**שאלון 37381 ושאלות אחדות משאלון 37303**

**תשע"ו 2106**


## מדינת ישראל

## משרד החינוך

## המזכירות הפדגוגית

## אגף מדעים

## הפיקוח על הוראת הכימיה


# מינהלת מל"מ

המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי

ע"ש עמוס דה-שליט

**המרכז הארצי למורי הכימיה**

שאלה 9

**ניתוח קטע ממאמר מדעי**

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

**דשנים חנקניים - אַלְיָה וְקוץ בָּהּ**

חנקן הוא אחד מן היסודות הדרושים להתפתחות תקינה של צמחים. הגז חנקן, N2(g) , הוא מרכיב עיקרי של האוויר, אך הצמחים אינם יכולים לנצל אותו ישירות. הצמחים קולטים את החנקן הדרוש להתפתחותם מן הקרקע, בצורה של יוני אמוניום, NH4+(aq) , או בצורה של יונים

חנקתיים, NO3−(aq) .

לפני כמאה שנה מצא הכימאי פריץ הבר את התנאים שבהם החנקן שבאוויר, N2(g) , מגיב עם מימן, H2(g) . בתגובה זו נוצר הגז אמוניה, NH3(g) . מן האמוניה אפשר להפיק חומרים רבים ובהם דשנים חנקניים מלאכותיים כגון אמוניום חנקתי, NH4NO3(s) , ואשלגן חנקתי, KNO3(s) , המספקים לצמחים את החנקן הדרוש להתפתחותם. מאז שהחלו לייצר דשנים מלאכותיים ולהשתמש בהם, עלתה כמות היבולים החקלאיים, וגדלה כמות המזון בעולם.

פריץ הבר קיבל פרס נובל בכימיה בשנת 1918 על תרומתו לאנושות בזכות התגלית.

אולם נמצא שהצמחים קולטים רק כמחצית מכמות הדשנים החנקניים שמוסיפים לקרקע.

הדשנים מתמוססים היטב במים ונקלטים על ידי הצמחים. העודפים שנשארים בקרקע עלולים לחלחל למקורות מי השתייה, להגדיל בהם את הריכוז של יוני NO3−(aq) מעבר למותר, ובכך לגרום לנזקים בריאותיים.

בקרקע יש חיידקים ההופכים את יוני NO3− למולקולות N2 בתהליך רב-שלבי המכונה דֵנִיטְרִיפִיקַצְיָה.

החלקיקים הנוצרים בשלבים השונים של תהליך הדניטריפיקציה מוצגים בתרשים הבא:

NO3− → NO2− → NO → N2O → N2

הדניטריפיקציה באמצעות החיידקים אינה מקטינה במידה רצויה את ריכוז יוני NO3−(aq) שמקורם בדישון ומחלחלים למי השתייה, לכן כימאים מחפשים דרכים נוספות לכך.

באחת מן השיטות שפותחו לאחרונה עושים כימאים שימוש בננו-טכנולוגיה כדי להפוך ישירות

את יוני NO3−(aq) ל- N2(g) , וכך לצמצם במידה ניכרת את הפגיעה באיכות מי השתייה.

מקורות:

א"ר טאונסנד ור"ו הווארתס, "תיקונה של בעיית החנקן בעולם", סיינטיפיק אמריקן ישראל, יוני 2010.

[https://www.utwente.nl/en/news/!/2015/1/357005/nanoparticles-for-clean-drinking-water](https://www.utwente.nl/en/news/%21/2015/1/357005/nanoparticles-for-clean-drinking-water)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Denitrification>

**סעיף א'**

על פי הקטע, נסח ואזן את התגובה לקבלת NH3(g) .

**התשובה:**

 N2(g) + 3H2(g) → 2NH3(g)

1

2

3

2

 N2(g) + H2(g) → NH3(g) או:

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה מאוד, התלמידים ידעו לנסח תגובה כשנתונים המגיבים והתוצרים. כמעט ולא נתגלו טעויות.

