



ב ח י נ ה ב כ י מ י ה
ב מ ת כ ו נ ת ב ג ר ו ת

השאלות הפתוחות

3 יחידות לימוד

תשס"ה – 2005

2. קטע ממאמר מדעי

הגפרור הדליק

הגפרור כל כך נפוץ - מה היינו עושים בלעדיו?

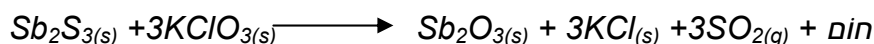
האלכימאי הנינג בראנט ניסה ב-1669 לייצר זהב. הוא קיווה שאפשר להפיק את המתכת הצהובה מהנוזל הצהוב – שתן. בראנט אסף שתן וחימם אותו. כתוצאה מהחימום חלק מהנוזל התאדה ונותר בידי גוש צהוב מוצק. כשניסה לחמם את המוצק בחום גבוה במיוחד, כדי להפכו לזהב, נפלט ממנו נוזל זוהר שנדלק מיד במגע עם האוויר תוך שחרור חום רב. היום ידוע שהנוזל היה זרחן לבן מותך. נוסחת הזרחן היא P_4 . תגובת הבעירה שהתרחשה היא:



בעיניו של בראנט הייתה זו התרחשות מסתורית שכן בתקופתו החמצן לא היה מוכר. זמן קצר לאחר מכן, החל הכימאי הבריטי רוברט בויל בניסויים משלו בזרחן. בויל ייצר את האבטיפוס לגפרור של ימינו: הוא מרח זרחן על פיסת נייר וגופרית על מקל. כששפשף את המקל על פני הנייר התרחשה תגובה ששחררה אנרגיה מספקת כדי לגרום להתלקחותו של המקל.

הגפרור הומצא לבסוף בשנת 1827 על ידי ג'ון ווקר. אשר הכין תערובת של $Sb_2S_3(s)$ עם $KClO_3(s)$ ומרח אותה בקצה של מקל. שפשוף התערובת על משטח מחוספס גרם לתהליך ששחרר אנרגיה רבה.

ניסוח התהליך הוא:



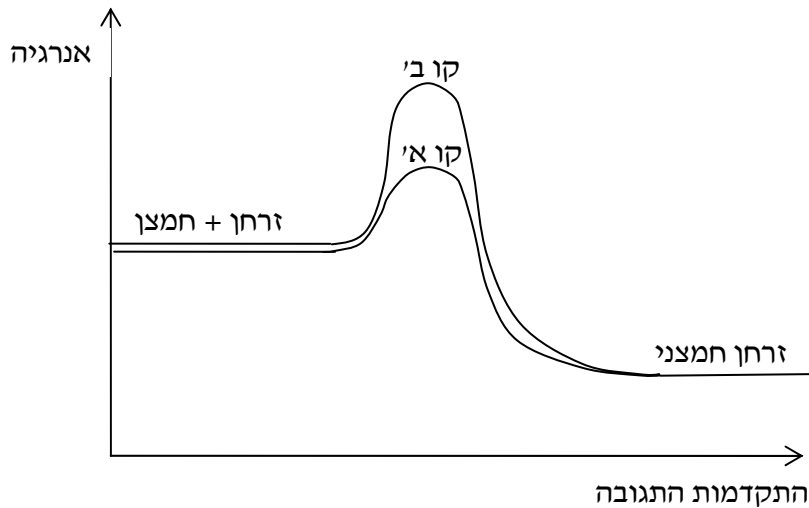
הסתבר, שהוספת מעט זרחן לבן לתערובת מקטינה את הרעש שנוצר בעת הדלקת הגפרור ומקלה על תחילת התגובה. אבל, הדבר גרם לגפרורים לאבד מיציבותם: הגפרורים נדלקו מעצמם אם הקופסה קיבלה חבטה או בעת חשיפתם לאור השמש. בשנת 1844 גילה חוקר שוודי את הזרחן האדום. זהו מבנה שרשרתי של זרחן שאינו מגיב במהירות עם אוויר.

