**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית

###### אגף מדעים

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

שאלון 37303 תשע"ד 2014

שאלה 6

חמצון-חיזור וסטויכיומטריה

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

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'**

**תת-סעיף i**

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

**התשובה:**

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:**

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'**

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'**

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

**תת-סעיף i**

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:**

תגובה (3).

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

+3

+6

+3

0

+6

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**

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'**

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

**תת-סעיף i**

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**

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:**

הכרום מגיב כמחזר.

+3

0

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+300−2 |
| 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.