**סעיף ב'**

על פי הקטע, ציין יתרון אחד וחיסרון אחד לשימוש בדשנים חנקניים מלאכותיים.

**התשובה:**

אחד מבין שני היתרונות:

- מספק לצמחים את החנקן הדרוש להתפתחותם (בצורת יוני NH4+(aq) ויוני NO3−(aq)).

- גורם להגדלת היבולים החקלאיים וכמות המזון בעולם.

חיסרון:

- דשנים חנקניים (או: יוני NO3−(aq) ) יכולים לחלחל למקורות מי השתייה ולזהם אותם

 (או: עלולים להזיק לבריאות).

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה מאוד. התלמידים הבינו את מה שכתוב בקטע, הסיקו מסקנות נכונות וציינו נכון את היתרון והחיסרון של דשנים חנקניים מלאכותיים .

**סעיף ג'**

בקטע מוזכר הדשן אמוניום חנקתי, NH4NO3(s) .

**תת-סעיף i**

תמיסת הדשן NH4NO3(aq) מתקבלת בתגובה בין NH3(g) ובין תמיסה מרוכזת של HNO3(aq) , על פי התגובה:

NH3(g) + HNO3(aq)  → NH4+(aq) + NO3−(aq)

קבע אם תגובה זו היא תגובת חמצון-חיזור או תגובת חומצה-בסיס. נמק.

**התשובה:**

זאת תגובת חומצה-בסיס. יש מעבר פרוטונים (H+) ממולקולות HNO3 למולקולות NH3 .

או: מולקולות NH3 מגיבות כבסיס וקושרות פרוטונים.

מולקולות HNO3 מגיבות כחומצה ומוותרות על פרוטונים (או: מוסרות פרוטונים).

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשלושה סוגים עיקריים:

1. קביעה נכונה של סוג התגובה המלווה בנימוק שאינו מתאים או בנימוק חלקי:

* "מולקולהHNO3 מוסרת H ."
* "מכיוון שיש מעבר של אטום מימן חיובי" - לא מציינים מהי החומצה ומהו הבסיס.
* "התגובה היא חומצה-בסיס, כי לא חל שינוי בדרגות חמצון."

2. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

* "התגובה היא חמצון-חיזור, משום שיש שינוי בדרגת חמצון של החומר."
* "התגובה היא חמצון-חיזור ולא חומצה-בסיס, משום שאין בתגובה H3O+(aq) ו- OH−(aq) ואין

מעבר שלH+ ."

* "התגובה אינה חומצה-בסיס כי לא נוצרו מים ולא נוצר מלח."

3. חוסר הבנה כללי מהי תגובת חמצון-חיזור:

* "תגובת חמצון-חיזור, שבהNH3(g) הוא מחזר - מקבל פרוטון."
* "תגובת חמצון-חיזור, מכיוון שיש מסירת פרוטונים."
* "זוהי תגובת חמצון-חיזור, כי היה שינוי בדרגות חמצון של החנקן:"

NH3(g) + HNO3(aq)  → NH4+(aq) + NO3−(aq)

−3

−3

+5

+5

מחזר

מחמצן

**המלצות**

מומלץ לעמוד על טיבו של כל סוג תגובה ולדון עם התלמידים בגורמים המיוחדים לכל סוג.

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלה המציגה הבדלים בין שני סוגי התגובות:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | תגובת חומצה-בסיס | תגובת חמצון-חיזור |
| מגיבים | חומצה - משחררת פרוטוןבסיס - קולט פרוטון | מחזר - נלקחים ממנו אלקטרונים ודרגת חמצון שלו עולה (עובר חמצון)מחמצן - נוספים לו אלקטרונים ודרגת חמצון שלו יורדת (עובר חיזור) |
| אופי התגובה | מעבר פרוטון מחומצה לבסיס | מעבר אלקטרונים ממחזר למחמצן |
| דרגות חמצון | אין שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה | שינוי בדרגות חמצון במהלך התגובה |

כמו כן, מומלץ לתרגל עם התלמידים זיהוי של סוג התגובה ולבקש:

1. להבחין בין תגובת חמצון-חיזור לבין תגובת חומצה-בסיס
2. להבחין בין המסת חומר במים לבין תגובה של חומר עם מים
3. לקבוע את התפקיד של כל אחד מהמגיבים.