היום מורחים זרחן אדום על דופן קופסת הגפרורים. כאשר מחככים את התערובת הנפיצה שעל ראש הגפרור בדופן, החום שנפלט הופך את מקצת הזרחן האדום לזרחן לבן, וכך נדלק הגפרור.

(מעובד על פי העיתון ChemMatters, גיליון אפריל 2001)

שאלות:

- א. i השלם במילה הנכונה: זרחן לבן וזרחן אדום הם: _____ (איזומרים, איזוטופים, אלטרופים)
 ii האם הנוזל הצהוב שממנו רצה בראנט להפיק זהב הוא חומר טהור או תערובת? הסבר.
- ב. i מדוע מתאימים החומרים בתגובות שמתוארות במאמר לשמש כ"ראשי גפרור"?
 ii מי המתמצן ומי המחזר בכל אחד מהתהליכים שנוסחו במאמר? נמק.
- ד. לגפרורים של 'ג'ון ווקר' הוסיפו זרחן לבן.
 i איך שיפר הזרחן הלבן את הגפרורים?
 ii מה היו הבעיות שנוצרו בשל הוספת הזרחן הלבן?
- ה. i בגרפים שלמטה מתוארים שינויי האנרגיה במהלך שריפת זרחן אדום וזרחן לבן. איזה מהקווים מתאים לשריפת זרחן אדום ואיזה לשריפת זרחן לבן? הסבר.
 ii מה תפקידו של החיכוך בתהליך?
 iii זרחן לבן מוחזק מתחת למים או מתחת לשמן. הסבר מדוע?



3. מבנה החומר, חמצון חיזור, חישובים

- כאשר שורפים את הגז אצטילן C_2H_2 נפלטת כמות אנרגיה רבה שמשתת בין היתר לריתוך מתכות זו לזו.
- א. כתוב נוסחת לואיס מלאה למולקולת הגז אצטילן. מהי הצורה המרחבית של המולקולה?
 ב. נסח ואזן את תהליך השריפה של אצטילן.
- רתכים מפיקים את גז האצטילן על ידי הוספת מים לחומר סידן קרביד שנוסחתו CaC_2 .
- ג. מהו מצב הצבירה של סידן קרביד בטמפרטורת החדר? מדוע?
 ד. i. בתגובה של סידן קרביד עם מים מתקבל בנוסף לאצטילן גם סידן הידרוקסידי $Ca(OH)_2$. נסח את התגובה.
 ii. האם שתי התגובות שניסחת בסעיפים ב' וד' הן תגובת חמצון חיזור? לגבי כל אחת מהן: אם התגובה היא תגובת חמצון חיזור כתוב מי המחמצן ומי המחזור, ואם לא נמק מדוע.
 iii. רתך טפטף למיכל שהכיל סידן קרביד 36 מ"ל מים, מהו נפח גז האצטילן שהתקבל? (הנח שבתנאים האלה נפח מול גז הוא 25 ליטר).

4. תרכובות פחמן, מבנה, קישור ותכונות החומר

לפניך חמש תרכובות פחמן שבכולן מופיעה הקבוצה הקרבונילית CO וכולן מסיסות במים ומולן סדרת עובדות. העובדות **אינן** מופיעות מול התרכובת התאימה.

