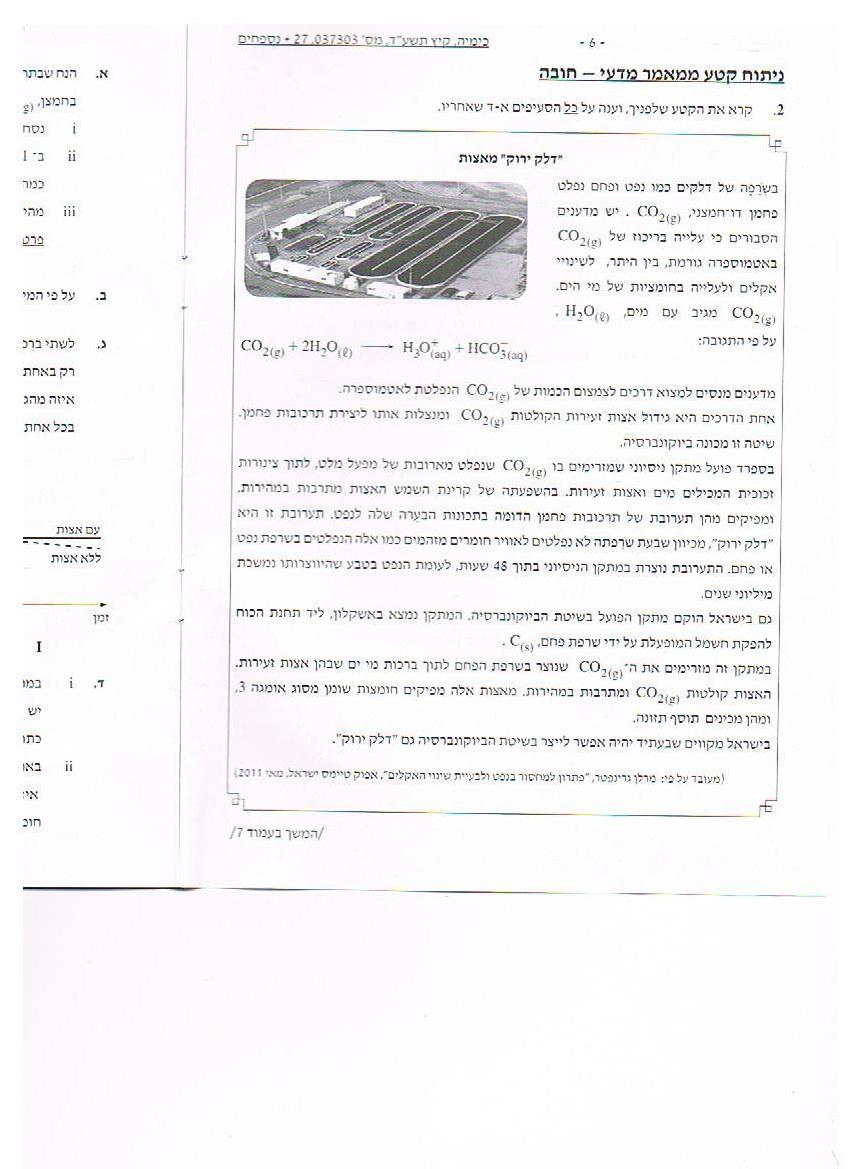
⮘ לרשום צורות ייצוג שונות למולקולות של חומצות שומן.

⮘ לקבוע באיזה ממס עשויות להתמוסס חומצות שומן.

⮘ להסביר את כללי המסיסות על פי כוחות בין מולקולריים העשויים להיווצר בין ממס למומס.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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



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

#### דלק "ירוק" מאצות

בשרפה של דלקים כמו נפט ופחם נפלט פחמן דו-חמצני, CO2(g) . יש מדענים הסבורים כי עלייה בריכוז של CO2(g) באטמוספרה גורמת, בין היתר, לשינויי אקלים ולעלייה בחומציות של מי הים. CO2(g) מגיב עם מים, H2O(l) , על פי התגובה:

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

מדענים מנסים למצוא דרכים לצמצום הכמות של CO2(g) הנפלטת לאטמוספרה.

אחת הדרכים היא גידול אצות זעירות הקולטות CO2(g) ומנצלות אותו ליצירת תרכובות פחמן.

שיטה זו מכונה ביוקונברסיה.

בספרד פועל מתקן ניסיוני שמזרימים בו CO2(g) שנפלט מארובות של מפעל מלט, לתוך צינורות זכוכית המכילים מים ואצות זעירות. בהשפעתה של קרינת השמש האצות מתרבות במהירות, ומפיקים מהם תערובת של תרכובות פחמן הדומה בתכונות הבערה שלה לנפט. תערובת זו היא "דלק ירוק", מכיוון שבעת שרפתה לא נפלטים לאוויר חומרים מזהמים כמו אלה הנפלטים בשרפת נפט או פחם. התערובת נוצרת במתקן ניסיוני בתוך 48 שעות, לעומת הנפט בטבע שהיווצרותו נמשכת מיליוני שנים.

גם בישראל הוקם מתקן הפועל בשיטת הביוקונברסיה. המתקן נמצא באשקלון, ליד תחנת הכוח להפקת חשמל המופעלת על ידי שרפת פחם, C(s) .

במתקן זה מזרימים את ה- CO2(g) שנוצר בשרפת הפחם לתוך ברכות מי ים שבהן אצות זעירות. האצות קולטות CO2(g) ומתרבות במהירות. מאצות אלה מפיקים חומצות שומן מסוג אומגה 3 , ומהן מכינים תוסף תזונה.

בישראל מקווים שבעתיד יהיה אפשר לייצר בשיטת הביוקונברסיה גם "דלק ירוק".

(מעובד על פי: מרלן גרינפטר, "פתרון למחסור בנפט ולבעיית שינוי האקלים", אפוק טיימס ישראל, מאי 2011)

**סעיף א' (הציון87 )**

הנח שבתחנות הכוח בישראל המופעלות על ידי פחם נשרפים בכל שעה 1620 טון פחם, C(s) ,

בחמצן, O2(g) , שבאוויר.

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**89**

**88**

**83**

**תת-סעיף i (הציון 89)**

נסח את תגובת השרפה של פחם.

**התשובה:**

C(s) + O2(g) → CO2(g)

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

הציון גבוה. התלמידים ניסחו את תגובת השרפה של פחם המתוארת בשאלה - הצליחו לתרגם מידע המוצג באופן מילולי לניסוח התגובה. תלמידים מעטים התקשו בכך וטעו ברישום הניסוח:

הוסיפו מים בתוצרים:

• ***C(s) + 2O2(g) → CO2(g) + 2H2O(g)***

רשמו חמצן על החץ:

• ***C(s) → CO2(g)***

ברוב השאלות, שתלמידים פותרים במהלך הלימודים, נתונים ניסוחי תגובות. על פי תוכנית

הלימודים, תלמידים לא צריכים לזכור ניסוחי תגובות (חוץ ממספר תגובות של חומצות ובסיסים).

אך כדי למנוע טעויות שהופיעו בתת-סעיף זה, מומלץ לתת לתלמידים גם תרגילים שבהם מתוארות מילולית תגובות שונות שיש לנסח. בדרך זו אפשר להמחיש את חוק שימור החומר ברמה מיקרוסקופית - בתוצרים לא יכולים להופיע אטומים, שלא היו במגיבים.

כמו כן מומלץ להדגים את התגובות תוך זיהוי חומרים שנוצרו ולהשוות את הרכבם עם הרכב המגיבים.

שניים מהניסויים שאפשר לבצע למטרה זו:

**ניסוי 1: סינתזה ופירוק של מים**

חומרים וציוד:

- תמיסת KNO3(aq) 10%

- מתקן להפקת מימן עם פקק וצינור

- 2 מבחנות יבשות

- מתקן לאלקטרוליזה עם שתי מבחנות

על האלקטרודות

- 2 שיפודים

- נייר קובלט

- 5-7 גרגרי אבץ

- תמיסת HCl(aq) 35%

מהלך הניסוי:

**סינתזה**

1. למתקן להפקת מימן מכניסים גרגרי אבץ, מוסיפים תמיסת HCl(aq) וסוגרים במהירות בפקק. מכניסים צינור למבחנה שנייה.

2. לאחר דקה - שתיים מוצאים את הצינור, מרחיקים את המתקן, מדליקים שיפוד ומפוצצים את המימן.

3. על דופן המבחנה ניתן לראות טיפות נוזל. בעזרת נייר קובלט מגלים שהטיפות האלה הן טיפות מים.

**פירוק**

1. מוסיפים תמיסת KNO3(aq) למתקן לאלקטרוליזה ומפעילים את המתקן.

2. כאשר המבחנה עם מימן כמעט מלאה, מנתקים את הזרם, מרימים מתחת לפני התמיסה את המבחנה עם מימן, כדי להוציא תמיסה, שנשארה במבחנה וסוגרים במהירות את המבחנות (אפשר לסגור עם אצבע). מגלים מימן בעזרת שיפוד בוער.

3. מבצעים אותה פעולה עם מבחנה עם חמצן. מזהים חמצן בעזרת שיפוד עומם.

**המסקנה**: מגיבים ותוצרים מורכבים מאותם אטומים.

H2(g) + O2(g) → H2O(l)

H2O(l) → H2(g) + O2(g)

**ניסוי 2: תוצרים של שרפת נר**

חומרים וציוד:

- נר

- זכוכית נושאת

- מלקחיים

- מבחנה יבשה

- מי סיד

- נייר קובלט

- אטב מבחנות

מהלך הניסוי:

1. מדליקים את הנר ובעזרת מלקחיים מכניסים לאזור כהה של הלהבה זכוכית נושאת.

2 מחזיקים מבחנה הפוכה מעל הלהבה. לאחר שצופים בטיפות הנוזל על דפנות המבחנה, מכבים את הנר ומעברים קצת מהטיפות על נייר קובלט.

3. מוסיפים למבחנה 1-2 מ"ל מי סיד ומנערים.

רקע:

שעווה, שממנה עשוי נר, היא תערובת של אלקאנים עם מסה מולרית גבוהה: C35H74 - C18H38 .

בחלק הכהה של הלהבה לא מתרחשת שרפה מלאה ולכן נוצר פחם, למשל:

2С18Н38(s) + 19O2(g) → 36C(s) + 38H2O(l)

בשרפה מלאה נוצרים פחמן דו-חמצני ומים, למשל:

2С18Н38(s) + 56O2(g) → 36CO2(s) + 38H2O(l)

**המסקנה**: מגיבים ותוצרים מורכבים מאותם אטומים.

**תת-סעיף ii (הציון 88)**

ב- 1 טון יש 1,000,000 גרם (1×106 גרם).

כמה מול פחם נשרף בכל שעה בתחנות הכוח אלה? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

= 1.35·108 mol

1.62·109 gr

12

gr

mol

12

gr

mol

המסה המולרית של C(s) :

מסת הפחם: 1620 ton = 1.62·109 gr

מספר המולים של פחם:

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

הציון גבוה. רוב התלמידים מבצעים נכון חישובים סטויכיומטריים בסיסיים.

הטעויות המעטות שאותרו הן:

⬩ התעלמות מהנתון שבכל שעה נשרפים 1620 טון פחם וביצוע חישובים על פי 1 טון.

⬩ אי-התאמת יחידות - חילוק 1620 טון ב- 12 גרם למול.

**תת-סעיף iii (הציון 83)**

מהי המסה של CO2(g) שנפלטת לאטמוספרה בכל שעה מתחנות הכוח האלה? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

מסה נתונה/נדרשת

בניסוי ספציפי (גרם)

מסה מולרית (גרם למול)

מספר מולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

יחס המולים בניסוח תגובה

C(s) + O2(g) → CO2(g)

1 1 1

12 44

1.35·108 1.35·108

1.62·109 5.94·109

gr

mol

44 × 1.35·108 mol = 5.94·109 gr (= 5940 ton)

44

gr

mol

המסה המולרית של CO2(g):

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול CO2(g) מתקבל מ- 1 מול C(s) ,

לכן מספר המולים של CO2(g) שנפלט בכל שעה: 1.35·108 mol

המסה של CO2(g) שנפלט בכל שעה:

או: טבלה מסכמת לתת-סעיפים א' iii-ii:

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

תת-סעיף זה הוא המשך החישובים מתת-סעיף א' ii . רוב התלמידים הצליחו לבצע חישובים סטויכיומטריים אלה.

הטעויות שאותרו הן:

⬩ התייחסות ליחס המסות של החומרים במקום ליחס המולים:

• "על פי היחס בניסוח התגובה, המסה של ***CO2(g)*** שווה למסה של ***C(s)***."

⬩ אי-רישום יחידות.

**סעיף ב' (הציון93 )**

על פי המידע שבקטע, ציין שני יתרונות לשימוש בשיטת הביוקונברסיה.

**התשובה:**

שני יתרונות מבין:

- צמצום פליטת CO2(g) לאטמוספרה.

- "הדלק הירוק" אינו פולט חומרים מזהמים לאטמוספרה בעת שרפתו (או: צמצום זיהום הסביבה; או: נמנעת עלייה בחומציות מי הים).

- "הדלק הירוק" נוצר בפרק זמן קצר (48 שעות).

- ניתן להפיק חומצות שומן מסוג אומגה 3 (או: ניצול CO2(g) המתקבל בשרפת נפט או פחם).

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים ניתחו מידע חדש שבקטע המדעי והסיקו מסקנות לגבי השימוש בשיטה המתוארת.

תלמידים מעטים לא הצליחו לפרש את המידע שבמאמר וכתבו:

• "ממצים ביוקונברסיה מאצות."

• "אצות קולטות פחמן במהירות."

**סעיף ג' (הציון70 )**

**III II I**

7.6

זמן

pH

7.0

ללא אצות

עם אצות

7.6

זמן

pH

7.0

ללא אצות

עם אצות

7.6

זמן

pH

7.0

ללא אצות

עם אצות

לשתי ברכות, שהכילו אותו נפח של מי ים, הזרימו CO2(g) באותו קצב.

רק באחת מהברכות היו אצות. שאר התנאים היו זהים.

איזה מהגרפים I-III שלפניך מתאר את שינוי ה- pH של מי הים עם הזמן, בכל אחת מהברכות? נמק.

**התשובה:**

גרף I .

בברכה שבה גדלות אצות, ה- CO2(g)נקלט על ידי האצות ואינו מגיב עם המים (או: אינו מתמוסס במים), ולכן אין שינוי ב- pH של מי הברכה.

בברכה שבה אין אצות (הקולטות CO2(g)) ה- CO2(g) מגיב עם המים.

נוצרים יוני H3O+(aq) הגורמים לעלייה בחומציות (או: לירידה ב- pH) של מי הברכה).

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

חלק מהתלמידים התקשו לנתח טקסט מדעי ולקשר בין מידע מילולי למידע בצורת גרף וליישם את הידע בנושא "חומצות ובסיסים" כדי לקשר בין תגובת פחמן דו-חמצני עם המים למידת הפליטה CO2(g) לאטמוספרה. הופיעו טעויות בקביעה עם ניסיון להסבירה:

⬩ קשיים בהבנת הקשר בין חומציות המים ל- pH המים:

• "גרף ***III*** , כיוון שמזרימים ***CO2(g)***ואז ריכוז ה- ***CO2(g)***עולה - דבר שגורם לחומציות מי ים. כאשר מוסיפים אצות הן מגיבות עם ***CO2(g -*** דבר הגורם להורדת החומציות מי ים."

• " גרף ***II*** , מפני שבברכה ללא אצות לפי התגובה שבמאמר נוצרים יוני ***H3O+(aq)*** שהינם חומציים. בגרף ***II*** כאשר שופכים ***CO2(g)*** , דרגת ה- ***pH*** עולה."

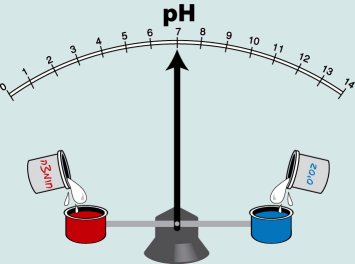
⬩ התייחסות להיווצרות חומצות שומן:

• "גרף ***III*** . במאמר כתוב שמאצות מפיקים חומצות שומן ולפיכך החומציות עולה ו- ***pH*** יורד."

• "הכנסת האצות תוריד ***pH*** כי מפיקים מהן חומצות שומן בעלות קבוצה קרבוקסילית."

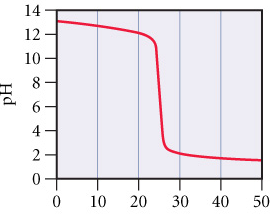
⬩ טעות נוספת היא קביעה שגויה והסבר המתייחס לקו אחד בלבד.

כדי להתגבר על הקשיים שנתגלו בסעיף זה מומלץ להרבות בתרגילים שבהם יש לקשר בין ריכוז יוני H3O+(aq) וריכוז יוני OH−(aq) בתמיסה מימית לבין pH התמיסה. מאחר ועל פי תוכנית הלימודים, הנושא לא נלמד לעומק, מומלץ להיעזר באיור בספר הלימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת ד"ר דבורה קצביץ, רונית ברד, נעמי ארנסט, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע:



אפשר להעמיק בנושא ולפתור עם התלמידים שאלות המכילות עקומות טיטרציה. לדוגמה:

התרחשה תגובת סתירה בין תמיסת HCl(aq) לבין תמיסת NaOH(aq). במהלך התגובה מדדו את pH התמיסה. תוצאות המדידה מוצגות בגרף:



14

12

10

8

6

4

2

0

0

10

20

30

40

50

pH

נפח התמיסה שהוספה (מ"ל)

(1)

(2)

(3)

א. כיצד ביצעו את הניסוי: הוסיפו תמיסת החומצה לתמיסת הבסיס או הוסיפו תמיסת הבסיס לתמיסת החומצה? נמק.