דוגמאות לשאלות:

בחינת בגרות תשע"ד, שאלה 1 ז

שאלה נוספת:

נתונים חמישה ניסוחי תגובות:

(1) Sr(OH)2(s) → Sr2+(aq) + 2OH−(aq)

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

(3) Ca(s) + 2H3O+(aq) → Ca2+(aq) + H2(g) + 2H2O(l)

(4) 2H3O+(aq) + SO4−(aq) + Ba2+(aq) + 2OH−(aq)  → BaSO4(s) + 2H2O(l)

(5) NH3(g) + H2O(l) → NH4+(aq) + OH−(aq)

1. עבור כל אחת מן התגובות הנתונות, ציין את סוג התגובה: חומצה-בסיס, חמצון-חיזור, המסה במים.
2. עבור תגובות חומצה-בסיס ציין את החומצה ואת הבסיס.
3. עבור תגובות חמצון-חיזור ציין את החומר המחמצן ואת החומר המחזר.

התשובה:

א. תגובה (1) המסה במים

 תגובה (2) חמצון-חיזור

 תגובה (3) חמצון-חיזור

 תגובה (4) חומצה-בסיס

 תגובה (5) חומצה-בסיס

ב. תגובה (4): חומצה - יוני H3O+(aq) בסיס - יוני OH−(aq)

 תגובה (5): חומצה - H2O(l) בסיס - NH3(g)

ג. תגובה (2): מחמצן - יוני H3O+(aq) מחזר - Ca(s)

ג. תגובה (3): מחמצן - H2O(l) מחזר - K(s)

**תת-סעיף ii**

הסבר מדוע התרכובת NH4NO3(s) היא מוצק בטמפרטורת החדר.

**התשובה:**

התרכובת NH4NO3(s) בנויה מיוני NH4+ ומיוני NO3− (או: זאת תרכובת יונית).

בין היונים יש משיכה חשמלית חזקה (קשר יוני).

נדרשת אנרגיה רבה כדי להחליש את כוחות המשיכה שבין היונים.

לכן טמפרטורת ההיתוך של NH4NO3(s)  גבוהה מטמפרטורת החדר,

ולכן התרכובת NH4NO3(s) היא מוצק בטמפרטורת החדר.

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך מאוד. אפשר למיין את הטעויות האופייניות לארבעה סוגים עיקריים:

1. תשובות חלקיות:

* "התרכובת NH4NO3(s) מוצקה בטמפרטורת החדר מכיוון שהיא חומר יוני וחומרים יונים הם מוצקים בטמפרטורת החדר."
* "NH4NO3(s) חומר יוני, מוצק יוני - יונים חיוביים של מתכת ויונים שליליים של אל-מתכת, לסירוגין ביניהם כוחות חשמליים חזקים היוצרים מבנה ענק, צפוף ומסודר, לכן הוא מוצק בטמפרטורת החדר."

2. זיהוי אמוניום חנקתי כחומר מולקולרי ולא כחומר יוני. כתוצאה מכך, התלמידים התקשו לאתר את הטעויות בתיאור הנתון:

* "התרכובת NH4NO3(s) מוצקה בטמפרטורת החדר בשל ענן אלקטרונים גדול יחסית, המחזק את קשרי ון- דר-ואלס בין המולקולות, ובנוסף - מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן בין מולקולריים - רבים וחזקים."
* "במולקולה של NH4NO3(s) קיימים קשרי מימן בין החלקיקים, קשרים אלו נחשבים לחזקים וקשרים חזקים בין החלקיקים מאפיינים חומרים במצב מוצק."

3. בלבול במושגים ובהבנת ההבדל בין חומרים יוניים לחומרים מולקולריים.