עובדה	נוסחת התרכובת	
א. אפשר להכין אותה מחמצון של תרכובת אחרת ברשימה.	CH_3COOH	I
ב. מוצק שתמיסתו במים מוליכה חשמל.	CH_3COCH_3	II
ג. מוצק שתמיסתו במים אינה מוליכה חשמל.	NH_2CONH_2	III
ד. בעלת נקודת הרתיחה הנמוכה ביותר ברשימה.	CH_3HCO	IV
ה. נוזל שמשמש להסרת לכה של ציפורניים.	CH_3COONa	V

- א. התאם בין כל אחת מן התרכובות לעובדה המתאימה לה ביותר.
- ב. רשום מבנה לואיס מלא לתרכובות I ו-III.
- ג. הסבר את העובדה שהמוצק המתאים לעובדה ב' מסיס במים ותמיסתו מוליכה חשמל. רשום ניסוח ההמסה.
- ד. הסבר את העובדה שהמוצק המתאים לעובדה ג' מסיס במים ותמיסתו אינה מוליכה חשמל. רשום ניסוח ההמסה.
- ה. שלוש מתוך חמש התרכובות אפשר להכין בתהליך חמצון של כהל. אילו תרכובות? מאילו כהלים? באילו תנאי חמצון?
- ו. לכה לציפורניים בנויה מחומר בלתי מסיס במים (שאם לא כן, הלכה הייתה נמסה ברחצת ידיים). הסבר מדוע החומר שבחרת בעובדה ה' מסוגל להמיס את הלכה אבל הוא עצמו מסיס במים.

5. מבנה האטום, מבנה החומר

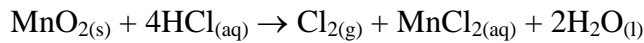
בטבלה שלפניך מוצגים נתונים יסודות השורה השלישית של הטבלה במחזורית:

יסוד	¹¹ Na נתרן	¹² Mg מגנזיום	¹³ Al אלומיניום	¹⁴ Si צורן	¹⁵ P זרחן	¹⁶ S גפרית	¹⁷ Cl כלור	¹⁸ Ar ארגון
טמפרטורת היתוך °C	98	650	660	1400	44	120	-100	-190

- א. i. הסבר מדוע טמפרטורת ההיתוך של צורן גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של אלומיניום.
 ii מדוע טמפרטורת ההיתוך של גפרית גבוהה מטמפרטורת ההיתוך של זרחן ושל כלור.
- ב. i. רשום נוסחאות של שלוש תרכובות שיוצר **כלור** עם שלושה יסודות מהשורה השלישית שבטמפרטורת החדר הן **מוצקות**.
 ii רשום נוסחאות של שלוש תרכובות שיוצר **מימן** עם שלושה יסודות מהשורה השלישית שבטמפרטורת החדר הן **גזיות**.
 iii למי טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר – לתרכובת של מימן עם כלור או לתרכובת של מימן עם פלואור?
 מדוע?
- ג. i רשום הערכות אלקטרונית ברמות האנרגיה של אטומי Na ו Cl
 ii רשום הערכות אלקטרונית עבור Na ו- Cl **בתוך התרכובת** נתרן כלורי.
 iii ההערכות האלקטרונית שרשמת בסעיף ג' ii עבור Cl בתרכובת נתרן כלורי **זהה** להערכות האלקטרוניים של יסוד אחר בשורה השלישית. מיהו היסוד ?
- ד. i. לאיזה מהיסודות מהשורה השלישית אנרגיית יינון ראשונה הגבוהה ביותר? מדוע?
 ii. לאיזה מהיסודות מהשורה השלישית אלקטרושליליות הגבוהה ביותר? מדוע?

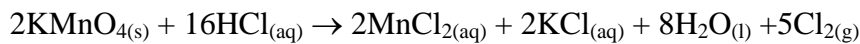
6. חמצון חיזור

השם כלור פירושו בלטינית ירוק חיוור. היסוד כלור התגלה באקראי בשנת 1774 כאשר הגיבו את המינרל מנגן דו חמצני (MnO_2) עם חומצה כלורית לפי התגובה הבאה:



א. מי המחמצן ומי המחזור בתהליך?

היום מפיקים כלור במעבדה בתגובה בין אשלגן על-מנגנטי $KMnO_4$ לחומצה כלורית:



ב. כמה מול אלקטרונים עוברים ממול מחזור למחמצן בתהליך?

