

**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית

###### אגף מדעים

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

שאלון 37303 תשע"ג 2013

שאלה 7

חמצון-חיזור וחומצות ובסיסים

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

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

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

(2) 2NO(g) + O2(g) → 2NO2(g)

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

סעיף א'

תת-סעיף i

העתק את הטבלה שלפניך למחברת הבחינה.

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

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

**תשובה:**

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

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

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

תלמידים מעטים הוסיפו מקדמים שבניסוחי התגובות לנוסחאות:

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

**תת-סעיף ii**

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

**תשובה:**

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

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

−3

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

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

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

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

סעיף ב'

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

**תת-סעיף i**

בתגובה (1) הגז NH3(g) פועל כמחזר.

**תשובה:**

−3

+2

נכון.

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

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

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

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

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

**תת-סעיף ii**

בתגובה (2) עוברים 2 מול אלקטרונים.

**תשובה:**

לא נכון.

+2

+4

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

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

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

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

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

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

**תת-סעיף iii**

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

**תשובה:**

לא נכון.

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

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

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

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

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

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

סעיף ג'

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

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

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

**תת-סעיף i**

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

**תשובה:**

בתגובה (4):

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

+1

0

+2

0

+5

+2

+2

0

(או: משתנה מ- ל- ).

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

(או: משתנה מ- ל- ).

בתגובה (5):

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

(או: משתנה מ- ל- ).

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

(או: משתנה מ- ל- ).

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

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

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

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

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

**תת-סעיף ii**

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

**תשובה:**

במהלך שתי התגובות ה- pH של התמיסה עולה.

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

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

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

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

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

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

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

סעיף ד'

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

התרחשה תגובה.

**תת-סעיף i**

נסח ואזן את התגובה שהתרחשה.

**תשובה:**

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

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

או:

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

מים

(KHCO3(s) → K+(aq) + HCO3−(aq))

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

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

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

דוגמאות לניסוח התגובה הראשונה:

מים

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

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

ניסוח התגובה השנייה:

• *H3O+(aq) + OH−(aq) → 2H2O(l)*

היו תלמידים שלא ניסחו את התגובה הראשונה אלא רשמו:

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

*H3O+(aq) + OH−(aq) → 2H2O(l)*

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

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

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

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

**תת-סעיף ii**

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

פרט את חישוביך, והסבר.

**תשובה:**

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

100

gr

mol

10 gr

= 0.1 mol

100

gr

mol

0.12 liter × 1 = 0.12 mol

mol

luter

המסה המולרית של KHCO3(s) :

מספר המולים של KHCO3(s) שהוסיפו:

מספר המולים של יוני H3O+(aq) בתמיסה:

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

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

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

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

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

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

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

היו תלמידים שלא התייחסו לתגובה שהתרחשה אלא להוספת בסיס:

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

סוג טעויות נוסף הוא נימוקים שגויים המלווים את הקביעה הנכונה:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

שאלה לתרגול:

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

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

אינסטלאטור הציע לדיירים מספר אפשרויות:

I החלפת קטע מצנרת החיצונית של הבניין.

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

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

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

ענה על השאלות הבאות:

היעזר בשורה האלקטרוכימית הנתונה (כל מתכת המופיעה משמאל היא מחזרת טובה יותר מזו

המופיעה מימין לה):

Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Pb H2 Cu Ag Pt Au

א. מהו הקשר בין מי גשמים חומציים והפיצוץ של הצינור הישן העשוי בעיקר מעופרת, Pb(s) ?

ב. הסבר מדוע בייצור צנרת חדשה משתמשים בסגסוגת שמרכיבה העיקרי הוא נחושת ולא ברזל?

ג. איזה תהליך (חמצון או חיזור) עובר ברזל כאשר צינורות מחלידים? נמק.

ד. קבע איזו מתכת, ברזל או נחושת, היא מחזר טוב יותר. נמק.