הסבר על חומר יוני על פי אינטראקציות ון-דר-ואלס:

* "התרכובת NH4NO3(s) היא יונית, ולכן צריך להשקיע אנרגיה בשביל לפרק את הקשרים הבין מולקולריים בין היונים החיוביים ליונים השליליים."

4. תלמידים רבים לא מקשרים בין טמפרטורת היתוך של תרכובת לבין מצב צבירה של תרכובת זו בטמפרטורת החדר.

**המלצות**

מכיוון שהתלמידים רבים מתקשים לזהות את משפחות החומרים ולזהות את סוגי הקשרים בחומר, מומלץ להדגיש את ההבדלים בתהליכי היתוך של חומרים יוניים וחומרים מולקולריים מבחינת הקשרים הניתקים במהלך ההתכה.

אפשר לבקש מהתלמידים להשלים את הטבלה הבאה:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| מצב צבירה מוצק | תהליך היתוך | מצב צבירה נוזל |
| נוסחת החומר המוצק | חלקיקים המרכיבים את הסריג | סוג הסריג | קשרים הניתקים במהלך ההתכה | ניסוח תהליך היתוך | חלקיקים ניידים בנוזל | מוליכות חשמלית (גבוהה או זניחה) |
| KI(s) | יוני K+יוני I− | יוני | קשרים יוניים | KI(s) → K+(l) + I−(l) | יוני K+יוני I− | גבוהה |
| C2H5OH(s) | מולקולותC2H5OH | מולקולרי | קשרי מימןואינטר-אקציותון-דר-ואלס | C2H5OH(s) → C2H5OH(l) | מולקולותC2H5OH | זניחה |
| O2(s) |  |  |  |  |  |  |
| K3PO4(s) |  |  |  |  |  |  |
| Br2(s) |  |  |  |  |  |  |
| CH3COOH(s) |  |  |  |  |  |  |
| Fe2(SO4)3(s) |  |  |  |  |  |  |

**תת-סעיף iii**

הסבר מדוע התרכובת NH4NO3(s) יכולה לשמש כדשן.

**התשובה:**

התרכובת NH4NO3(s) מתמוססת במים ומספקת לצמחים את החנקן הדרוש להם בצורה של

יוני NH4+(aq) ויוני NO3−(aq) .

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני.

הבעיה העיקרית של תת-סעיף זה היא תשובות חלקיות, כגון:

* "הדשן טוב כי נמס במים."
* "הדשן טוב כי מכיל אטומי חנקן."

**המלצות**

בתרגול מומלץ להקפיד על תשובות מלאות ולא חלקיות. בתשובה יש לציין, בנוסף לשם החומר, את הקשרים הקיימים בין החלקיקים. התייחסות קבועה להיבט המיקרוסקופי יכולה לעזור.

**סעיף ד' תת-סעיף i**

קבע את דרגת החמצון של אטומי N בכל אחד מחמשת החלקיקים המעורבים בשלבים השונים של תהליך הדניטריפיקציה.

**התשובה:**

NO3− → NO2− → NO → N2O → N2

0

+2

+3

+5

+1

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון דרגות חמצון של אטומי N ביסוד חנקן, בתרכובותיו וביונים המכילים אטומים אלה. הופיעו טעויות מעטות, בעיקר עקב חוסר ידע של אחד מהכללים לקביעת דרגות חמצון: סכום דרגות חמצון במולקולה שווה לאפס, סכום דרגות חמצון ביון מורכב שווה למטען היון וסכום מטעני היונים בחומר יוני שווה לאפס.

**תת-סעיף ii**

כדי להפוך יוני NO3−(aq)  ל- N2(g) , לחיידקי הדניטריפיקציה נדרש חומר שהמולקולות שלו מכילות אטומי פחמן, C .

איזה מן החומרים מתאים לכך: פחמן דו-חמצני, CO2(g) , או מתאנול, CH3OH(l) ? נמק.

**התשובה:**

CH3OH(l)

במעבר מיוני NO3−(aq) ל- N2(g) דרגת החמצון של אטומי N יורדת (או: אטומי N עוברים חיזור).