הכניסו 100 מ"ל תמיסת HCl בריכוז 0.5M לשני כלים. בכלי א' הייתה כמות מספקת של מנגן דו-חמצני, $MnO_{2(s)}$,

ובכלי ב' כמות מספקת של אשלגן על-מנגנטי, $KMnO_{4(s)}$.

ג. באיזה כלי התקבל נפח גדול יותר של גז כלור? נמק ללא חישוב.

את החומרים $KMnO_4$ ו- $MnO_{2(s)}$ אפשר להפיק בתהליך הבא:



ד. מי המחמצן ומי המחזור בתהליך?

אחד השימושים החשובים של גז הכלור הינו בהפקת היסוד ברום. אפשר להפיק את היסוד ברום, Br_2 , על ידי בעבוע של הגז כלור לתמיסה של תרכובת ברום.

לפניך נוסחאות של ארבע תרכובות ברום אפשריות: $KBrO$, $NaBrO_3$, $NaBr$, $KBrO_2$.

ה. מי מבין ארבע התרכובות תגיב ליצירת ברום כשמבעבעים לתמיסה מימית שלה גז כלור? נסח את התהליך והסבר אותו.

לפניך שלוש מתכות המסודרות על פי כושרן לחזור: $Al > Mn > Cr$

- i. באיזו מתכת תשתמש על מנת להפיק מנגן, $Mn_{(s)}$, מיוני מנגן, Mn^{2+} ?
- ii. נסח את התהליך.

7. סטויכומטריה

בניסוי שנערך בפקולטה לחקלאות ברחובות נבדקה עמידותו של צמח מהונדס גנטית בהשקיה במים מלוחים. לצורך הניסוי ביקשו מסטודנט להכין 5 ליטרים תמיסת השקיה של מלח בישול, NaCl, בריכוז 0.2M. התמיסה שהכין הסטודנט סומנה כתמיסה א'.

א. כמה גרם מלח בישול מוצק הזמין הסטודנט ממחסן האוניברסיטה כדי להכין את תמיסה א'? פרט את חישוביך.

לאחר שסיים להכין את תמיסה א' התברר שיש צורך בתמיסת בקרה (תמיסה ב') בריכוז 0.01M. מכיוון שלא היה ברשותו עוד חומר מוצק החליט הסטודנט להכין 5 ליטרים של תמיסה ב' על ידי מהילה של מקצת מתמיסה א'.
ב. מהו נפח תמיסה א' שצריך לקחת? מהו נפח המים שיש להוסיף? פרט את חישוביך

כדי לשפר את תזונת הצמחים הוסיף הטכנאי חופן של KCl מוצק לתוך תמיסה ב'. כדי לקבוע את ריכוז יוני הכלור לאחר ההוספה ביצעו טיטור של דגימת תמיסה ב' בנפח 20 מ"ל באמצעות תמיסת כסף חנקתי ($AgNO_3$) בריכוז מדויק של 0.010M. לצורך הטיטור נדרשו 22 מ"ל מתמיסת הכסף החנקתי.

ג. נסח את התגובה בין תמיסת כסף חנקתי ויוני כלור (כסף כלורי הוא קשה תמס).

ד. מהו ריכוז תמיסה ב'? פרט את חישוביך.

ה. מה הייתה מסת חופן ה-KCl שהוסיף? פרט את חישוביך.

8. תרכובות הפחמן

במעבדה לבשמים נערך ניסוי לקבלת בושם חדש. עקב תקלה התקבל נוזל לא צפוי. נמצא שנוסחתו היא $C_5H_{12}O$ וששרשרת הפחמנים שלו מסועפת. החומר נשלח לבדיקה והתברר שבחמצון עם CuO מתקבל תוצר שונה מזה שהתקבל בחמצון עם $KMnO_4$.