ב. עבור כל אחד מהתחומים המוצגים בגרף (1), (2), (3) קבע:

i הריכוז של אילו יונים גדול יותר: יוני H3O+(aq) או יוני OH−(aq) . נמק.

ii מהו האופי של התמיסה: תמיסה חומצית או תמיסה בסיסית. נמק.

iii מהו טווח הנפחים של התמיסה שהוספה.

ג. על סמך תשובתך לסעיף א צייר גרף המציג את שינוי ה- pH בתמיסה, שבה מבצעים אותה תגובה, אך בסדר הפוך.

**סעיף ד' (הציון 68 )**

**69**

**67**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 67)**

במולקולה של אחת מחומצות השומן מסוג אומגה 3 המופקות מאצות יש 20 אטומי פחמן

ו- 5 קשרים כפולים, כולם במבנה ציס. כתוב רישום מקוצר לחומצת שומן זו.

**התשובה:**

C20:5ω3, cis, cis, cis, cis, cis

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

הציון נמוך יחסית. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. טעויות ברישום מקוצר:

• ***C20:5ω3, cis***

• ***C20:5ω4, cis***

• ***C20:5ω9, cis***

• ***C20:5ω3, 6,9,12,15***

• ***C20:5ω3***

2. רישום נוסחה מולקולרית במקום רישום מקוצר:

מאחר וקיימות צורות ייצוג שונות של חומצות שומן, מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלה, המציגה והמסכמת צורות ייצוג שונות ותפקידן.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **צורת ייצוג** | **ניתן לראות** | **לא ניתן לראות** | **דוגמה** |
| נוסחה מולקולרית | סוגי אטומים ומספרם במולקולה | סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים,  מבנה מרחבי  של מולקולה | C18H34O2 |
| רישום מקוצר | סוגי אטומים ומספרם במולקולה,  סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים | מבנה מרחבי  של מולקולה | C18:1ω9, cis |
| ייצוג מלא לנוסחת מבנה | סוגי אטומים ומספרם במולקולה,  סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים | מבנה מרחבי  של מולקולה | O  HO  O  OH  HO-C-C-C-C-C-C-C-C-C=C-C-C-C-C-C-C-C-C-H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H |
| ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה | סוגי אטומים ומספרם במולקולה,  סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים | מבנה מרחבי  של מולקולה,  לא רשומים אטומי C ואטומי H שקשורים אליהם | או: |
| מודלים מרחביים | סוגי אטומים ומספרם במולקולה,  סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים,  מבנה מרחבי  של מולקולה, | - |  |

ניתן להשתמש בטבלה זו כאשר חלק מהמידע לא כתוב ולבקש מתלמידים להשלים את החסר.

**תת-סעיף ii (הציון 69)**

באחד השלבים בתהליך הפקת חומצות השומן מן האצות משתמשים בממס. איזה מהממסים -

מים, H2O(l) , או הקסאן, C6H14(l) - מתאים להמסת חומצות השומן? הסבר.

**התשובה:**

הקסאן.

בכל מולקולה של חומצות השומן יש חלק הידרופובי גדול (או: שייר פחמימני גדול).

בין המולקולות של חומצות השומן לבין מולקולות הקסאן יכולות להיווצר אינטראקציות ון-דר-ולס, ולכן מסיסותן של חומצות השומן בהקסאן היא טובה.

לפי כך הקסאן הוא הממס המתאים להפרדת חומצות השומן מן האצות.

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

הציון נמוך יחסית. חלק מהתלמידים התקשו לקבוע איזה ממס מתאים להמסת חומצות שומן ולהסביר את קביעתם. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון להסבירה:

• "הממס הטוב ביותר הינו מים מפני שבחומצות השומן קיימות קבוצות קרבוקסיליות היוצרות קשרי מימן עם המים. לעומת זאת, הקסאן לא יכול ליצור קשרי מימן."

• "***H2O(l)*** - ממס מתאים יותר להמסת חומצות שומן, מפני שזאת מולקולה קטנה."

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי או חלקי:

• "הממס המתאים הוא הקסאן, כי הוא יוצר קשרי מימן עם מולקולות של חומצות שומן."

• "הקסאן, כי המולקולות של מים קטנות מדי."

• "הקסאן, כי חומצות שומן הן הידרופוביות."

• "הקסאן, מפני שדומה מתמוסס בדומה."

• חוסר התייחסות לכוחות בין מולקולריים.

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את שלבי הקביעה של מסיסות חומצות שומן בממסים הנתונים:

טבלה 1: קביעת המסיסות של חומצות שומן במים

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  חומצות שומן | הממס:  מים |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | מעט קשרי מימן  אינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימן רבים  ואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה | אפשרות ליצירת קשרי מימן זניחה, כי במולקולות חומצות שומן  יש מעט מוקדים ליצירת קשרי מימן. | |
| המסקנה | המסיסות של חומצות שומן במים זניחה. | |

טבלה 2: קביעת המסיסות של חומצות שומן בהקסאן

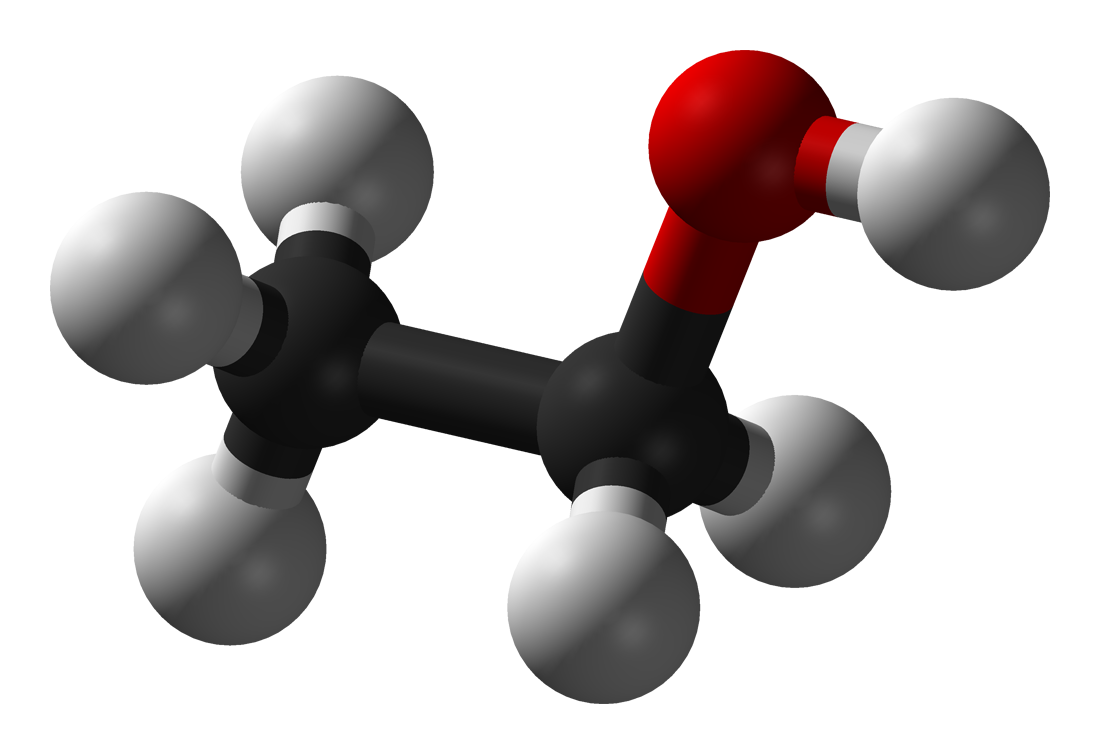
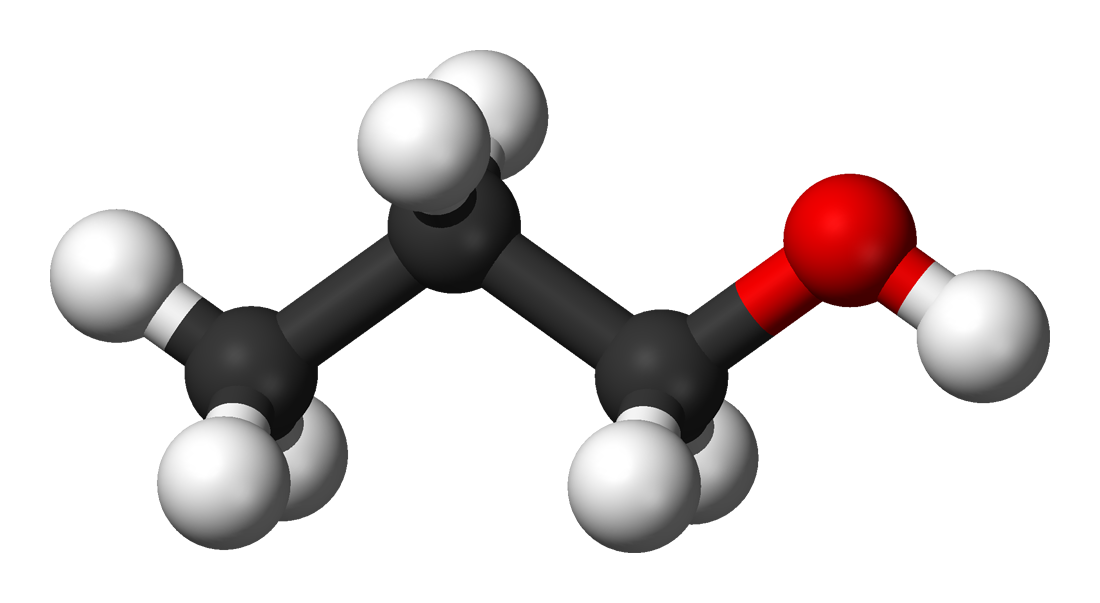
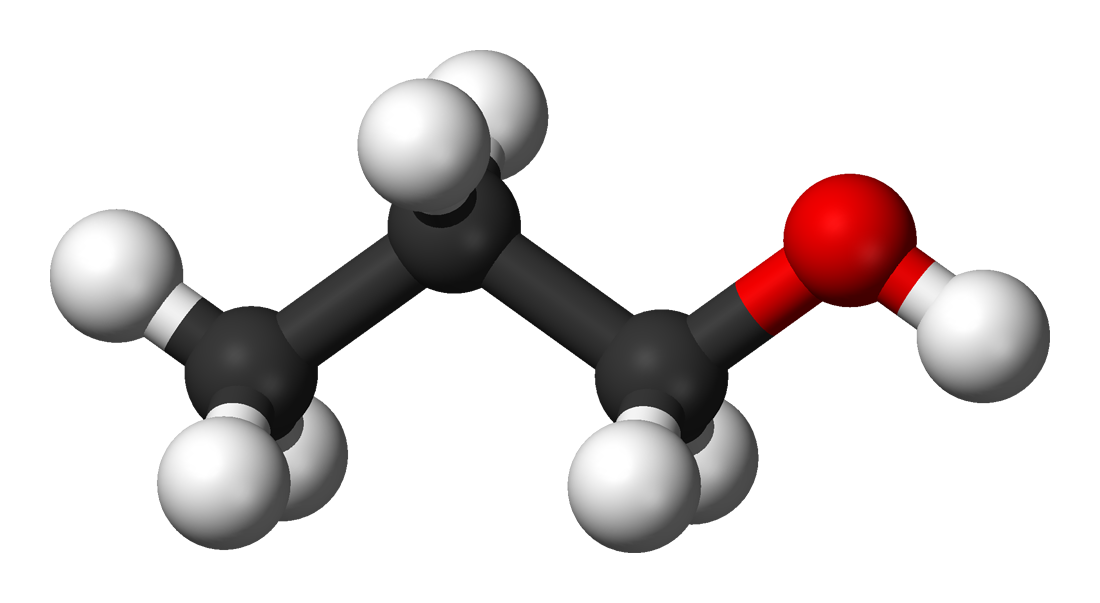
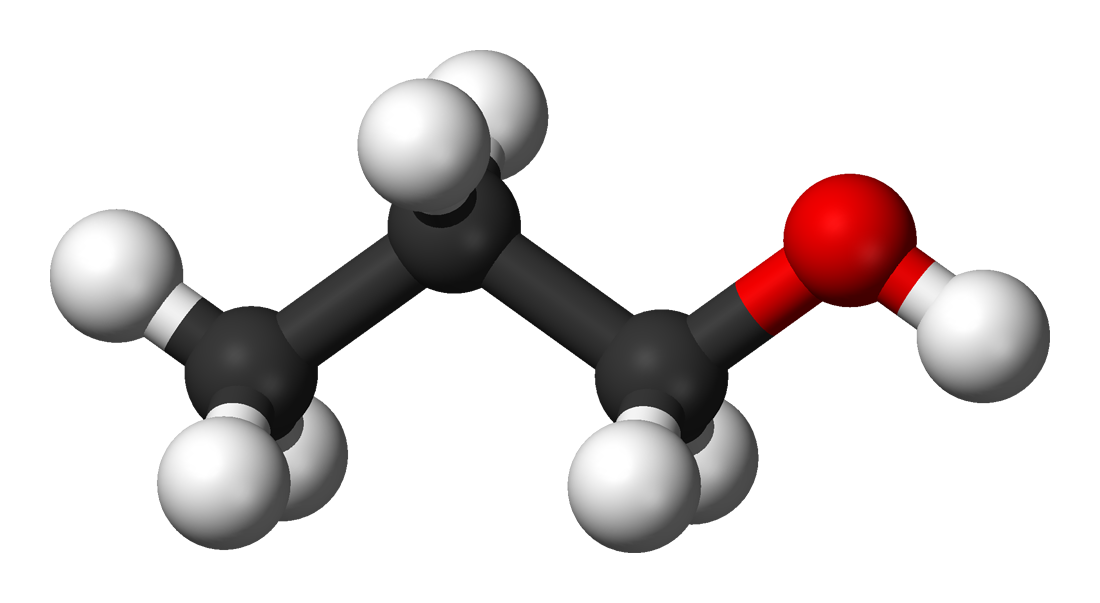
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  חומצות שומן | הממס:  הקסאן, C6H14(l) |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | מעט קשרי מימן  ואינטראקציות ון-דר-ואלס | אינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה | אינטראקציות ון-דר-ואלס | |
| המסקנה | המסיסות של חומצות שומן בהקסאן טובה. | |

אחד הקשיים בקביעת ממס מתאים לתרכובות פחמן - גם בתת-סעיף זה וגם באופן כללי, הוא הימנעות מהשוואה בין גודל החלק ההידרופילי במולקולות המומס, "האחראי" להיווצרות קשרי מימן עם מולקולות הממס, לבין גודל החלק ההידרופובי, "האחראי" להיווצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות המומס למולקולות הממס.

כדי להדגיש נקודה זו אפשר להשתמש בתרשים המציג מסיסות כהלים:

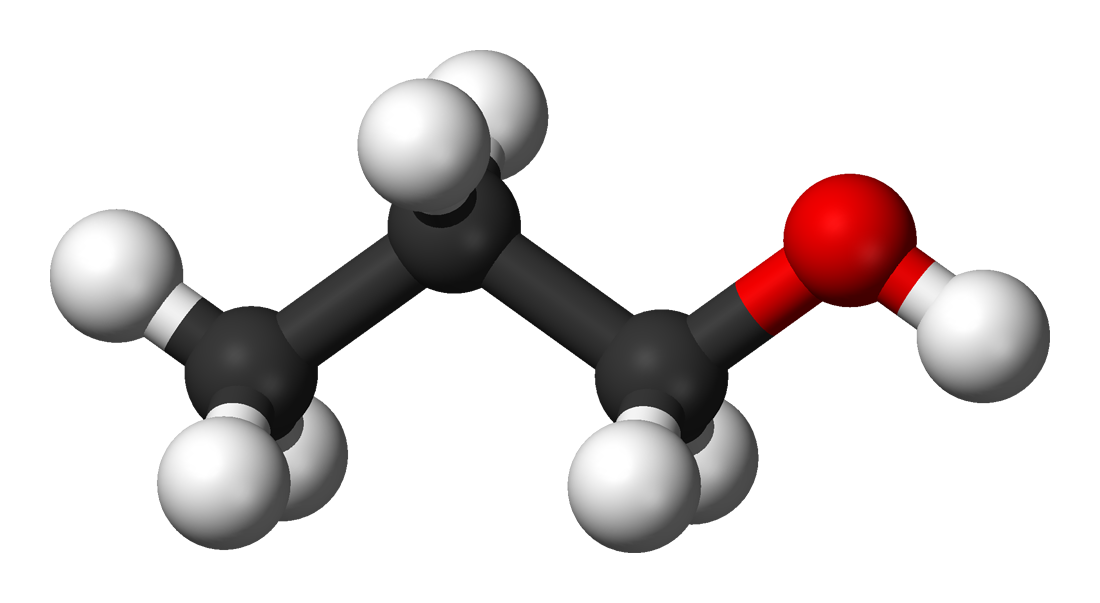
**מסיסות בממס אורגני**

**מסיסות במים**



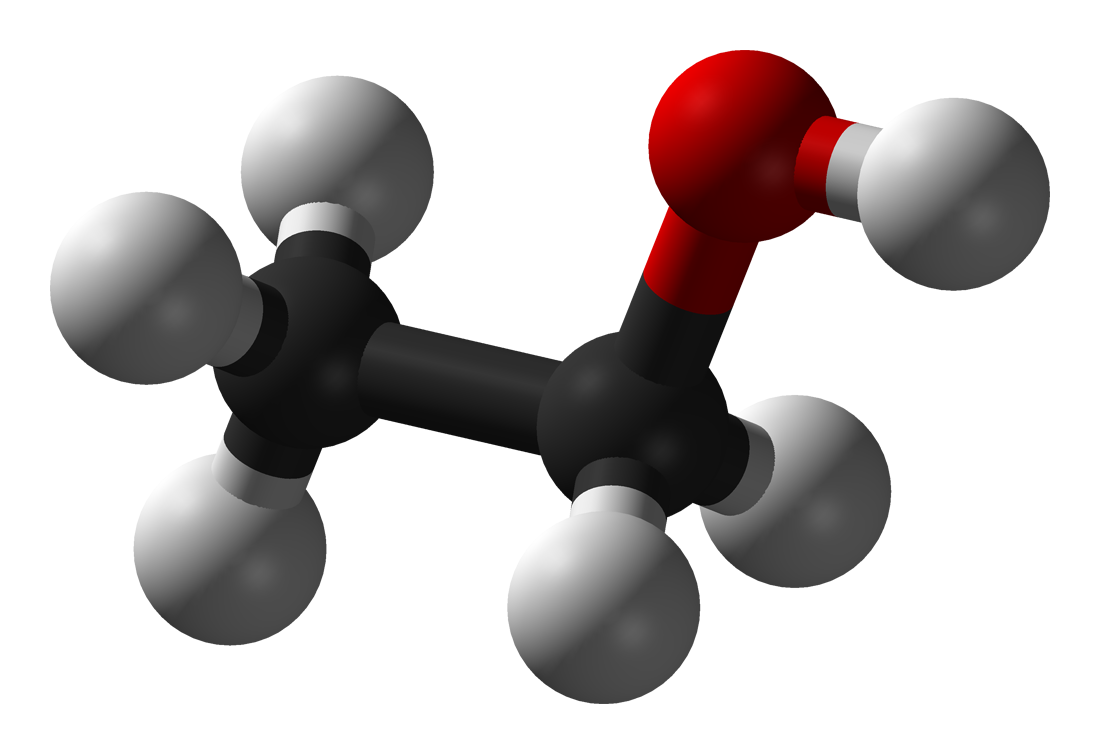
**בוטאנול**

**CH3 CH2CH2CH2OH**



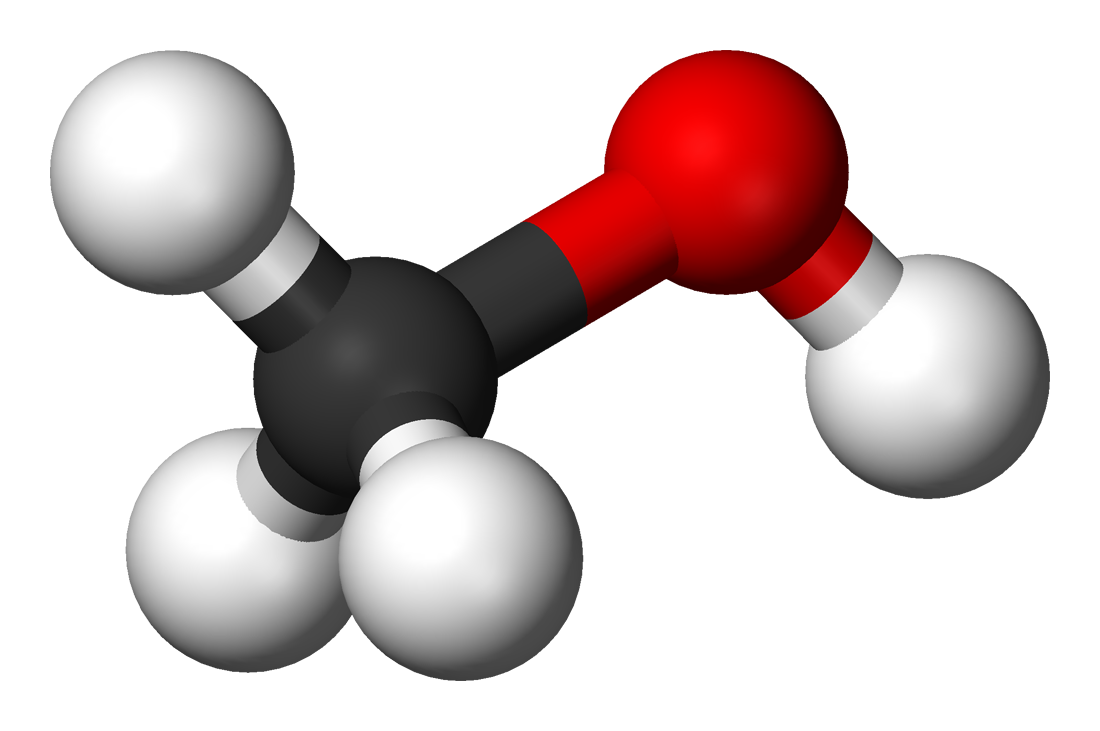
**פרופאנול**

**CH3CH2CH2OH**



**אתאנול**

**CH3CH2OH**



**מתאנול**

**CH3OH**

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי "תהליכי המסה" הנמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בעמוד של כנס חנוכה תשע"ה ← טבלה של הצגות שניתנו במושבים המקבילים ← הצגה 2 - מיכאל קויפמן ← קובץ "הנחיות לניסויים" ניסוי 3:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1226>

שאלה 3

מבנה האטום, קישור ותכונות של חומרים

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

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 31% מהתלמידים**

## ד ג ב א

**80**

**82**

**51**

**64**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

41-54

14%

0-40

14%

55-84

45%

85-100

27%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לזהות קבוצות פונקציונליות במולקולות של תרכובות פחמן על פי ייצוג מקוצר לנוסחות מבנה.

⮘ ליישם את הידע במבנה האטום ולקבוע את מספר פרוטונים, מספר אלקטרונים, מספר נויטרונים, מספר המסה באטומים שונים.

⮘ להבחין בין איזוטופים של אותו יסוד.

⮘ ליישם את הידע על סוגים שונים של קרינה רדיואקטיבית ועל איזוטופים רדיואקטיביים, ולזהות את סוג הקרינה הרדיואקטיבית הנפלטת בתגובות של איזוטופים רדיואקטיביים: α או β .

⮘ לזהות תערובת הומוגנית כתמיסה.

⮘ לקבוע, על פי כללי מסיסות, באיזה ממס עשוי להתמוסס יוד - על פי הכוחות הבין מולקולריים שיכולים להיווצר במהלך ההמסה.

⮘ לתאר תמיסת יוד ב- 1-פרופאנול (תמיסה של חומר מולקולרי בממס מולקולרי) ברמה מיקרוסקופית.

⮘ לנסח את תהליך ההמסה של יוד ב- 1-פרופאנול.

⮘ לזהות נוסחת מבנה של תרכובת על פי התכונות שלה - לקשר בין תכונות למבנה.

⮘ לנתח את ההשפעה של גורמים שונים על טמפרטורת רתיחה של תרכובת מולקולרית.

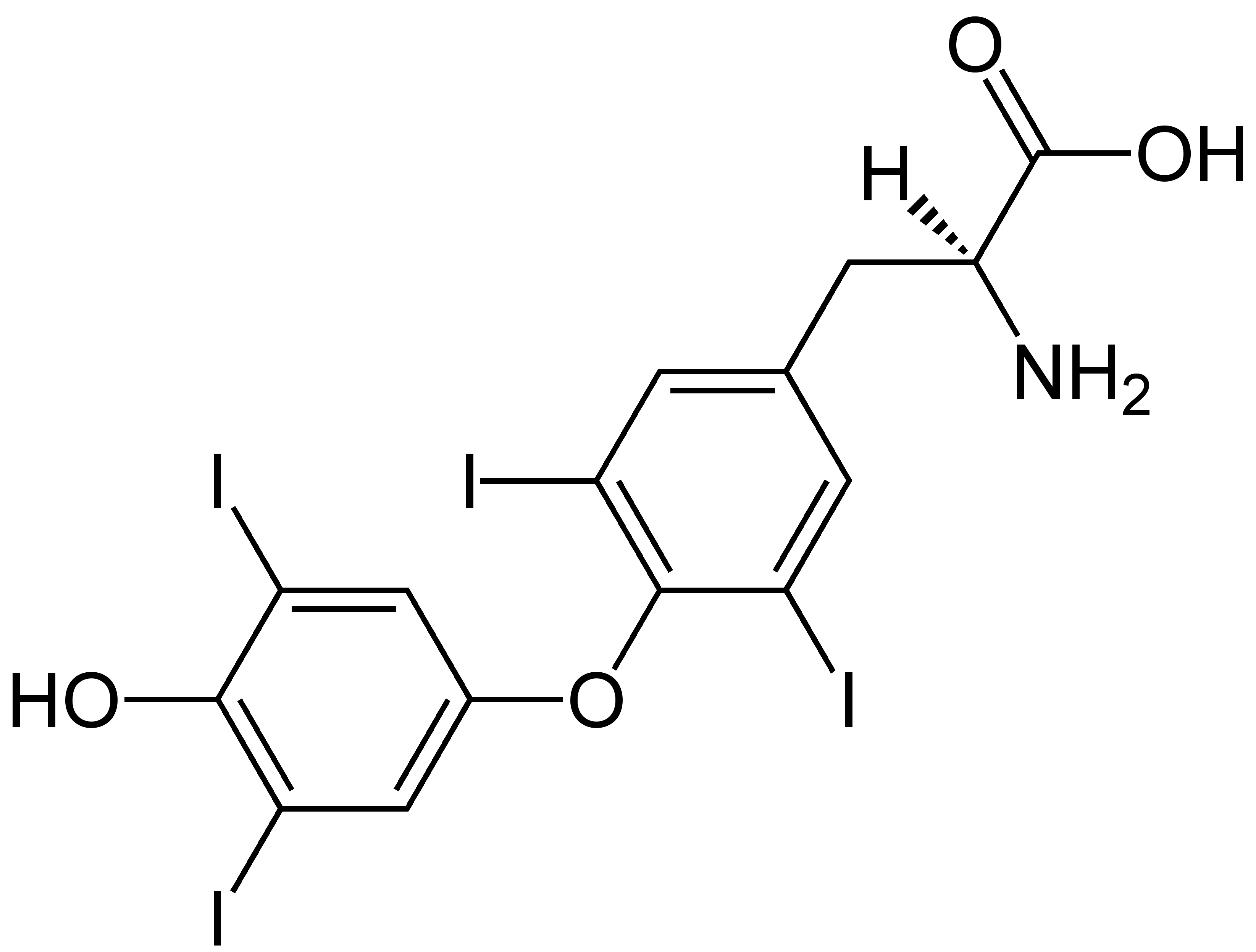
**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

##### תירוקסין הוא הורמון המופרש על ידי בלוטת התריס, ותפקידו לווסת קצב חילוף חומרים בגוף.

**סעיף א' (הציון80 )**

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של תירוקסין.



HO

I

OH

I

I

I

O

O

NH2

במולקולה של תירוקסין יש 4 אטומי חמצן, O , בקבוצות פונקציונליות שונות.

רשום את הנוסחה של כל אחת מן הקבוצות הפונקציונליות האלה, וציין את השם של כל קבוצה.

**התשובה:**

–O– קבוצה אתרית (אתר)

–OHקבוצה הידרוקסילית (כוהל)

–COOH קבוצה קרבוקסילית (חומצה קרבוקסילית)

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

##### רוב התלמידים זיהו נכון את הקבוצות הפונקציונליות במולקולות על פי ייצוג מקוצר של נוסחות מבנה, אך הופיעו גם טעויות:

⬩ רישום קבוצה "***-C=O*** קטון" מתוך קבוצה קרבוקסילית.

⬩ "***-C=OH*** כוהל" מתוך קבוצה קרבוקסילית.

⬩ רישום קבוצה אמידית.

היו תלמידים שלא הבינו את השאלה ורשמו את כל הקבוצות הפונקציונליות המולקולה של תירוקסין.

##### מומלץ להרבות בתרגילים מסוג זה - לתת לתלמידים ייצוגים מקוצרים לנוסחאות מבנה של מולקולות תרכובות פחמן המכילות מספר קבוצות פונקציונליות שונות ולבקש לסמן את הקבוצות הפונקציונליות בעיגול. אפשר בחלק מהתרגילים לתת נוסחאות עם סימון שגוי של קבוצות פונקציונליות ולבקש מהתלמידים לתקן את הטעויות.

**סעיף ב' (הציון 82 )**

ברפואה מאבחנים בעיות בפעילות של בלוטת התריס באמצעות יוד רדיואקטיבי.

**82**

**82**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 82)**

בטבלה שלפניך מידע חלקי על שני איזוטופים רדיואקטיביים של יוד, I .

העתק את הטבלה למחברת הבחינה והשלם אותה.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| סימול האיזוטופ | מספר אטומי | מספר מסה | מספר פרוטונים | מספר אלקטרונים | מספר נויטרונים |
| 131I |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 70 |

**התשובה:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| סימול האיזוטופ | מספר אטומי | מספר מסה | מספר פרוטונים | מספר אלקטרונים | מספר נויטרונים |
| 131I | 53 | 131 | 53 | 53 | 78 |
| 123I | 53 | 123 | 53 | 53 | 70 |

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

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון מספר פרוטונים, מספר אלקטרונים, מספר נויטרונים ומספר מסה עבור אטומים של שני האיזוטופים. הטעויות שאותרו נובעות מחוסר הבנה מהו ההבדל בין מספר מסה לבין מסה אטומית ומהו הקשר בין מספר מסה לבין מספר נויטרונים באטום:

• קביעה שמספר המסה באטומים של שני האיזוטופים היא ***126.9*** .

• קביעה עבור איזוטופ 123I : "מספר פרוטונים ***70*** , מספר אלקטרונים ***70 .***"

• קביעה עבור איזוטופ 131I : "מספר אלקטרונים ***73*** , מספר נויטרונים ***53*** ."

מומלץ להבהיר לתלמידים את משמעות המושג "מסה אטומית" שמופיעה בטבלה המחזורית, וכיצד הגיעו למספר זה, ולהסביר מדוע מספר זה אינו מספר שלם וכיצד הוא קשור לשכיחות של האיזוטופ הנתון בטבע. מומלץ לתת דוגמא אחת לחישוב מסה אטומית, כדי שהתלמידים לא יתבלבלו בין מספר מסה למסה אטומית של יסוד.

מאחר והנושא "מבנה האטום" נלמד בתחילת כיתה יוד, כדאי לחזור עליו לקראת בחינת הבגרות.

**תת-סעיף ii (הציון 82)**

איזוטופ 131I פולט קרינה רדיואקטיבית והופך ל- 131Xe .

מהו סוג הקרינה הרדיואקטיבית הנפלטת, α או β ? נמק.

**התשובה:**

הקרינה שנפלטת היא קרינת β כי אין שינוי במספר המסה והמספר האטומי (או: מספר הפרוטונים) גדל ב-1 (מ- 53 ל- 54).

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

הציון גבוה יחסית. רוב התלמידים קבעו נכון את סוג הקרינה הרדיואקטיבית הנפלטת בתהליך המתואר. ניתן למיין את הטעויות האופייניות שאותרו בתת-סעיף זה לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "***131I***  הופך ל- ***131Xe*** עם פליטת קרינת ***α***. לוקח אלקטרון ומשלים את רמת האנרגיה האחרונה כרמה מלאה והופך לגז אציל."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי.

• " קרינת ***β***, מפני שנכנס אלקטרון נוסף אך יצא פרוטון נוסף ונויטרון נוסף."

היו תלמידים שקבעו נכון, אך לא כתבו נימוק.

מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים מסוג זה או לרשום ניסוחי תגובות חלקיים של איזוטופים רדיואקטיביים ולבקש להשלים.

מומלץ להיעזר בסרטונים הממחישים את תהליכי ההתפרקות הרדיואקטיבית, ומראים את ההבדל בין קרינת α לקרינת α או β :

[*https://www.youtube.com/watch?v=grN4m0Lh4EQ*](https://www.youtube.com/watch?v=grN4m0Lh4EQ)

<https://www.youtube.com/watch?v=Suc5Kx_X-xQ>

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

**סעיף ג' (הציון 51 )**

בתנאי החדר היסוד יוד, I2(s) , הוא מוצק שצבעו סגול אפור.

בניסוי שבוצע במעבדה הכניסו לכל אחת משתי מבחנות (2)-(1) גבישים של I2(s) .

למבחנה (1) הוסיפו 1-פרופאנול, C3H7OH(l) .

למבחנה (2) הוסיפו מים, H2O(l) .

רק באחת משתי המבחנות התקבלה תערובת הומוגנית.

**96**

**31**

**55**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**תת-סעיף i (הציון 96)**

קבע באיזו מבחנה, (1) או (2), התקבלה התערובת ההומוגנית.

**התשובה:**

במבחנה (1).

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים הצליחו לזהות תערובת הומוגנית כתמיסה ולקבוע, על פי כללי מסיסות, שיוד מתמוסס ב- C3H7OH(l) ולא במים. כמעט ולא הופיעו טעויות.

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את שלבי הקביעה של מסיסות היוד בממסים הנתונים:

טבלה 1: קביעת המסיסות של היוד במים

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  יוד, I2(s) | הממס:  מים, H2O(l) |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | אינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימן רבים  ואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה | אין אפשרות ליצירת קשרי מימן, כי במולקולות היוד אין מוקדים ליצירת קשרי מימן. | |
| המסקנה | מסיסות היוד במים זניחה. | |

טבלה 2: קביעת המסיסות של היוד ב- 1-פרופאנול

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  יוד, I2(s) | הממס:  1-פרופאנול, C3H7OH(l) |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | אינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימן  אינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה | בין מולקולות היוד לבין המולקולות של 1-פרופאנול (המכילות חלק הידרופובי גדול יחסית) נוצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס. | |
| המסקנה | המסיסות של יוד ב- 1-פרופאנול טובה. | |

**תת-סעיף ii (הציון 31)**

תאר ברמה מיקרוסקופית את התערובת ההומוגנית שהתקבלה.

**התשובה:**

- התערובת ההומוגנית - התמיסה מכילה:

מולקולות של יוד, I2 , ומולקולות של 1-פרופאנול, C3H7OH .

- בין מולקולות היוד לבין המולקולות של 1-פרופאנול יש אינטראקציות ון-דר-ואלס.

- בין המולקולות של 1-פרופאנול יש אינטראקציות ון-דר-ואלס וקשרי מימן.

- קשרי המימן נוצרים בין אטום מימן חשוף מאלקטרונים בקבוצת –OH במולקולה אחת לזוג אלקטרונים לא קושר של אטום חמצן במולקולה סמוכה.