לשם כך דרוש חומר מחזר.

+4

−2

+4

דרגת החמצון של אטומי C ב- CH3OH(l) היא (שהיא נמוכה מדרגת החמצון המרבית של הפחמן, שהיא ).

אטומי C במולקולות של תרכובת זו יכולים להגיב כמחזר, ולכן התרכובת CH3OH(l) יכולה לשמש מקור לפחמן בתהליך הדניטריפיקציה.

או: דרגת החמצון של אטומי C ב- CO2(g) היא . זאת דרגת החמצון המרבית של הפחמן, ולכן אטומי C ב- CO2(g) יכולים להגיב רק כמחמצן.

התרכובת CO2(g) אינה מתאימה לשמש מקור לפחמן בתהליך הדניטריפיקציה.

(ולכן התרכובת CH3OH(l) היא המתאימה לכך.)

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

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך מאוד. תלמידים רבים לא הצליחו לקבוע שהתגובה המתוארת בשאלה היא תגובת חמצון-חיזור, וכדי שהיא תתרחש, במגיבים צריכים להיות חלקיקים שיעברו חמצון וחלקיקים שיעברו חיזור. התלמידים התייחסו למצבי צבירה, למסיסות במים, לתגובת חומצה-בסיס ונתנו תשובות לא רלוונטיות. ניתן לחלק את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

* החומר המתאים הוא CO2(g) , בשל היותו גז המצוי באוויר באופן טבעי, ולכן נגיש יותר עבור החיידקים, יותר קל להם לקלוט אותו ולהשתמש בו."
* "דרגת חמצון בחומר CO2(g) גדולה יותר, ולכן הוא יכול לקחת כמות אלקטרונים הנדרשת ל- NO3−(aq) כדי להפוך אותו ל- N2(g) , בניגוד למתאנול שבו הפחמן לא יכול לקחת מספיק אלקטרונים בשביל למלא את התפקיד" - טעויות אלה נבעו מחוסר הבנה של תגובות חמצון-חיזור.

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

* "החומר המתאים הוא CH3OH(l) ,משום שהוא יכול ליצור קשרי מימן עם יוני NO3−(aq) וכך יתחברו ויוכלו להגיב ביניהם."
* "מתאנול - יוני NO3−(aq) בעלי מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן, ולכן חומר, שמכיל מוקדים בעלי יכולת ליצירת קשרי מימן, עדיף."
* מתאנול, כיוון שהוא מתמוסס במים ו- CO2(g) לא."
* מתאנול, כיוון שהוא נוזל ולא יכול לברוח מהאדמה כמו CO2(g) .
* מתאנול, כי ייתן תמיסה בסיסית ו- NO3−(aq) ייתןH+ ויהפוך ל N2(g) ."

**המלצות**

חלק מהתלמידים מתקשים למצוא מחזר ומחמצן כאשר מתבקשים לנסח תגובות על פי נתוני השאלה. לכן מומלץ לתת לתלמידים שאלות כגון:

1. נתונה התגובה:

4ClO3−(aq) → Cl−(aq) + 3ClO4−(aq)

ציין את תוצר החיזור ואת תוצר החמצון בתגובה הנתונה. נמק.

1. החומר HBrO(aq) מגיב בתגובת חמצון-חיזור עם Na2S(s) . קבע אם HBrO(aq) עובר תהליך חמצון או תהליך חיזור בתגובה? נמק.
2. תרגילים מהחוברת "שאלות ברמה של בחינות בגרות לנושאי המבנית "כימיה... זה בתוכנו",שהוכנה על ידי משתתפי הסדנה לפיתוח משימות מבחן, במכון ויצמן למדע, תשס"ח,

לדוגמה שאלה 14 העוסקת ביוד, בתרכובותיו וביונים המכילים אטומי יוד.

החוברת נמצאת באתר המפמ"ר, בדף:

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

וגם באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=458&ArticleID=6243>

 עמוד הבית ← חומרי למידה ← נושאי לימוד 70% ← חמצון-חיזור ← כללי והעשרה