המעבדה שביצעה את הבדיקה מציעה שלושה איזומרים אפשריים.

א. צייר נוסחות מבנה של שלושת האיזומרים.

ב. בחר את אחד האיזומרים וצייר נוסחת מבנה של תוצרי החמצון השונים.

ג. האם אפשר להבדיל בין כל שלושת האיזומרים באמצעות מגיב לוקאס?

הסבר ופרט מהם התוצרים שיתקבלו (אם יתקבלו).

ד. האם אפשר להבדיל בין כל שלושת האיזומרים באמצעות חומצה גופרתית מרוכזת?

הסבר ופרט ומהם התוצרים שיתקבלו (אם יתקבלו).

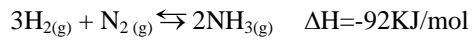
הועלתה הצעה להבדיל בין האיזומרים על ידי הכנה של החומרים מחדש על ידי סיפוח מים לאלקנים המתאימים.

ה. האם אפשר להכין את האיזומרים על ידי סיפוח מים לקשר כפול? אם כן, כתוב את נוסחות האלקנים

המתאימים, ואם לא הסבר מדוע.

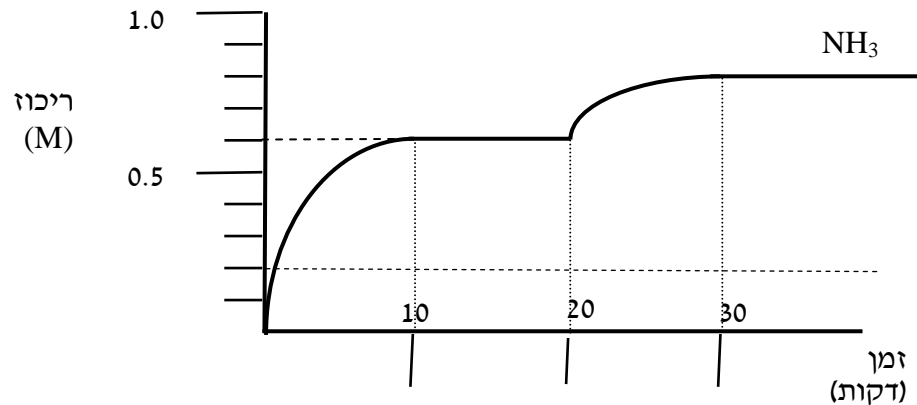
9. שיווי משקל

השאלה עוסקת בתהליך תעשייתי לייצור אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, המכונה תהליך האבר :



א. נסח את הביטוי לקבוע שיווי המשקל של התגובה.

לתוך כלי הכניסו מימן וחנקן בריכוז של 1.0 M כל אחד וסגרו את הכלי. לפניך גרף המתאר את שינוי ריכוז האמוניה במהלך התגובה :



ב. חשב את קבוע שיווי המשקל של התגובה.

ג. האם מרגע הכנסת החומרים לכלי ועד להגעה לשיווי משקל הלחץ במערכת עלה, ירד או נשאר ללא שינוי? נמק

ד. בדקה ה-20 החל ריכוז האמוניה לעלות. מה גרם לכך? נמק תוך התייחסות לכל הגורמים המתוארים בגרף.

ה. הצע שתי דרכים להעלות את ריכוז האמוניה לאחר שהמערכת הגיעה לשיווי משקל, מבלי להוסיף חומרים נוספים לכלי הסגור ?

לפניך כמה הצעות להעלאת ריכוז האמוניה על ידי הוספת חומרים שונים (אחד בכל פעם) :

I הוספת הגז האציל Ar.

II הוספת הזרז Fe_3O_4 .

III הוספת הגז חנקן.

IV הוספת הגז מימן.

V הוספת הגז אמוניה.

ו. איזה מבין ההצעות אכן תעלה את ריכוז האמוניה? מדוע?