- מולקולות נעות באופני תנועה מסוג תנודה וסיבוב.

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

הציון נמוך מאוד. רוב התלמידים לא הצליחו לתאר תמיסת יוד ב- 1-פרופאנול ברמה מיקרוסקופית.

הטעויות האופייניות הן:

⬩ הבעיה העיקרית היא תשובות חלקיות: אי-ציון של אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות היוד; אי-ציון של ואינטראקציות ון-דר-ואלס וקשרי מימן בין מולקולות של 1-פרופאנול, חסר הסבר כיצד נוצרים קשרי מימן; אי-ציון של אופני תנועה של מולקולות בתמיסה.

⬩ חוסר הבנה מהי תערובת הומוגנית ובלבול בין תיאור מאקרוסקופי לתיאור מיקרוסקופי:

• "התערובת ההומוגנית שהתקבלה היא נוזלית ובה רואים גבישים קטנים סגולים של היוד בתוך הנוזל פרופאנול."

⬩ התייחסות למומס ולממס כאל חומרים המכילים יונים:

• "היונים של היוד מושכים ***H+*** מן הפרופאנול, מה שגורם לתגובה של חמצון חיזור."

⬩ רישום הניסוח של תהליך ההמסה, הנדרש בתת-סעיף ג iii , במקום התיאור המיקרוסקופי.

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויי המתואר בשאלה ולבקש מהתלמידים הסבר מפורט על המתרחש בעת ההמסה ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית. בנוסף לתיאור המילולי אפשר לבקש מהתלמידים לצייר באופן סכמתי את מולקולות היוד והמולקולות של 1-פרופאנול בתמיסה.

הטבלאות שמופיעות בתת-סעיף ג i יכולות לעזור לתלמידים לתאר את התמיסה ברמה מיקרוסקופית - להתייחס לכל המרכיבים של התמיסה.

מומלץ להקדיש זמן בהסבר רמות הבנה, ולחזור על התיאורים בכל הנושאים, כדי שהתלמידים יפנימו את ההבדל בין הרמות השונות, ויזכרו למה יש להתייחס בכל אחת מהרמות.

כמו כן מומלץ להראות לתלמידים אנימציות שממחישות את הרמה המיקרוסקופית, בהמסה של חומרים מסוגים שונים בממסים שונים. לדוגמה, אנימציה שהופקה במסגרת פרויקט PhET של אוניברסיטת קולורדו המלווה בקבצי עבודה לתלמיד ולמורה מאת נורית דקלו:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=931>

**תת-סעיף iii (הציון 55)**

נסח את התהליך לקבלת התערובת ההומוגנית.

**התשובה:**

C3H7OH(l)

I2(s) I2(C3H7OH(l))

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

הציון נמוך. הסיבה לטעויות היא חוסר הבנה של הרכב התמיסה של יוד ב- 1-פרופאנול - אותה סיבה שגרמה לטעויות הרבות בתיאור התמיסה ברמה מיקרוסקופית בתת-סעיף ג ii .

הטעויות האופייניות הן:

⬩ רישום הממס כמגיב:

• ***I2(s) + C3H7OH(l) → I2(C3H7OH(l))***

⬩ בלבול בין מומס לממס (בנוסף לרישום הממס כמגיב):

• ***I2(s) + C3H7OH(l) → C3H7OH(I3)***

⬩ פירוק של מולקולות ממס ליונים (בנוסף לרישום הממס כמגיב):

• ***I2(s) + C3H7OH(l) → IH+ + C3H7O−(C3H7OH(l))***

⬩ רישום מים כממס (למרות תשובה נכונה בתת-סעיף ג i):

***C3H7OH(l)***

***H2O(l)***

• ***I2(s) → I2(aq)***

⬩ נוסחה שגויה של יוד:

• ***I(s) → I(C3H7OH(l))***

הטעויות שנתגלו בתת-סעיף זה הן טעויות המשך לאלה שנתגלו בתת-סעיף הקודם. ההמלצות שניתנו בתת-סעיף גii עשויות לעזור לתלמידים גם ברישום הניסוח של תהליך ההמסה של חומר מולקולרי בממס מולקולרי. מומלץ לתרגל את רישום הניסוחים האלה עם ממסים שונים.

**סעיף ד' (הציון 64 )**

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על 1-פרופאנול ואצטון.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| החומר | הנוסחה המולקולרית | נוסחת המבנה | טמפרטורת הרתיחה  (oC) |
| 1-פרופאנול | C3H8O | CH3−CH2−CH2−OH | 97 |
| אצטון | C3H6O | ? | 57 |

נתונות שתי נוסחאות מבנה, A ו- B .

CH2 = CH−CH2−OH

CH3−C−CH3

O

**A B**

קבע איזו מהנוסחאות, A או B , היא נוסחת המבנה של אצטון.

הסבר מדוע פסלת את הנוסחה האחרת.

**התשובה:**

נוסחה A .

נוסחה B מתאימה לתרכובת שבין המולקולות שלה יכולים להיווצר קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס.

אין כמעט הבדל במספר הכולל של אלקטרונים (או: בגודל ענני האלקטרונים) במולקולות של שתי התרכובות. טמפרטורת הרתיחה של חומר שנוסחת המבנה שלו B הייתה צריכה להיות קרובה לטמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול (או: ל- 97oC).

על פי הנתונים שבטבלה, טמפרטורת הרתיחה של אצטון נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של

1-פרופאנול, ולכן נוסחהB אינה מתאימה.

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

הציון נמוך יחסית. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא התעלמות מקיום קשרי מימן בין המולקולות של 1-פרופאנול ושל חומר B . ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "נוסחת המבנה ***B***, כי היא לא מסועפת כמו נוסחה ***A***."

• "נוסחת המבנה המתאימה היא ***B***. היות והאצטון שייך למשפחת הכהלים, בעלי הקבוצה הפונקציונלית הקרבונילית, קבוצה זאת אינה קיימת בנוסחת החומר ***A***."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• נוסחת מבנה ***A*** . הגורם היחיד שיכול להשפיע הוא הסתעפות של תרכובת הפחמן, ככל שהשרשרת מסועפת יותר יש פחות אינטראקציות ון-דר-ואלס בין השרשרות, טמפרטורת הרתיחה נמוכה יותר."

• נוסחת המבנה של ***A*** היא הנכונה. אורך המולקולה משפיע על חוזק הקשר שמשפיע על טמפרטורת הרתיחה. ככל שאורך המולקולה גדול יותר כך גם טמפרטורת הרתיחה גבוהה יותר, לכן לפי הנתונים טמפרטורת הרתיחה של פרופאנול גבוהה יותר מזו של אצטון."

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלה המציגה שלבי ההסבר מדוע טמפרטורת הרתיחה של החומר שנוסחתו A נמוכה מזו של החומר שנוסחתו B .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | CH2 = CH−CH2−OH  CH3−C−CH3  O  **A B** | נוסחת מבנה של החומר |
| שניהם חומרים מולקולריים | | סוג החומר |
| בשני החומרים ענני האלקטרונים במולקולות  דומים בגודלם (32 אלקטרונים). | | גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים |
| מולקולות קוטביות | מולקולות קוטביות | קוטביות של מולקולות החומר |
| קשרי מימן  ואינטראקציות ון-דר-ואלס | אינטראקציות ון-דר-ואלס | סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| בין המולקולות של שני החומרים פועלות אינטראקציות ון-דר-ואלס  אבל בין מולקולות חומר B , בנוסף לאינטראקציות ון-דר-ואלס, קיימים קשרי מימן.  לכן הכוחות הבין מולקולריים בחומר B חזקים יותר  מהכוחות הפועלים בין מולקולות חומר A. | | חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| הנוסחה המתאימה היא A .  טמפרטורת הרתיחה של חומר שנוסחת המבנה שלו B הייתה צריכה להיות קרובה לטמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול (או: ל- 97oC).  על פי הנתונים שבטבלה, טמפרטורת הרתיחה של אצטון נמוכה מטמפרטורת הרתיחה של 1-פרופאנול, ולכן נוסחהB אינה מתאימה. | | קביעת הנוסחה המתאימה על פי טמפרטורות הרתיחה  של החומרים |

שאלה 4

מבנה, קישור ותכונות של חומרים

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 65 פיזור ציונים**

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

**76**

**64**

**58**

**63**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

16%

0-40

12%

55-84

53%

85-100

19%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לזהות את הסוג של כל אחד מארבעת החומרים הנתונים על פי איורים, המתארים באופן סכמתי את מבנה החומר המוצק.

⮘ לציין את סוגי החלקיקים בכל אחד מארבעת החומרים.

⮘ לקבוע את סוגי הכוחות הפועלים בין החלקיקים בכל אחד מארבעת המוצקים.

⮘ לתאר את מבנה החומרים הנתונים ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית.

⮘ לקשר בין מבנה החומר ברמה מיקרוסקופית לתכונות החומר.

⮘ להסביר מדוע החומר הנתון מוליך או לא מוליך חשמל, בהתבסס על התנאים למוליכות חשמלית של חומרים.

⮘ לנסח תגובות המסה במים של חומר יוני.

⮘ לתאר תמיסה מימית של חומר יוני ברמה מיקרוסקופית, תוך התייחסות לכל המרכיבים.

⮘ לקבוע את סוגי הכוחות הפועלים בתמיסה המימית של חומר יוני.

⮘ לקבוע מטענים חלקיים של אטומים במולקולה על פי ערכים של אלקטרושליליות האטומים.

⮘ להבחין בין כוחות בין מולקולריים לבין קשרים קוולנטיים בין אטומים בתוך מולקולות.

⮘ להשוות בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים של חומרים במצב נוזל ובמצב מוצק (על פי הגורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הבין מולקולריים).

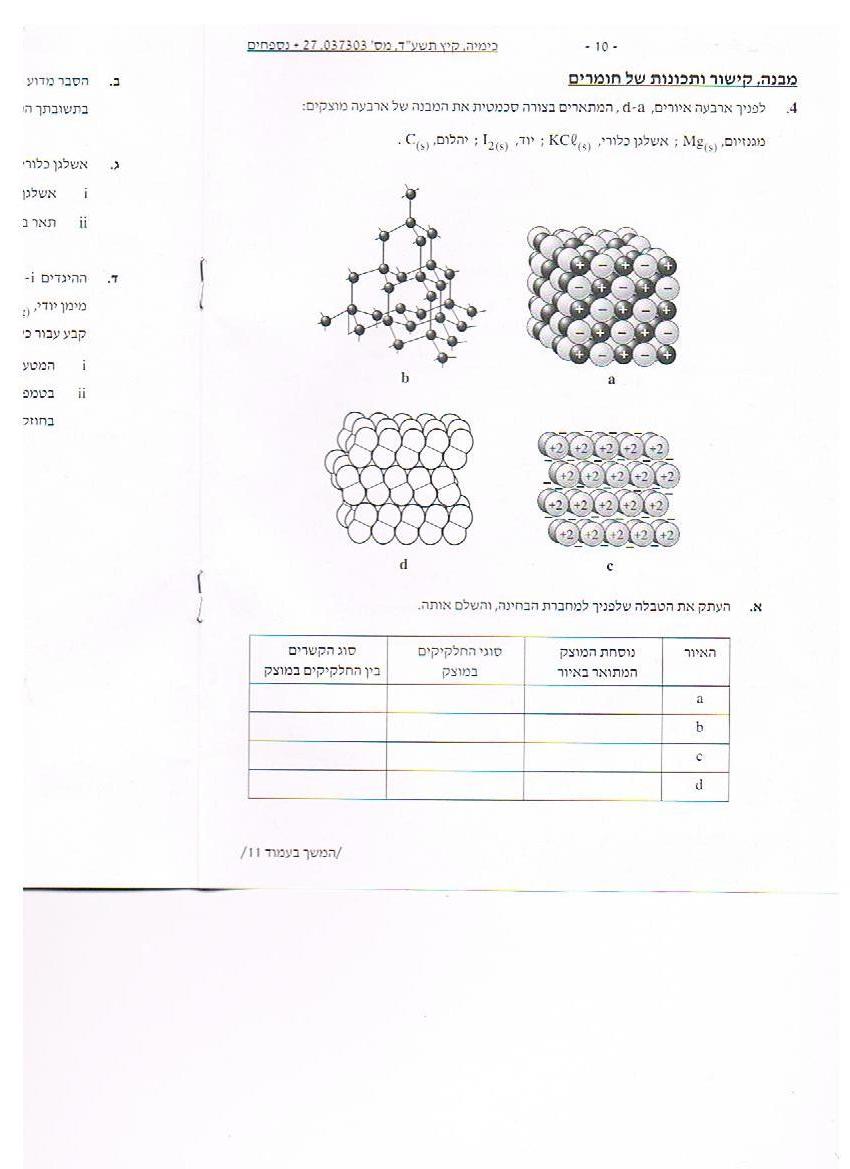
⮘ לקשר בין חוזק הכוחות הבין מולקולריים לבין מצב צבירה של החומר בטמפרטורת החדר.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

###### לפניך ארבעה איורים, d-a , המתארים בצורה סכמתית את המבנה של ארבעה מוצקים:

מגנזיום, Mg(s) ; אשלגן כלורי, KCl(s) ; יוד, I2(s) ; יהלום, C(s) .



**b a**

**d c**

**סעיף א' (הציון 76 )**

העתק את הטבלה שלפניך למחברת הבחינה, והשלם אותה.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| האיור | נוסחת המוצק  המתואר באיור | סוגי החלקיקים  במוצק | סוג הקשרים  בין החלקיקים במוצק |
| a |  |  |  |
| b |  |  |  |
| c |  |  |  |
| d |  |  |  |

**התשובה:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| האיור | נוסחת המוצק  המתואר באיור | סוגי החלקיקים  במוצק | סוג הקשרים  בין החלקיקים במוצק |
| a | KCl(s) | יונים חיוביים  ויונים שליליים | קשר יוני |
| b | C(s) יהלום | אטומים | קשר קוולנטי |
| c | Mg(s) | יונים חיוביים  ו"ים אלקטרונים" | קשר מתכתי |
| d | I2(s) | מולקולות | אינטראקציות  ון-דר-ואלס |

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

רוב התלמידים הצליחו לזהות את הסוג של כל אחד מארבעת החומרים הנתונים על פי איורים, המתארים באופן סכמתי את מבנה החומר המוצק, ולהתאים את הנוסחאות הנתונות לאיורים.

הם ידעו לתאר את מבנה החומרים הנתונים ברמה מאקרוסקופית וברמה מיקרוסקופית וליישם את הידע במילוי הטבלה - לציין את סוגי החלקיקים בכל אחד מארבעת החומרים ולקבוע את סוגי הכוחות הפועלים בין החלקיקים בכל אחד מארבעת המוצקים.

יחד עם זאת חלק מהתלמידים טעו. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. התאמה שגויה של הנוסחאות הנתונות לאיורים:

⬩ זיהוי איור a כ- Mg(s): "יונים ואלקטרונים".

⬩ זיהוי איור c כ- KCl(s): "יונים חיוביים ושליליים".

2. התאמה נכונה המלווה בקביעה שגויה של סוגי החלקיקים במוצק ושל סוג הקשרים בין החלקיקים במוצק:

⬩ רישום של סוגי היסודות במקום סוגי החלקיקים:

• "***I2(s)*** מורכב מאל מתכת."

• "***KCl(s)*** מורכב ממתכת ומאל מתכת."

⬩ חוסר הבחנה בין סוג החומר לבין סוג הקשר בין חלקיקי החומר:

• "ב- ***I2(s)*** קשר מולקולרי."

• "ביהלום קשר אטומרי."

**סעיף ב' (הציון 64 )**

הסבר מדוע מגנזיום, Mg(s) , מוליך חשמל ואילו יהלום, C(s) , אינו מוליך חשמל.

בתשובתך התייחס למבנה החומרים.

**התשובה:**

Mg(s) מורכב מיוני Mg2+ ו"ים אלקטרונים". (אלקטרוני הערכיות של מגנזיום יוצרים את "ים האלקטרונים".) אלקטרונים אלה ניידים (בלתי מאותרים) ומאפשרים הולכת חשמל.

ביהלום כל אטום פחמן קשור בקשרים קוולנטיים לארבעה אטומי פחמן אחרים. (לאטום הפחמן יש 4 אלקטרוני ערכיות.) ביהלום כל אלקטרוני הערכיות משתתפים ביצירת הקשרים הקוולנטיים ואין אלקטרונים ניידים. לכן יהלום אינו מוליך חשמל.

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

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לקשר בין מבנה החומר ברמה מיקרוסקופית לתכונות החומר ו להסביר מדוע החומר הנתון מוליך או לא מוליך חשמל, בהתבסס על התנאים למוליכות חשמלית של חומרים. הטעויות האופייניות הן:

⬩ תיאור שגוי של מבנה המגנזיום ברמה מיקרוסקופית ופירוש שגוי של המושג "ים אלקטרונים":

• "האלקטרונים מקיפים את היונים, ולכן הם ניידים."

• "מגנזיום בנוי מאטומים חיוביים וביניהם אלקטרונים."

• "מגנזיום מוליך, כי בין הקטיונים יש ים אלקטרונים."

⬩ תיאור שגוי של מבנה היהלום עקב חוסר התייחסות או התייחסות שגויה לרמה מיקרוסקופית:

• "יהלום הוא אל מתכת, ולכן לא מוליך."

• "ליהלום אין ים של אלקטרונים."

• "ליהלום קשרים אטומריים ואין אלקטרונים סביבו, ולכן לא מוליך."

**סעיף ג' (הציון58 )**

אשלגן כלורי, KCl(s) , מופק בישראל ממי ים המלח.

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**45**

**88**

**תת-סעיף i (הציון 88)**

אשלגן כלורי מתמוסס היטב במים. נסח את תהליך ההמסה במים של KCl(s) .

**התשובה:**

מים

KCl(s) → K+(aq) + Cl–(aq)

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

הציון גבוה. התלמידים יודעים לנסח את תהליך ההמסה של חומר יוני במים. הופיעו טעויות מעטות:

⬩ התייחסות ל- KCl(s) כאל חומר מולקולרי:

מים

• ***KCl(s) → KCl(aq)***

⬩ רישום מים כמגיב:

• ***KCl(s) + H2O(l) → K+(aq) + Cl–(aq)***

**תת-סעיף ii (הציון 45)**

תאר ברמה מיקרוסקופית תמיסה מימית של אשלגן כלורי.

**התשובה:**

בתמיסה יש יונים ממוימים (יונים שמוקפים במולקולות מים): יוני K+(aq) ויוני Cl–(aq) ומולקולות מים.

היונים החיוביים, יוני K+(aq) , נמשכים לקטבים השליליים של מולקולות המים.

(או: ביו יוני K+ לבין הקטבים השליליים של מולקולות המים פועלים כוחות משיכה חשמליים.)

היונים השליליים, יוני Cl–(aq) נמשכים לקטבים החיוביים של מולקולות המים.

(או: בין יוני Cl– לבין הקטבים החיוביים של מולקולות המים פועלים כוחות משיכה חשמליים.)

בין מולקולות המים (שאינן משתתפות במיום היונים) לבין עצמן יש קשרי מימן.

קשרי המימן נוצרים בין אטום מימן חשוף מאלקטרונים במולקולה אחת לבין זוג אלקטרונים

לא קושר על אטום חמצן במולקולה סמוכה.

החלקיקים (יונים ומולקולות) (אינם מסודרים במבנה מסודר) יכולים לבצע תנועה מסוגי תנודה וסיבוב.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לתאר תמיסה מימית של אשלגן כלורי ברמה מיקרוסקופית.

הטעויות האופייניות הן:

⬩ תשובות חלקיות - הבעיה העיקרית: אי-ציון של הכוחות הפועלים בין יונים לבין מולקולות המים והסבר על כוחות אלה - ביו יוני K+ לבין הקטבים השליליים של מולקולות המים ובין יוני Cl– לבין הקטבים החיוביים של מולקולות המים פועלים כוחות משיכה חשמליים; אי-ציון של קשרי מימן, הקיימים בין מולקולות המים, ושל הסבר כיצד נוצרים קשרי מימן; אי-ציון של אופני תנועה של חלקיקים בתמיסה.

⬩ טעויות בסוגי החלקיקים בתמיסה:

• "אטומי הכלור ואטומי אשלגן..."

• "בתמיסה יש יונים קשורים אחד לשני בגלל מטען חשמלי מנוגד."

⬩ תיאור שגוי של הכוחות הפועלים בין היונים למולקולות המים:

• "הקוטב החיובי של המים נמשך לקוטב השלילי של היון."

• "יוני המים החיובים ימשכו ליוניים השליליים."

מומלץ לבנות עם התלמידים מודל של אשלגן כלורי מוצק - כפי שמתואר בתחילת השאלה ולבצע סימולציה של המסת KCl(s) במים: לפרק את מודל המוצק לכדורים המסמלים יונים ולפזר אותם בין מודלים של מולקולות המים:

**Cl−**

**Cl−**

**K+**

**K+**

כדי להמחיש את המושגים ואת התהליכים המתוארים בתת-סעיף זה, מומלץ להשתמש

בסרטונים ובאנימציות, למשל באנימציה "מסיסות מלחים במים" שהופקה במסגרת פרויקט PhET של אוניברסיטת קולורדו, המלווה בקבצי עבודה לתלמיד ולמורה שפותחו על ידי סטודנטים בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ מהמחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה בטכניון:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=936>

**סעיף ד' (הציון63 )**

ההיגדים ii-i שלפניך עוסקים בשתי תרכובות של יוד:

מימן יודי, HI(g) , ויוד ברומי, IBr(s) .

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

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**42**

**84**

**תת-סעיף i (הציון 84)**

המטען החלקי של אטומי יוד, I , הוא חיובי, גם במולקולה HI וגם במולקולה IBr .

**התשובה:**

לא נכון.

(במולקולה IBr המטען החלקי על אטום יוד הוא חיובי, כי האלקטרושליליות של יוד נמוכה מזו של ברום.)

במולקולה HI המטען החלקי על אטומי יוד הוא שלילי, כי האלקטרושליליות של יוד גדולה מהאלקטרושליליות של מימן (או: אטום יוד מושך את אלקטרוני הקשר חזק יותר מאטום מימן).

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ידעו לקבוע מטענים חלקיים של אטומים במולקולה על פי ערכים של אלקטרושליליות האטומים.

הטעויות המעטות שאותרו נובעות מבלבול בין אטום למולקולה:

• "המטען של היוד שלילי כי מולקולת ה-***H*** היא פחות אלקטרושלילית."

• "לא מתקיימים מטענים חלקיים, כי מולקולות לא נושאות מטען."

**תת-סעיף ii (הציון 42)**

בטמפרטורת החדר יוד ברומי הוא מוצק ואילו מימן ברומי הוא גז, זאת בשל ההבדל בחוזק הקשרים הקוולנטיים I–Br ו- H–I .

**התשובה:**

לא נכון.

שני החומרים הם חומרים מולקולריים. מצב הצבירה של החומר בטמפרטורת החדר תלוי בחוזק

הכוחות הפועלים בין מולקולות החומר ולא בחוזק הקשרים הקוולנטיים שבתוך מולקולות.

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

הציון נמוך. רוב התלמידים קבעו שההיגד אינו נכון, אך רבים טעו בנימוק. הבעיה העיקרית בתת-סעיף זה היא הבלבול בין כוחות בין מולקולריים לקשרים קוולנטיות בתוך מולקולות:

• "לא נכון. בקשר***H-I*** רדיוס אטום המימן קטן יותר."

• "לא נכון. הקשר ***H-I*** הוא קוטבי יותר."

• "ענן האלקטרונים גדול יותר, לכן הקשרים הקוולנטיים חזקים יותר."

• "לקשר קצר טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר. רדיוס של מימן קטן מרדיוס של ברום."

• "לא נכון. זה בגלל שההפרש באלקטרושליליות שבין מימן ליוד גדול מאשר בין ברום ליוד."

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| מימן ברומי | יוד ברומי | החומר |
| שניהם חומרים מולקולריים | | סוג החומר |
| HI | IBr | נוסחה מולקולרית  של מולקולת החומר |
| ענני האלקטרונים במולקולות IBr (88 אלקטרונים במולקולה) גדולים מענני אלקטרונים במולקולות HI (54 אלקטרונים במולקולה). | | גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות החומרים הנתונים |
| מולקולות קוטביות | מולקולות קוטביות | קוטביות של מולקולות החומר |
| אינטראקציות ון-דר-ואלס | אינטראקציות ון-דר-ואלס | סוג הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של IBr חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות HI , כי במולקולות של IBr יש יותר סיכוי ליצירת דו-קטבים רגעים והמטענים החלקיים גדולים יותר. | | חוזק יחסי של הכוחות הבין מולקולריים בחומרים במצב נוזל |
| טמפרטורות ההיתוך והרתיחה של IBr גבוהות מאלה של HI , כי טמפרטורות הן מדד לחוזק כוחות בין מולקולריים. | | טמפרטורות רתיחה של החומרים |
| נתון: IBr הוא מוצק בתנאי החדר, ואילו HI הוא גז.  הסיבה לכך היא הבדל בטמפרטורות ההיתוך והרתיחה של החומרים: טמפרטורת ההיתוך של IBr גבוהה מטמפרטורת החדר,  וטמפרטורת הרתיחה של HI נמוכה מטמפרטורת החדר. | | מצבי צבירה של החומרים בתנאי החדר |

שאלה לתרגול:

להלן נוסחאותיהם של 6 חומרים מוצקים בטמפרטורת החדר:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| I2(s)  יוד | CaI2(s)  סידן יודי | Ca(s)  סידן |
| זהב לבן - תערובת מוצקה  של Au(s) ו- Pt(s) | SiC(s)  קרבורונדום | C6H12O6(s)  גלוקוז |

כמו כן נתונים 8 איורים המייצגים מודלים העשויים להתאים לאחד או ליותר מהמוצקים:

1

2

3

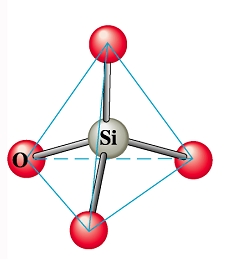
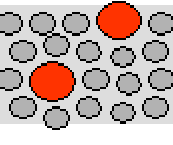
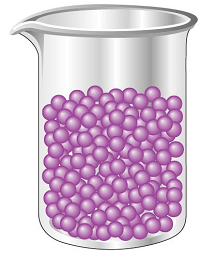
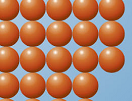
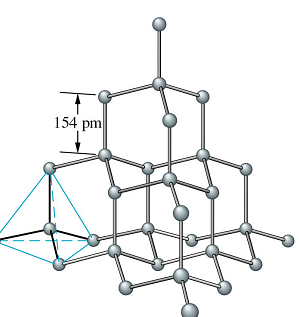
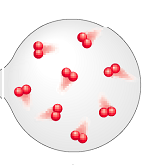
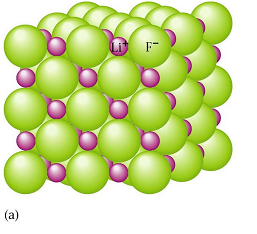
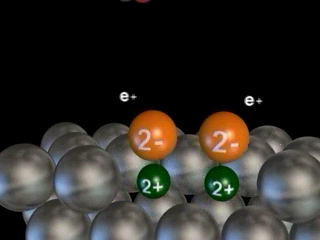
4

5

6

7

8



3

8

א. עבור כל אחד מששת המוצקים, בחר במודל המתאים ביותר לתיאור סכמתי של המוצק.

אם לדעתכם אף מודל אינו מתאים למוצק מסוים, צייר את המודל המתאים.

ב. תלמיד הציע את מודל 4 כמתאים ביותר לתיאור Ca(s) .

האם התלמיד צודק? אם כן - הסבר מדוע. אם לא - הסבר מדוע.

ג. קבע עבור כל אחד מהמוצקים הנתונים אם הוא מוליך חשמל בטמפרטורת החדר. נמק כל קביעה.

ד. קיימים מוצקים שבחימום הופכים ישירות לגז. התהליך נקרא המראה.

i איזה מהמוצקים הנתונים עשוי לעבור המראה? נמק.

ii אילו כוחות פועלים בין חלקיקי החומר שבחרת בתת-סעיף ד i ? הסבר.

ה. איזה/אילו מששת המוצקים נתון/נתונים לריקוע? הסבר ברמה מיקרוסקופית.

שאלה 5

סטויכיומטריה

**ציון ממוצע על פי מכון סאלד: 81 פיזור ציונים**

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 55% מהתלמידים**

**94**

**76**

**82**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ג ב א

41-54

5%

0-40

6%

55-84

31%

85-100

58%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים, כולל חישובים עבור התגובות, שבהן משתתפים גזים.

⮘ להשתמש בחישובים במושגים: מול, מסה מולרית, השערת אבוגדרו, נפח מולרי של גז.

⮘ ליישם את הידע על מאפייני הגזים: לחץ, נפח, טמפרטורה.

⮘ לקשר בין שינוי מספר מולי גז במהלך התגובה לבין שינוי הלחץ בכלי.

⮘ לנסח תגובה על פי תיאור מילולי של מגיבים ותוצרים.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור התגובות המתרחשות בתמיסות מימיות, חישוב ריכוזים מולריים של חומרים ושל יונים.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

השאלה עוסקת באמוניום ברומי, NH4Br(s) , המשמש חומר מעכב בערה למוצרי עץ.

אפשר להפיק NH4Br(s) מאמוניה, NH3(g) .

**סעיף א' (הציון 94 )**

אמוניה, NH3(g) , מגיבה עם מימן ברומי, HBr(g) , על פי תגובה (1):

(1) NH3(g) + HBr(g) → NH4Br(s)

חשב את המסה של NH4Br(s) שתתקבל בתגובה בין 336 מ"ל NH3(g) ובין נפח מתאים של HBr(g) .

בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 22.4 ליטר. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

gr

mol

0.015 mol × 98 = **1.48 gr**

98

gr

mol

0.336 liter

22.4

liter

mol

= 0.015 mol

22.4

מסה נתונה/נדרשת

בניסוי ספציפי (גרם)

מסה מולרית (גרם למול)

מספר מולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

יחס המולים בניסוח תגובה

NH3(g) + HBr(g) → NH4Br(s)

1 1 1

98

0.015 0.015

**1.47**

נפח מולרי של גז בתנאי הניסוי (ליטר למול)

נפח הגז נתון/נדרש

בניסוי ספציפי (ליטר)

0.336

מספר המולים של NH3(g) שהגיבו:

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין NH4Br(s) ל- NH3(g) הוא 1:1 .

לכן מספר המולים של NH4Br(s) שהתקבלו: 0.015 mol

המסה המולרית של NH4Br(s) :

המסה של NH4Br(s) שהתקבלה:

או: טבלה מסכמת לסעיף א:

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים הצליחו לקשר בין נתוני השאלה להשערת אבוגדרו ולחשב את הגדלים הדרושים. תלמידים בודדים דילגו על השלב של יחס המולים בניסוח התגובה.

**סעיף ב' (הציון 76 )**

אמוניה, NH3(g) , מגיבה עם ברום, Br2(g) , על פי תגובה (2).

לפניך ניסוח לא מאוזן של תגובה (2):

(2) 8NH3(g) + \_ Br2(g) → \_ NH4Br(s) + \_ N2(g)

לכלי סגור הכניסו 240 מ"ל Br2(g) ונפח מתאים של NH3(g) . הגזים הגיבו בשלמות.

נוצרו 80 מ"ל חנקן, N2(g) , וכמות מסוימת של NH4Br(s) .

הנפחים של כל הגזים נמדדו באותם תנאים של טמפרטורה ולחץ.

**76**

**87**

**52**

**75**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii iv

**תת-סעיף i (הציון 76)**

היעזר בנתונים ורשום ניסוח מאוזן לתגובה (2).

הסבר כיצד קבעת את המקדמים בניסוח התגובה.

**התשובה:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ניסוח תגובה לא מאוזן | 8NH3(g) + \_ Br2(g) → \_ NH4Br(s) + \_ N2(g) | | | |
| נפח הגז בניסוי (מ"ל) | 80 |  | 240 |  |
| יחס הנפחים של הגזים בניסוי | 1 |  | 3 |  |
| יחס המולים בניסוח התגובה | 1 | 6 | 3 | 8 |
| ניסוח תגובה מאוזן | 8NH3(g) + 3Br2(g) → 6NH4Br(s) + N2(g) | | | |

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

המקדם עבור NH4Br(s) נקבע על פי חוק שימור המסה.

לקבל גם הסבר על פי חוק שימור המסה.

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

הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא התעלמות מהדרישה להיעזר בנתוני השאלה ואיזון הניסוח על פי חוק שימור החומר, ללא שימוש בהשערת אבוגדרו:

• "מכיוון שיש לנו ***H 24***, חייב המקדם של ***NH4Br*** להיות ***6***. יוצא לנו מהאיזון שיש ***6*** אטומי ***Br***, ולכן המקדם של ***Br2*** יהיה ***3***. נשארנו עם ***8N*** שהיה נתון לנו בשאלה וב- ***6*** כבר השתמשנו במקדם של ***NH4Br*** . לכן נותר לנו ***2*** והמקדם של ***N2*** יהיה ***1***".

טעות זו נובעת מחוסר הבנה של השערת אבוגדרו.

**תת-סעיף ii (הציון 87)**

מהו הנפח של NH3(g) שהגיב בתגובה זו? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

8

3

240 ml × = 640 ml

(על פי השערת אבוגדרו, עבור גזים הנמצאים באותם תנאים של טמפרטורה ולחץ, היחס בין הנפחים הוא כמו היחס בין מספר המולים לפי ניסוח התגובה.)

הנפח של NH3(g) שהגיב:

או:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ- 8 מול NH3(g) התקבל 1 מול N2(g) .

הנפח של NH3(g) שהגיב: 80 ml × 8 = 640 ml

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

הציון גבוה. רוב התלמידים לא התקשו לחשב את הנפח של NH3(g) שהגיב. הטעויות המעטות שאותרו הן חוסר התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה - חוסר הבנה של השערת אבוגדרו:

עבור גזים הנמצאים באותם תנאים של טמפרטורה ולחץ, היחס בין הנפחים הוא כמו היחס בין מספר המולים לפי ניסוח התגובה.

**תת-סעיף iii (הציון 52)**

קבע אם במהלך התגובה הלחץ בכלי עלה, ירד או לא השתנה. נמק.

**התשובה:**

לחץ הגז בכלי ירד.

בתגובה זו מכל 11 מול גז במגיבים נוצר 1 מול גז (או: מספר המולים של גז במגיבים גדול ממספר

מולים של גז בתוצרים; או: בתגובה זו יש ירידה במספר המולים של גז).

(מספר ההתנגשויות של מולקולות הגז עם דפנות הכלי קטן, ולכן לחץ הגז בכלי יורד.)

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לקשר בין שינוי מספר המולים של גז במהלך התגובה לבין שינוי הלחץ בכלי. אפשר למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

⬩ חוסר ידע והבנה של מאפייני המצב הגזי:

• "נתון כי כל הגזים נמצאים באותם תנאי לחץ וטמפרטורה, כך שהלחץ לא השתנה".

⬩ חוסר הבנה שנפח הגז הנמצא בכלי סגור שווה לנפח הכלי ולא משתנה:

• "במהלך התגובה נפח המגיבים היה ***880*** מ"ל וירד ל- ***80*** מ"ל. יש יחס הפוך בין נפח ללחץ, לכן כשהנפח קטן הלחץ בכלי עולה."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

⬩ חוסר הבחנה בין גז למוצק מבחינת ההשפעה על לחץ בכלי. התייחסות למוצק כאל גורם לשינוי הלחץ בכלי:

• "הלחץ יורד, כי במהלך התגובה קיימת ירידה במפר המולים: מ- ***11*** מול מגיבים ל- ***7*** מול תוצרים."

**תת-סעיף iv (הציון 75)**

האם על פי הנתונים אפשר לחשב את מסת המוצק שהתקבל בתגובה (2)?

אם כן, חשב את מסת המוצק. אם לא, הסבר מדוע.

**התשובה:**

על פי הנתונים אי אפשר לחשב את מסת המוצק שהתקבל.

הנפח המולרי של גז בתנאי התגובה אינו נתון.

לכן אי אפשר לחשב את מספר המולים של הגזים שהתקבלו בתגובה (2) ובעזרתם לחשב את מספר

המולים של המוצק שהתקבל.

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

בתת-סעיף זה אותרו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וחישוב של מסת המוצק תוך שימוש בנפח מולרי של גז בתנאי תקן.

2. קביעה נכונה ללא הסבר או עם הסבר חלקי:

• "אי-אפשר כי אין מספיק נתונים."

מומלץ לתרגל עם התלמידים חישובים סטויכיומטריים עבור התגובות, שבהן משתתפים גזים.

שאלה לדוגמה:

בכלי סגור מגיבים בשלמות10 מ"ל פחמן דו-גופרי, CS2(g) , עם 30 מ"ל חמצן, O2(g) . תוצרי התגובה הם CO2(g) ו- SO2(g) . הנפחים של הגזים נמדדו באותה טמפרטורה.

א. מהו הנפח הכולל של התוצרים? פרט את חישוביך ונמק.

ב. קבע אם במהלך התגובה הלחץ בכלי עלה, ירד או לא השתנה. נמק.

**סעיף ג' (הציון82 )**

לפניך ניסוח תהליך ההמסה במים של NH4Br(s) :

(3) NH4Br(s) → NH4+(aq) + Br−(aq)

במעבדה הכינו 300 מ"ל תמיסה, על יד המסת NH4Br(s) במים.

מים

לתמיסה זו הוסיפו 120 מ"ל תמיסת כסף חנקתי, AgNO3(aq) , בריכוז 0.8 M .

התרחשה תגובה (4).

(4) Ag+(aq) + Br−(aq) → AgBr(s)

יוני Ag+(aq) ויוני Br−(aq) הגיבו בשלמות.

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**81**

**83**

**תת-סעיף i (הציון 83)**

כמה מול יוני Br−(aq) הגיבו עם יוני Ag+(aq) ? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

0.8 × 0.12 liter = 0.096 mol

mol

liter

מספר המולים של AgNO3 ב- 120 מ"ל תמיסה:

מ- 1 מול AgNO3 נוצר בתמיסה מימית 1 מול יוני Ag+(aq) .

מספר המולים של יוני Ag+(aq) ב- 120 מ"ל תמיסה: 0.096 mol

על פי הניסוח של תגובה (4), יחס המולים בין יוני Ag+(aq) ויוני Br−(aq) הוא 1:1 ,

לכן מספר המולים של יוני Br−(aq) שהגיבו: 0.096 mol

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

הציון גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את מספר המולים של היונים בתמיסה מימית.

הטעות העיקרית שאותרה היא חישוב מספר המולים של יוני Ag+(aq) ויוני Br−(aq) על פי הנפח הכולל

של שתי התמיסות:

• ***0.8 × 0.42 liter = 0.336 mol***

***mol***

***liter***

מומלץ לנתח עם התלמידים את הנתונים ולפרט את שלבי הפתרון:

300 מ"ל תמיסה - NH4Br(aq)

בריכוז 0.8M המכילה:

0.096 מול יוני NH4+(aq)

0.096 מול יוני Br−(aq)

120 מ"ל תמיסה - AgNO3(aq)

בריכוז 0.8M המכילה:

0.096 מול יוני Ag+(aq)

0.096 מול יוני NO3−(aq)

בערבוב התמיסות מתרחשת התגובה:

Ag+(aq) + Br−(aq) → AgBr(s)

הגיבו 0.096 מול 0.096 מול הגיבו

לאחר הערבוב - לפני התגובה

ב- 420 מ"ל תמיסה נמצאים:

0.096 מול יוני Ag+(aq)

0.096 מול יוני NO3−(aq)

0.096 מול יוני NH4+(aq)

0.096 מול יוני Br−(aq)

לאחר התגובה בכלי נמצאים:

0.096 מול AgBr(s) ותמיסה המכילה:

0.096 מול יוני NO3−(aq)

0.096 מול יוני NH4+(aq)

(יוני NH4+(aq) ויוני NO3−(aq) לא הגיבו -

יונים משקיפים)



**תת-סעיף ii (הציון81)**

מהו הריכוז המולרי של תמיסת NH4Br(aq) שהכינו במעבדה? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

0.096 mol

0.3 liter

= 0.32 M

(מספר המולים של יוני Br−(aq) ב- 300 מ"ל תמיסה: 0.096 mol)

מ- 1 מול NH4Br נוצר בתמיסה מימית 1 מול יוני Br−(aq) .

מספר המולים של NH4Br ב- 300 מ"ל תמיסה: 0.096 mol

הריכוז המולרי של NH4Br(aq) :

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

רוב התלמידים קבעו נכון את מספר המולים של NH4Br בתמיסה שהכינו במעבדה ואת הריכוז

המולרי של NH4Br(aq) בתמיסה. הטעות העיקרית בתת-סעיף זה היא חישוב על פי סכום המולים של

יוני NH4+(aq) ויוני Br−(aq) :

***0.096 mol + 0.096 mol***

***0.3 liter***

• ***= 0.64 M***

שאלה 6

חמצון-חיזור וסטויכיומטריה

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

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 28% מהתלמידים**

**69**

**86**

**77**

**67**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

9%

0-40

10%

55-84

38%

85-100

43%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לקבוע דרגות חמצון של אטומים ביסודות, בתרכובות וביונים מורכבים.

⮘ להשתמש בערכים של אלקטרושליליות לקביעת דרגת חמצון של אטומים בתרכובות מולקולריות וביונים מורכבים.

⮘ להשתמש נכון במושגים הקשורים בתהליכי חמצון-חיזור: חמצון, חיזור, מחמצן, מחזר.

⮘ לקבוע דרגת החמצון המרבית ודרגת החמצון המזערית של אטומי יסוד על פי מיקומו בטבלה המחזורית.

⮘ לקבוע, על פי דרגת החמצון המרבית ודרגת החמצון המזערית של אטומי יסוד, אם הם יכולים לשמש כמחמצן, כמחזר או גם כמחמצן וגם כמחזר.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ לחשב את מספר מול אלקטרונים העוברים בתגובת חמצון-חיזור.

⮘ להגדיר מהי סגסוגת.

⮘ ליישם את הידע במבנה המתכתי ובכוחות הפועלים בין חלקיקים במתכת.

⮘ לתאר את מבנה של מתכת ושל סגסוגת ברמה מיקרוסקופית.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

תרכובות המכילות יוני כרומט, CrO42− , משמשות בתעשיית הציפויים של מתכות.

+3

יוני CrO42−(aq) הם רעילים, ולכן שפכים תעשייתיים המכילים יוני CrO42−(aq) חייבים לעבור טיפול לפני הזרמתם לביוב.

במהלך הטיפול במי שפכים יוני CrO42−(aq) הופכים לחלקיקים שבהם דרגת החמצון של אטומי Cr

היא .

**סעיף א' (הציון 69)**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**64**

**74**

**תת-סעיף i (הציון 74)**

האם לטיפול ביוני CrO42−(aq) דרוש חומר מחמצן או חומר מחזר? נמק.

**התשובה:**

+3

+6

דרוש חומר מחזר.

במהלך הטיפול ביוני CrO42−(aq) דרגת החמצון של אטומי כרום יורדת מ- ל-

(או: יוני CrO42−(aq) מקבלים אלקטרונים).

(אטומי הכרום עוברים חיזור) לשם כך דרוש חומר מחזר.

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

+3

הטעות האופיינית העיקרית בתת-סעיף זה היא קביעה שגויה הנובעת מבלבול בין מטען שלילי של יון מורכב CrO42− לבין דרגת חמצון של אטום כרום ביון זה:

• "צריך מחמצן, מפני של- ***CrO42−(aq)***יש עודף של ***2*** אלקטרונים, ולכן החומר, שמטרתו לאזן את ***CrO42−(aq)***,צריך לקחת ממנו ***2*** אלקטרונים."

או מחוסר ידע בקביעת דרגת חמצון וחוסר הבנת הנתון בשאלה - דרגת החמצון היא של תוצר התגובה ולא של המגיב:

• "דרגת החמצון של ***Cr*** ביון ***CrO42−(aq)***היא ***+3*** ולכן הוא מוסר אלקטרונים. משום ש- ***Cr*** צריך לעלות בדרגת חמצון, כלומר הוא צריך למסור אלקטרונים, ולכן הוא משמש כמחזר. לכן לטיפול ביוני ***CrO42−(aq)*** דרוש מחמצן."

**תת-סעיף ii (הציון 64)**

רק אחד משני החומרים, יוד, I2(s) , או פלואור, F2(g) , יכול להתאים לטיפול ביוני CrO42−(aq) שבמי השפכים. קבע מהו החומר המתאים. נמק.

**התשובה:**

−1

+7

I2(s) - הוא החומר המתאים.

דרגת החמצון המרבית של אטומי יוד היא , דרגת החמצון המזערית של אטומי יוד היא .

דרגת החמצון של אטומי יוד ב- I2(s) היא אפס. דרגת החמצון של אטומי יוד יכולה לעלות

(או: אטומי יוד יכולים לאבד/למסור אלקטרונים) ולכן I2(s) יכול לפעול כמחזר.

F2(g) - לא מתאים.דרגת החמצון של אטומי פלואור ב- F2(g) היא אפס. זאת דרגת החמצון המרבית של אטומי פלואור. דרגת החמצון של אטומי פלואור יכולה רק לרדת (או: אטומי פלואור יכולים רק לקבל אלקטרונים; או: האלקטרושליליות של הפלואור היא הגבוהה ביותר;

או: F2(g) יכול לפעול רק כמחמצן), ולכן F2(g) לא מתאים.

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

הציון נמוך יחסית. הטעות העיקרית האופיינית היא קביעה שגויה המלווה בנימוקים לא מתאימים המצביעים על חוסר ידע והבנה של המושגים בנושא "חמצון-חיזור":

⬩ טענה שפלואור הוא מחמצן חזק ולכן הוא זה שדרוש בטיפול:

• ***F2> Cl2> Br2 > I2"*** - כמחמצן. ***F2*** מחמצן חזק מ- ***I2***, לכן הוא יחמצן יוני ***CrO42−(aq)*** ."

⬩ הגדרה של פלואור כמחזר חזק:

• פלואור יכול להתאים לטיפול, מכיוון שפלואור הינו החומר המחזר הכי טוב בטור ההלוגנים, ולכן ***F*** יתאים לחזר את ***Cr.***"

⬩ קביעה על פי אלקטרושליליות של ההלוגנים:

• "פלואור הוא החומר המתאים כי יש לו אלקטרושליליות גבוהה יותר מאשר ליוד."

**סעיף ב' (הציון86 )**

אחת השיטות לטיפול ביוני CrO42−(aq) שבמי השפכים היא באמצעות תגובה עם גפרית

דו-חמצנית, SO2(g) .

יוני CrO42−(aq) מגיבים עם SO2(g) על פי תגובה (1):

(1) 3SO2(g) + 2CrO42−(aq) + 4H3O+(aq) → 3SO42−(aq) + 2Cr3+(aq) + 6H2O(l)

בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר.

כמה מול יוני CrO42−(aq) מגיבים עם 150 ליטר SO2(g) ? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

150 liter

25

liter

mol

= 6 mol

2

3

6 mol × = 4 mol

מספר המולים של SO2(g) ב- 150 ליטר:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 3 מול SO2(g) מגיבים עם 2 מול יוני CrO42− .

מספר המולים של יוני CrO42− שהגיבו:

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים עבור התגובה שבה מעורב גז.

**סעיף ג' (הציון 77)**

שיטה אחרת לטיפול ביוני CrO42−(aq) שבמי השפכים היא באמצעות תגובה עם ברזל, Fe(s) .

**81**

**75**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 75)**

קבע איזה מבין שני הניסוחים (3)-(2) שלפניך הוא הניסוח הנכון של תגובה בין יוני CrO42−(aq)

ל- Fe(s) .נמק.

(2) 2CrO42−(aq) + Fe(s) + 4H3O+(aq) → 2CrO3(s) + Fe3+(aq) + 6H2O(l)

(3) CrO42−(aq) + Fe(s) + 8H3O+(aq) → Cr3+(aq) + Fe3+(aq) + 12H2O(l)

**התשובה:**

+3

+6

+3

0

+6

תגובה (3).

התגובה בין יוני CrO42−(aq) ל- Fe(s) היא תגובת חמצון-חיזור.

בתגובה (3) יש ירידה בדרגת החמצון של אטומי הכרום שביוני CrO42−(aq) מ- ל-

ועלייה בדרגת החמצון של אטומי הברזל (מ- ל- .

או:

בתגובה (2) אין שינוי בדרגת החמצון של אטומי Cr (או: דרגת החמצון של אטומי Cr במגיבים ובתוצרים היא ורק דרגת החמצון של אטומי Fe משתנה). לכן ניסוח (2) אינו נכון.

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

רוב התלמידים בחרו בניסוח הנכון, הטעויות הופיעו בנימוקים, כגון בחירת הניסוח על פי הנתון שבתחילת השאלה:

• "ניסוח ***(3)***, כי ***Cr3+*** היה נתון בשאלה."

**תת-סעיף ii (הציון 81)**

על פי ניסוח התגובה שבחרת בתשובתך לתת-סעיף ג i , חשב כמה מול אלקטרונים עוברים בתגובה שבה מגיבים 101 גרם Fe(s) . פרט את חישוביך.

**התשובה:**

56

gr

mol

= 1.8 mol

101 gr

56

gr

mol

+3

0

המסה המולרית של Fe(s) :

מספר המולים של Fe(s) שהגיבו:

בתגובה של 1 מול Fe(s) עוברים 3 מול אלקטרונים.

(דרגת החמצון של אטומי Fe משתנה מ- ל- .)

מספר המולים של האלקטרונים שעברו בתגובה של 1.8 מול Fe(s) : 1.8 mol × 3 = 5.4 mol

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

הציון די גבוה. רוב התלמידים חישבו נכון את מספר המולים של אלקטרונים שעוברים בתגובה של מסה נתונה של ברזל. הטעויות שהופיעו בתת-סעיף זה הן טעויות חישוב עקב הסתבכות ביחסי המולים בין המגיבים או עקב הבנה שגויה של נתון - רשמו 101 מול במקום 101 גרם.

**סעיף ד' (הציון 67)**

פלדות אל-חלד הן סגסוגות של ברזל, Fe(s) , המכילות לפחות 11.5% כרום, Cr(s) .

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**70**

**61**

**תת-סעיף i (הציון 61)**

מהי דרגת החמצון של אטומי כרום בפלדות אל-חלד? נמק.

**התשובה:**

דרגת החמצון היא אפס.

סגסוגת היא תערובת של מתכות. מתכת היא יסוד ולאטום של יסוד יש דרגת חמצון אפס.

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

הציון נמוך. הטעויות האופייניות שאותרו נובעות מחוסר ידע והבנה מהי סגסוגת, מהו המבנה שלה.

חלק מהתלמידים חשבו שזאת תרכובת וקבעו בהתאם את דרגת החמצון של אטומי כרום. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה המלווה בנימוקים המצביעים על תפיסה שגויה של מבנה הסגסוגת:

• "דרגת החמצון של אטומי כרום בפלדת אל חלד היא ***−3***, מכיוון שאטומי הכרום הם בעלי אלקטרושליליות הגבוהה משל ***Fe*** ומושכים אליהם אלקטרונים חזק יותר".

• "דרגת חמצון של כרום בפלדת אל חלד ***−2/−3*** , משום שהוא בסגסוגת עם ברזל בדרגת חמצון ***+2/+3*** בהתאמה."

• "דרגת החמצון של אטומי כרום היא ***+3*** כי הוא זה שמקבל אלקטרונים - סימן שהוא מחמצן."

• "***+6*** זאת דרגת חמצון מקסימלית בגלל שסגסוגת עמידה מפני קורוזיה ,האטומים שלה לא מוסרים אלקטרונים."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוקים הנובעים גם הם מתפיסה שגויה של מושג "סגסוגת":

• " ***0***,מפני שזו סגסוגת, כלומר זה חומר מולקולרי."

• "דרגת החמצון של ***Cr*** היא ***0***,כי תפקידה הוא לעבור חמצון, כלומר להיות מחזרת. לכן היא בדרגת החמצון המינימלית שלה."

• "דרגת החמצון היא ***0***, מפני שלמתכת אין יכולת לקבל אלקטרונים ולהיות שלילית."

כדי להמחיש את ההבדל בין סגסוגת (תערובת) לבין תרכובת מומלץ לעבור עם התלמידים על המצגות בנושא "יחסים וקשרים בעולם החומרים", שהוכנו על ידי ד"ר דורית בר וירדן קדמי. המצגות נמצאות באתר המפמ"ר בדף:

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

**תת-סעיף ii (הציון 70)**

הכרום שבפלדת אל-חלד מגיב עם חמצן, O2(g) , המצוי באוויר. על פני הסגסוגת נוצרת שכבה דקה של התחמוצת Cr2O3(s) , המקנה לסגסוגת עמידות בפני קורוזיה.

קבע אם בתהליך היווצרות התחמוצת, הכרום מגיב כמחזר או כמחמצן. נמק.

**התשובה:**

+3

0

הכרום מגיב כמחזר.

בתהליך היווצרות התחמוצת דרגת החמצון של אטומי כרום עולה מ- ל- .

הכרום מגיב כמחזר (אטומי כרום מאבדים/מוסרים אלקטרונים).

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

רוב התלמידים קבעו נכון, אך חלקם לא הצליחו לנמק נכון את קביעתם:

• "כרום מגיב כמחזר, כי הוא יכול רק לחזר."

• "כמחזר, כי הוא עובר חיזור."

היו תלמידים שטעו בקביעה, כי התייחסו לדרגת החמצון של כרום בתוצר ולא הזכירו את השינוי בדרגת החמצון:

• "בתהליך היווצרות התחמוצת הכרום מגיב כמחמצן, מכיוון שדרגת החמצון שלו היא הכי גבוהה בתחמוצת - כרום יכול רק לחמצן."

מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלה שתכיל דרגות חמצון של אטומי המגיבים והתוצר:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | דרגת החמצון של אטומי | | תפקיד בתגובת חמצון-חיזור |
| כרום, Cr | חמצן, O  +3  0  0  −2 |
| מגיבים | Cr(s) |  |  | מחזר |
| O2(g) |  |  | מחמצן |
| תוצר | Cr2O3(g) |  |  |  |

מומלץ לפתור עם התלמידים תרגילים שעשויים לחזק את הידע של התלמידים בנושא "חמצון-חיזור", לדוגמה מומלץ לעבור על ניתוח סעיף ד' של שאלה 1 בניתוח בחינת הבגרות תשע"ג.

שאלה 7

חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

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

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 65% מהתלמידים**

## א ב ג

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

**75**

**54**

**84**

41-54

9%

0-40

12%

55-84

44%

85-100

35%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ לזהות את נוסחאות החומרים המולקולריים, שמגיבים עם מים. בתגובה נוצרים יוני הידרוניום, H3O+(aq) , - מתקבלת תמיסה חומצית.

⮘ לזהות את נוסחאות החומרים היוניים, שבהמסתם במים מתפרקים ליוני הידרוקסיד, OH−(aq) , וליונים נוספים - מתקבלת תמיסה בסיסית

⮘ לנסח תגובות המתרחשות בין חומרים מולקולריים למים, שבהן מתקבלת תמיסה חומצית.

⮘ לנסח את תהליכי ההמסה של בסיסים, שהם חומרים יוניים המכילים יוני OH−(aq) .

⮘ להגדיר את המושג "pH התמיסה" ולהשתמש בסקלת pH .

⮘ לקשר בין ריכוז יוני הידרוניום, H3O+(aq) , בתמיסה לבין ערך ה- pH החומצי: ככל שריכוז יוני H3O+(aq) גבוה יותר, ערך ה- pH קטן יותר - תמיסה חומצית יותר.

⮘ לקשר בין ריכוז יוני הידרוקסיד, OH−(aq) . בתמיסה לבין ערך ה- pH הבסיסי: ככל שריכוז יוני OH−(aq) גבוה יותר, ערך ה- pH גדול יותר - תמיסה בסיסית יותר.

⮘ ליישם את הידע על סוג החומצה - חד-פרוטית או דו-פרוטית, כדי לחשב את ריכוז יוני H3O+(aq) בתמיסה כשנתון ריכוז החומר בתמיסה.

⮘ לנסח תגובת סתירה ולבצע חישובים סטויכיומטריים עבור היונים בתמיסה המימית, על פי הנתונים על התגובה.

⮘ לקבוע מהם היונים הנמצאים בתמיסה לאחר התגובה (יוני המגיב שהיו בעודף, יונים משקיפים).

⮘ לקשר בין מיהול התמיסה החומצית לירידה בריכוז יוני H3O+(aq) ולעלייה ב- pH התמיסה.

⮘ לקבוע שבערבוב תמיסת מלח ותמיסת החומצה, המכילות אותם יונים, לא מתרחשת תגובה.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים עבור תגובות סתירה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

##### בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על ארבע תמיסות מימיות (4)-(1).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| התמיסה | **נוסחת החומר שהוכנס למים** | נפח התמיסה (מ"ל) | ריכוז התמיסה (M) |
| (1) | HBr(g) | 300 | 0.03 |
| (2) | H2SO4(l) | 200 | 0.02 |
| (3) | NaOH(s) | 300 | 0.03 |
| (4) | HI(g) | 200 | ? |

**סעיף א' (הציון 75)**

**82**

**77**

**60**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**תת-סעיף i (הציון 82)**

נסח את התהליך שמתרחש כאשר מכניסים למים כל אחד משלושת החומרים:

. NaOH(s) , H2SO4(l) , HBr(g)

**התשובה:**

(1) HBr(g) + H2O(l) → H3O+(aq) + Br−(aq)

(2) H2SO4(l) + 2H2O(l) → 2H3O+(aq) + SO42−(aq)

(3) NaOH(s) → Na+(aq) + OH−(aq)

מים

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

רוב התלמידים קבעו נכון את סוגי החומרים הנתונים ונסחו את התגובות. הטעויות האופייניות שאותרו הן:

⬩ רישום מים במגיבים או גם במגיבים וגם בתוצרים בתהליך ההמסה של NaOH(s):

• ***NaOH(s) + H2O(l) → Na+(aq) + OH−(aq)***

• ***NaOH(s) + H2O(l) → Na+(aq) + OH−(aq) + H2O(l)***

⬩ התייחסות לתגובות של H2SO4(l) ו- HBr(g) עם מים כאל התליכי המסה ורישום יוני מימן במקום יוני הידרוניום:

***מים***

***מים***

• ***HBr(g) → H+(aq) + Br−(aq)***

• ***H2SO4(l) → 2H+(aq) + SO42−(aq)***

⬩ טעויות במטען של יוני SO42−(aq) :

• ***SO4−(aq)***

⬩ חוסר הבחנה בין חומצה חד-פרוטית לבין חומצה דו-פרוטית.

⬩ טעויות באיזון של ניסוחי התגובות.

**תת-סעיף ii (הציון 77)**

דרג את שלוש התמיסות (3)-(1) לפי ה- pH , מהנמוך לגבוה.

**התשובה:**

H2SO4(aq) , HBr(aq) , NaOH(aq)

pH עולה

(2) (1) (3)

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

##### רוב התלמידים דרגו נכון את שלוש התמיסות לפי ה- pH , אך הופיעו גם טעויות, הנובעות בעיקר מחוסר הבנה של המושג "pH התמיסה":

##### ⬩ דירוג תמיסות I ו- II על פי ריכוז מולרי של מולקולות החומצה במקום ריכוז מולרי של יוני H3O+(aq) בתמיסה - חוסר התייחסות לכך שהחומצה הגפרתית היא דו-פרוטית:

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

***HBr(aq) , H2SO4(aq) , NaOH(aq)***

***pH*** עולה

•

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

***NaOH(aq) , HBr(aq) , H2SO4(aq)***

***pH*** עולה

•

##### ⬩ דירוג הפוך של pH - התייחסות אל pH חומצי כאל גבוה יותר מ- pH בסיסי:

**תת-סעיף iii (הציון 60)**

ה- pH של תמיסה (4) שווה ל- pH של תמיסה (2). קבע מהו הריכוז של תמיסה (4). נמק.

**התשובה:**

0.04 M .

ה- pH של שתי התמיסות שווה. המסקנה: ריכוז יוני H3O+(aq) בשתי התמיסות שווה.

(הריכוז של תמיסת H2SO4(aq)הוא 0.02 M .)

הריכוז של יוני H3O+(aq) בתמיסת H2SO4(aq)הוא .0.04 M , כי מ- 1 מול של חומצה

נוצרים 2 מול יוני H3O+(aq) (או: H2SO4(aq) היא חומצה דו-פרוטית).

לפיכך גם הריכוז של יוני H3O+(aq) בתמיסת HI(aq)הוא .0.04 M .

לכן הריכוז של תמיסת HI(aq)הוא .0.04 M ( HI(aq)היא חומצה חד-פרוטית).

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

הציון נמוך. גם בתת-סעיף זה הטעויות הנובעות בעיקר מחוסר הבנה של המושג "pH התמיסה".

הטעויות האופייניות שאותרו:

⬩ חוסר הבחנה בין ריכוז החומצה בתמיסה לבין ריכוז יוני H3O+(aq) . התעלמות מכך שחומצה H2SO4(aq) היא דו-פרוטית וחומצה HI(aq) היא חד פרוטית - חוסר התייחסות לכך שמ- 1 מול של חומצה H2SO4(aq) נוצרים 2 מול יוני H3O+(aq) :

•"אם ה- ***pH*** שווה, אז הריכוז שווה - ***0.02 M*** ."

•"***0.02 M*** , כי יש אותו נפח ואותו ***pH*** ."

⬩ מעבר שגוי מריכוז חומצה דו-פרוטית בתמיסה לריכוז יוני H3O+(aq) :

•"ריכוז תמיסה ***(4)*** הוא ***0.01 M*** , מכיוון שה- ***pH*** של שתי התמיסותשווה והחומצה בתמיסה ***(4)*** היא דו-פרוטית. לכן הריכוז תמיסה ***(4)*** קטן פי **2** הריכוז תמיסה ***(4)***."

⬩ קישור ה- pH למספר המולים של יוני H3O+(aq) במקום לריכוזם:

•"ה- ***pH*** של התמיסותשווה, לכן מספר המולים של ***H3O+(aq)*** בשתי התמיסות שווה."

מומלץ להכין - יחד עם התלמידים, ציורים המתארים באופן סכמתי את התמיסות המימיות של החומרים הנתונים ברמה מיקרוסקופית, כגון:

תמיסה (2) H2SO4(aq) תמיסה (1)HBr(aq)

תמיסה (4) HI(aq) תמיסה (3)NaOH(aq)

**SO4**

**2−**

**SO4**

**2−**

**H3O+**

**H3O+**

**H3O+**

**H3O+**

**H3O+**

**H3O+**

**Br−**

**Br−**

**H3O+**

**H3O+**

**I−**

**I−**

**OH−**

**Na+**

**Na+**

**OH−**

ציורים מסוג זה המלווים בתיאורים מילוליים של תמיסות מימיות - חומציות ובסיסיות, עשוים לעזור לתלמידים לנסח תגובות המתרחשות בין חומרים מולקולריים למים, שבהן מתקבלת תמיסה חומצית, ותהליכי ההמסה של בסיסים, שהם חומרים יוניים המכילים יוני OH−(aq) , לקשר בין ריכוז יוני הידרוניום, H3O+(aq) , בתמיסה לבין ערך ה- pH החומצי ובין ריכוז יוני הידרוקסיד, OH−(aq) , בתמיסה לבין ערך ה- pH הבסיסי. כמו כן המחשה מסוג זה עשויה לעזור לתלמידים ליישם את הידע על סוג החומצה: חד-פרוטית או דו-פרוטית, כדי לחשב את ריכוז יוני H3O+(aq) בתמיסה כשנתון ריכוז החומר בתמיסה.

**סעיף ב' (הציון 54)**

**56**

**53**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii

**תת-סעיף i (הציון 53)**

ערבבו 200 מ"ל תמיסה (1) עם 100 מ"ל תמיסה (3).

ציין את כל סוגי היונים בתמיסה שהתקבלה לאחר הערבוב. נמק.

**התשובה:**

יוני H3O+(aq) , יוני Na+(aq) , יוני Br−(aq) .

ב- 200 מ"ל תמיסה (1) יש 0.006 מול יוני H3O+(aq) ו- 0.006 מול יוני Br−(aq) .

ב- 100 מ"ל תמיסה (3) יש 0.003 מול יוני Na+(aq) ו- 0.003 מול יוני OH−(aq) .

כאשר מערבבים את שתי התמיסות מתרחשת תגובת סתירה בין יוני H3O+(aq) ליוני OH−(aq) .

0.003 מול יוני OH−(aq) מגיבים עם 0.003 מול יוני H3O+(aq) .

בתמיסה שהתקבלה יש יוני H3O+(aq) שלא הגיבו (או: שהיו בעודף), יוני Na+(aq) ויוני Br−(aq) (שהם

יונים משקיפים) שלא השתתפו בתגובת הסתירה.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים לא הצליחו לקבוע מהם היונים הנמצאים בתמיסה לאחר הערבוב - לאחר התרחשות תגובת סתירה.

⬩ התעלמות מהנתונים הכמותיים בתת-סעיף או התייחסות לנתונים שבתחילת השאלה - לתגובה שהתרחשה ללא עודפים:

• "היונים בתמיסה שהתקבלה לאחר הערבוב הם יוני ***Na+(aq)*** , ויוני ***Br−(aq)*** ."

• "מתרחשת תגובת סתירה, בין יוני ***H3O+(aq)*** ויוני ***OH−(aq)*** ובתמיסה נשארים יוני ***Na+(aq)*** ויוני ***Br−(aq)*** ."

⬩ חוסר התייחסות ליוני Na+(aq) - יונים משקיפים:

• "בתמיסה נמצאים יוני ***H3O+(aq)*** , ויוני ***Br−(aq)*** , כי ***HBr(aq)*** היה בעודף."

⬩ רישום של כל היונים ללא הסבר:

• "היונים בתמיסה: ***H3O+(aq)*** , ***OH−(aq)*** , ***Na+(aq)*** , ***Br−(aq)*** ."

⬩ קביעה שגויה בתגובה שנוצר משקע של נתרן ברומי:

• "בתמיסה שהתקבלה אין יונים: התרחשה תגובת סתירה ונוצר משקע ***NaBr(s)*** ."

מומלץ לנתח עם התלמידים את הנתונים ולפרט את שלבי הפתרון:

200 מ"ל תמיסה (1) - HBr(aq)

בריכוז 0.03M המכילה:

0.006 מול יוני H3O+(aq)

0.006 מול יוני Br−(aq)

100 מ"ל תמיסה (3) - NaOH(aq)

בריכוז 0.03M המכילה:

0.003 מול יוני Na+(aq)

0.003 מול יוני OH−(aq)

בערבוב התמיסות מתרחשת התגובה:

H3O+(aq) + OH−(aq) → 2H2O(l)

הוכנסו 0.003 מול 0.006 מול הוכנסו

הגיבו 0.003 מול 0.003 מול הגיבו

לא נשאר עודף 0.003 מול נשארו בעודף

יוני Na+(aq) ויוני Br−(aq) לא הגיבו (יונים משקיפים).

בתום התגובה ב- 300 מ"ל תמיסה נמצאים:

0.003 מול יוני H3O+(aq)

0.003 מול יוני Na+(aq)

0.006 מול יוני Br−(aq)

**תת-סעיף ii (הציון 56)**

ל- 100 מ"ל של תמיסה (1) הוסיפו תמיסת NaBr(aq) .

ה- pH של התמיסה שהתקבלה היה גבוה מה- pH של תמיסה (1). הסבר מדוע.

**התשובה:**

(ה- pH נקבע על ידי ריכוז יוני H3O+(aq) בתמיסה. ככל שריכוז יוני H3O+(aq) בתמיסה נמוך יותר,

ה- pH של התמיסה גבוה יותר).

יוני Na+(aq) ויוני Br−(aq) שבתמיסת NaBr(aq) אינם מגיבים עם יוני H3O+(aq) שבתמיסה (1).

כאשר מוסיפים תמיסת NaBr(aq) לתמיסה (1), נפח התמיסה גדל (או: מוהלים את התמיסה), ריכוז

יוני H3O+(aq) בתמיסה קטן וה- pH עולה.

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

הציון נמוך. תלמידים רבים התקשו לקבוע מה מתרחש לאחר ערבוב תמיסות. הטעות העיקרית היא

קביעה שגויה שנתרן ברומי הוא בסיס:

• "***NaBr(s)*** הוא בסיס ולכן ***pH*** התמיסה עלה."

• "***NaBr(s)*** הוא חומר בסיסי שמגיב עם חומצה, כתוצאה מכך **pH** התמיסה עולה."

טעות נוספת היא חוסר הבחנה בין ריכוז יוני H3O+(aq) לבין ריכוזם (אי הבנה שמספר המולים של

יוני H3O+(aq) לא משתנה):

• "בערבוב התקבלו פחות מולים של יוני הידרוניום..."

גם בתת-סעיף זה מומלץ לנתח עם התלמידים את שלבי הפתרון:

מוסיפים תמיסת

NaBr(aq) המכילה

יוני Na+(aq) ויוני Br−(aq)

שאינם מגיבים עם

יוני H3O+(aq)

100 מ"ל תמיסה (1) - HBr(aq)

בריכוז 0.03M המכילה:

0.003 מול יוני H3O+(aq)

ו- 0.003 מול יוני Br−(aq)

נפח התמיסה גדל, אך

מספר המולים של

יוני H3O+(aq) לא משתנה -

ריכו יוני H3O+(aq) קטן

pH התמיסה עולה

**סעיף ג' (הציון 84)**

נוגדי חומצה משמשים תרופות הסותרות עודף חומציות בקיבה.

טבלייה אחת של נוגד חומצה מסוים מכילה 0.2 גרם מגנזיום הידרוקסידי, Mg(OH)2(s) ,

ו- 0.2 גרם אלומיניום הידרוקסידי, Al(OH)3(s) .

כאשר נוגד חומצה זה בא במגע עם הסביבה החומצית שבקיבה מתרחשות תגובות (1) ו- (2):

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

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

חשב את המספר הכולל של המולים של יוני H3O+(aq) המגיבים עם טבלייה אחת של נוגד חומצה זה. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

58

gr

mol

= 0.00345 mol

0.2 gr

58

gr

mol

78

gr

mol

= 0.00256 mol

0.2 gr

78

gr

mol

המסה המולרית של Mg(OH)2(s) :

מספר המולים של Mg(OH)2(s) בטבלייה אחת של נוגד חומצה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול Mg(OH)2(s) מגיב עם 2 מול יוני H3O+(aq) ,

לכן מספר המולים של יוני H3O+(aq) שהגיבו:  0.00345 mol × 2 = 0.0069 mol

המסה המולרית של Al(OH)3(s) :

מספר המולים של Al(OH)3(s) בטבלייה אחת של נוגד חומצה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול Al(OH)3(s) מגיב עם 3 מול יוני H3O+(aq)

לכן מספר המולים של יוני H3O+(aq) שהגיבו:  0.00256 mol × 3 = 0.00768 mol

מספר המולים הכולל של יוני H3O+(aq) המגיבים עם טבלייה אחת של נוגד החומצה:

0.0069 mol + 0.00768 mol = 0.01458 mol

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

הציון גבוה. רוב התלמידים ביצעו נכון את החישובים הסטויכיומטריים עבור תגובות סתירה.

הטעויות שאותרו הן בעיות חישוב. היו תלמידים שהתקשו לקרוא את התוצאות במחשבון - לא התייחסו לחזקות ורשמו ***7.68 , 2.56*** .

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים המתוארים בשאלה זו - הסעיפים שלה מנוסחים בדומה להנחיות לביצוע ניסויים.

בעת הוראת הפרק "חומצות ובסיסים" מומלץ לבצע עם התלמידים יישומון שהוא למעשה סרט אינטראקטיבי שבו אפשר לקבוע את המשך הסרט ואת סופו - לפי הבחירות שעושים במהלך הסרט.   
היישומון עוסק בתגובות חומצה-בסיס ופותח על פי תוכנית הלימודים בנושא חומצה בסיס בישראל, על ידי ד"ר דבורה קצביץ וד"ר מלכה יאיון, לפי תגובות החומצה והבסיס שצריך לדעת לבגרות. הוא מאפשר לראות איך נראות התגובות הכימיות בפועל, מעבר למשוואות התגובה. היישומון נמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1062>

שאלה 8

כימיה של מזון

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

**ציונים ממוצעים של סעיפי השאלה: בחרו בשאלה 46% מהתלמידים**

**67**

**97**

**66**

**77**

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## ד ג ב א

41-54

9%

0-40

8%

55-84

40%

85-100

43%

**כדי לענות על שאלה זו על התלמיד:**

⮘ ולרשום ולקרוא נוסחאות ייצוג שונות של חומצות שומן: רישום מקוצר, ייצוג מקוצר של נוסחת מבנה, ייצוג מלא לנוסחת מבנה.

⮘ להגדיר את המושגים: "רווי", "לא-רווי" ולהסביר את ההבדל ביניהם.

⮘ לציין ולהסביר גורמים המשפיעים על חוזק הכוחות הפועלים בין מולקולות של חומצות שומן.

⮘ להסביר השפעת קשרים כפולים בתוך מולקולות של חומצות שומן על חוזק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות של חומצות שומן.

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

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

⮘ לזהות, על פי ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של טריגליצריד, מאילו חומצות שומן נוצר טריגליצריד זה. לנסח את תגובת ההידרוליזה של טריגליצריד.

⮘ ליישם את כללי המסיסות של חומרים מולקולריים ולקבוע אם חומר מולקולרי עשוי להתמוסס במים או בממס אל מימי, כגון בשמן.

⮘ לבצע חישובים סטויכיומטריים.

⮘ ליישם את המידע החדש - לבצע חישוב על פי הנוסחה החדשה שנתונה בשאלה.

**רמות חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום**

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

שמן זית הוא אחד משמני המאכל הנפוצים בעולם ובמיוחד באזור הים התיכון.

מרבית חומצות השומן שבשמן זית נמצאות בטריגליצרידים, ומקצתן מצויות כחומצות שומן חופשיות.

בטבלה שלפניך מוצגות חומצות השומן העיקריות המצויות בשמן שמן זית.

|  |  |
| --- | --- |
| חומצת השומן | רישום מקוצר  של חומצת שומן |
| פלמיטית | C16:0 |
| סטארית | C18:0 |
| אולאית | C18:1ω9, cis |
| לינולאית | C18:2ω6, cis, cis |

**סעיף א' (הציון 67)**

טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית.

הסבר מדוע.

**התשובה:**

(במולקולות של שתי חומצות השומן יש אותו מספר של אטומי פחמן ובשתיהן יש קשרים כפולים

במבנה ציס.)

במולקולה של חומצה לינולאית יש שני קשרים כפולים במבנה ציס, בעוד שבמולקולה של חומצה

אולאית יש רק קשר כפול אחד במבנה ציס.

קשר כפול במבנה ציס יוצר כיפוף במולקולה של חומצת השומן.

בגלל הכיפוף, המולקולות לא יכולות להסתדר באריזה צפופה (או: הכיפוף מפריע להתקרבות המולקולות).

ככל שיש יותר קשרים כפולים במבנה ציס יש יותר אזורים כפופים במולקולה, ולכן בין המולקולות של חומצה לינולאית יש אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות יותר.

נדרשת פחות אנרגיה להחלשת הקשרים הבין מולקולריים ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה יותר.

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

הציון נמוך יחסית. תלמידים רבים התקשו להסביר את ההבדל בין טמפרטורות ההיתוך של שתי החומצות. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא חוסר שלב אחד או יותר בהסבר:

⬩ רוב התלמידים שטעו ציינו שבמולקולה של חומצה לינולאית יש יותר קשרים כפולים מאשר במולקולה של חומצה אולאית, אך מכאן המשיכו להבדל בטמפרטורות היתוך, ללא אזכור של מבנה ציס, צפיפות אריזה ואינטראקציות ון-דר-ואלס:

• "טמפרטורת היתוך נמוכה, כי יש יותר קשרים כפולים."

• "טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה יותר, כי במולקולה שלה יש יותר קשרים כפולים."

טעויות נוספות שאותרו הן:

⬩ הסברים שגויים של תפקיד קשרים כפולים:

התייחסות לקשרים קוולנטיים:

• "קשר כפול גורם למולקולה להיות מסועפת."

• "קשר כפול במולקולה חזק מקשר יחיד."

התייחסות לגודל ענני אלקטרונים:

• "ענן אלקטרונים שמכיל פחות אטומי מימן גורם לטמפרטורת היתוך נמוכה יותר."

⬩ חוסר הבחנה בין חומר לבין מולקולה בודדת שלו:

• "קשר כפול במבנה ציס גורם לכיפוף במולקולה, ולכן היא פחות צפופה."

• "אינטראקציות ון-דר-ואלס במולקולה."

⬩ ציון "קשרים בין מולקולריים" במקום אינטראקציות ון-דר-ואלס.

במהלך לימוד הנושא "חומצות שומן" חוזרים להיבטים רבים של הנושא "מבנה וקישור".

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

רוב הגורמים, שמשפיעים על טמפרטורות היתוך של חומצות שומן, מוכרים לתלמידים. כדי להשוות את טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן, תלמידים צריכים להכיר מספר גורמים נוספים, כגון השפעת קשרים כפולים במולקולות, מבנה של קשרים כפולים - ציס וטרנס, צפיפות האריזה.

מומלץ לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון להשוואה בין טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן בצורת טבלה:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| חומצת שומן | אולאית | לינולאית |
| נוסחה מולקולרית | C18H34O2 | C18H32O2 |
| רישום מקוצר | C18:1ω9, cis | C18:2ω6, cis, cis |
| ייצוג מקוצר של  נוסחת מבנה | חומצה אולאית:  O  HO  O  HO  חומצה לינולאית: | |
| גודל יחסי של ענני  האלקטרונים במולקולות | הגודל של ענני האלקטרונים במולקולות של שתי החומצות דומה. | |
| מספר קשרים כפולים במולקולה | 1 | 2 |
| מבנה של קשרים כפולים | מבנה ציס | |
| סוגי הכוחות הבין מולקולריים | אינטראקציות ון-דר-ואלס  ומעט קשרי מימן | |
| החוזק היחסי של כוחות בין מולקולריים | קשר כפול במבנה ציס יוצר כיפוף במולקולה של חומצת השומן.  הכיפוף מפריע להתקרבות המולקולות, המולקולות לא יכולות להסתדר באריזה צפופה. ככל שיש יותר קשרים כפולים במבנה ציס יש יותר אזורים כפופים במולקולה, ולכן בין המולקולות של חומצה לינולאית יש אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות יותר. | |
| טמפרטורת היתוך | נדרשת פחות אנרגיה להחלשת הקשרים הבין מולקולריים ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה יותר. | |

**סעיף ב' (הציון 97)**

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של טריגליצריד המצוי בשמן זית.

O

O

O

O

O

O

היעזר בנתונים שבטבלה וקבע מאילו חומצות שומן מורכב הטריגליצריד זה.

**התשובה:**

חומצה פלמיטית, חומצה אולאית וחומצה לינולאית.

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

הציון גבוה מאוד. התלמידים זיהו, על פי ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של טריגליצריד, מאילו חומצות שומן נוצר טריגליצריד זה. כמעת ולא הופיעו טעויות.

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מבחינות הבגרות הקודמות העוסקות בחומצות שומן ובטריגליצרידים:

בגרות תשע"ב - שאלה 8

בגרות תשע"א - שאלה 8

בגרות תשס"ט - שאלה 1 סעיף ח', שאלה 8

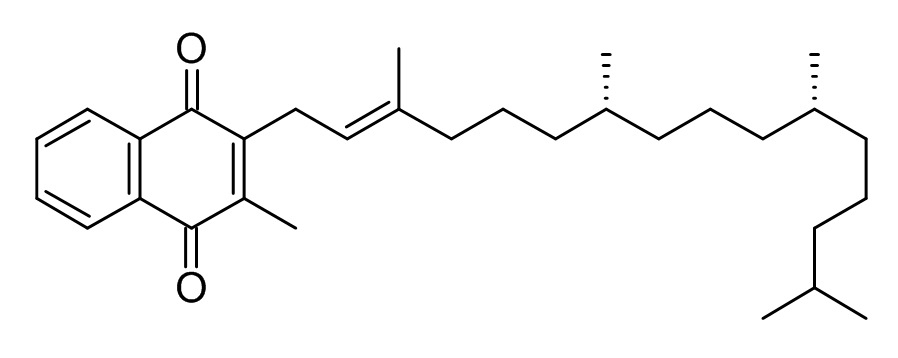
בגרות תשס"ח - שאלה 1 סעיף ח', שאלה 8

בגרות תשס"ז - שאלה 8

בגרות תשס"ו - שאלה 9 חלק א'

**סעיף ג' (הציון 66)**

שמן זית מכיל גם ויטמינים. לפניך שתי נוסחאות מבנה I-II , של ויטמינים.



OH

H

O

HO

OH

O

N

# II I

קבע איזו מהנוסחאות, I או II , מתאימה לוויטמין המצוי בשמן זית. נמק.

**התשובה:**

נוסחה II .

במולקולות של הוויטמין שנוסחה II מתאימה לו יש חלק הידרופובי גדול (או: שייר פחמימני גדול) שיכול ליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס עם מולקולות הטריגליצרידים שבשמן הזית. ויטמין זה יהיה מסיס בשמן.

או:

במולקולות של הוויטמין שנוסחה I מתאימה לו יש מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן, ולכן ויטמין זה יהיה מסיס במים ולא בשמן.

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

הציון נמוך יחסית. בסעיף זה הופיעו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "נוסחה ***I*** מתאימה לוויטמין המתמוסס בשמן זית, מכיוון שיש בו מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן עם החלק הקרבוקסילי של הטריגליצרידים."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• "נוסחה ***II*** היא נוסחת הוויטמין שנמס בשמן זית, כי אטומי חמצן בוויטמין זה יוצרים קשרי מימן עם מולקולות טריגליצרידים."

או בנימוק חלקי:

• "וויטמין שנוסחתו ***II*** יוצר הרבה קשרי ון-דר-ואלס, ולכן מתמוסס בשמן."

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את שלבי הקביעה של מסיסות הוויטמינים בממסים:

טבלה 1: קביעת המסיסות של הוויטמין, שנוסחה I מתאימה לו, במים

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  הוויטמין שנוסחה I מתאימה לו | הממס:  מים |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | קשרי מימן  ואינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימן רבים  ואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה | קשרי מימן | |
| המסקנה | במולקולות הוויטמין יש מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן, ולכן  וויטמין זה מסיס במים | |

טבלה 2: קביעת המסיסות של הוויטמין, שנוסחה I מתאימה לו, בשמן

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  הוויטמין שנוסחה I מתאימה לו | הממס:  שמן זית (המרכיבים העיקריים הם טריגליצרידים) |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | קשרי מימן רבים  ואינטראקציות ון-דר-ואלס | אינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה | אפשרות ליצירת קשרי מימן זניחה, כי במולקולות טריגליצרידים  יש אטומי חמצן מעטים. | |
| המסקנה | המסיסות של וויטמין זה בשמן זית זניחה. | |

טבלה 3: קביעת המסיסות של הוויטמין, שנוסחה II מתאימה לו, במים

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  הוויטמין שנוסחה II מתאימה לו | הממס:  מים |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | אינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימן רבים  ואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה | אפשרות ליצירת קשרי מימן זניחה, כי במולקולות הוויטמין,  שנוסחה II מתאימה לו, יש אטומי חמצן מעטים. | |
| המסקנה | המסיסות של וויטמין זה במים זניחה. | |

טבלה 4: קביעת המסיסות של הוויטמין, שנוסחה II מתאימה לו, בשמן זית

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  הוויטמין שנוסחה II מתאימה לו | הממס:  שמן זית (המרכיבים העיקריים הם טריגליצרידים) |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | אינטראקציות ון-דר-ואלס | ואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה | במולקולות של הוויטמין יש חלק הידרופובי, שיכול ליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס עם מולקולות הטריגליצרידים שבשמן הזית. | |
| המסקנה | וויטמין זה מסיס בשמן זית. | |

לאחר בניית הטבלה מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי מאשר: לבדוק מסיסות של כל אחד משני הוויטמינים הנתונים במים ובשמן זית, ובכך להדגים את המסיסות של הוויטמינים הנתונים בשני הממסים.

הוויטמין, שנוסחה I מתאימה לו, הוא ויטמין B5 . הוויטמין, שנוסחה II מתאימה לו, הוא

ויטמין K1 . ניתן לרכוש את הוויטמינים בבית מרקחת.

**סעיף ד' (הציון 77)**

לקחו דגימה של 20 גרם שמן זית והמיסו אותה בכוהל מתאים

לתמיסה זו הוסיפו תמיסת אשלגן הידרוקסידי, KOH(aq) .

חומצות השומן החופשיות בשמן הזית הגיבו על פי התגובה:

R−COOH(כוהל) + OH−(aq) → R−COO−(כוהל) + H2O(l)

R מסמל את השרשרת הפחמימנית במולקולה של חומצת שומן.

נדרשו 8.5 מ"ל תמיסת KOH(aq) בריכוז 0.1 M לסתירה מלאה של חומצות השומן החופשיות

בדגימת השמן.

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

## i ii iii

**82**

**78**

**69**

**תת-סעיף i (הציון 82)**

מהו מספר המולים של יוני OH−(aq)הגיבו? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

ריכוז יוני OH−(aq) בתמיסת KOH(aq) 0.1 M הוא: 0.1 M

מספר המולים של יוני OH−(aq) שהגיבו:

mol

liter

0.1 × 0.0085 liter = 8.5·10−4 mol

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

הציון די גבוה. רוב התלמידים שולטים בחישובים סטויכיומטריים בסיסיים.

תלמידים מעטים לא רשמו יחידות או טעו בהן - רשמו מ''ל במקום ליטרים.

**תת-סעיף ii (הציון 78)**

גרם

מול

הנח כי חומצת השומן החופשית העיקרית בשמן הזית היא חומצה אולאית.

המסה המולרית של חומצה אולאית היא 282 .

חשב את המסה של החומצה האולאית בדגימה. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

יחס המולים בניסוח התגובה בין חומצה אולאית לבין יוני OH−(aq) הוא 1:1 .

לכן מספר המולים של חומצה אולאית שהגיב : 8.5·10−4 mol

gr

mol

8.5·10−4 mol × 282 = 0.24 gr

המסה של חומצה אולאית בדגימה:

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

הטעות העיקרית בתת-סעיף זה היא אי התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה בין חומצה

אולאית לבין יוני OH−(aq) .

**תת-סעיף iii (הציון 69)**

אחד המדדים לאיכות של שמן זית הוא אחוז החומציות. מחשבים את אחוז החומציות

על פי הנוסחה:

מסת חומצה אולאית בדגימה (גרם)

מסת הדגימה (גרם)

∙ 100% = אחוז החומציות

על פי התקן הישראלי, אחוז החומציות המרבי בשמן זית באיכות גבוהה (כתית מעולה) היא 0.8% .

קבע אם שמן הזית שבדגימה הוא שמן באיכות גבוהה. פרט את חישוביך ונמק.

**התשובה:**

שמן הזית שנבדק אינו שמן זית באיכות גבוהה.

אחוז החומציות בשמן הזית שנבדק:

אחוז החומציות גבוה מ- 0.8% , לכן שמן הזית שנבדק אינו שמן באיכות גבוהה (או: אינו "כתית

0.24 gr

20 gr

אחוז החומציות = ∙ 100% = 1.2%

מעולה").

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

רוב התלמידים הצליחו ליישם את המידע החדש וביצעו חישוב על פי הנוסחה החדשה הנתונה.

הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא התעלמות מכך שעל פי הנוסחה יש להכפיל ב- 100%:

על מנת להרגיל את התלמידים ליישם את המידע החדש הנתון בשאלה, מומלץ לפתור איתם שאלות מסוג זה. לדוגמה, אפשר לפתור את שאלה17 - בנושא "מיומנויות בנושאי מעבדות חקר", בשאלון 37202 בבגרות תשע"ג - השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד. תלמידי כיתה י"א הלומדים מעבדות חקר

מסוגלים לפתור שאלה זו.

•  ***= 0.012%***

***0.24 gr***

***20 gr***

מומלץ להיעזר במצגת של ד"ר אורית הרשקוביץ וד"ר צביה קברמן "מה אנו יודעים על שמני מאכל? הזמנה לחקר", ולבצע את הניסויים המומלצים בה.

המצגת נמצאת באתר של קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, בדף:

<http://edu.technion.ac.il/chemical-education/yehidot/taste/presentations/PPoils.pdf>