

חקר אירוע יהלומים לנצח

מיפוי האירוע מבחינת תוכנו הכימי

נושא מרכזי: מבנה החומר

נושאים: לשיחה בעקבות קריאת האירוע והפעילות המלווה:

סריג אטומרי, סריג מולקולרי, קשרים כימיים וקשרים בינמולקולריים,

צורות אלטרופיות של יסודות,

תהליכי שריפה,

מרכזי גיבוש בתהליך גיבוש מוצק מתמיסה,

היבטים של מדע ומוסר.

מיפוי השאלות המלוות מבחינת מיומנויות:

שאלה	מיומנות
1	ידע כימי
2	יישום ידע כימי ואיתור מידע מהמאמר
3	ידע כימי
4	יישום ידע כימי והעברה
5	יישום ידע כימי והסקת מסקנות
6	שאלת שאלות

מיפוי המאמר/אירוע והשאלות המלוות

קריטריון	מיפוי
<u>רמת הקושי של המאמר/אירוע:</u>	2
1 - ארוך אך קל לקריאה או קצר וממוקד במידע כימי בסיסי 2 - ארוך, מכיל מידע רב, כימי וכללי 3 - ממוקד בתכנים מתקדמים בכימיה הקשורים ביחידות 4 ו-5	
<u>רמת הקושי של הפעילות המלווה:</u>	2
1 - מספר מצומצם של שאלות, מעט מיומנויות, התשובות הצפויות הן קצרות וממוקדות 2 - שאלות רבות אך התשובות קצרות וממוקדות ידע כימי, או שאלות מועטות אך מורכבות ומשלבות ידע כימי ומיגוון מיומנויות 3 - מיגוון רחב של שאלות הכוללות מיומנויות רבות	
<u>מידת הבין-תחומיות במאמר/אירוע ובפעילויות המלוות:</u>	2
1 - תחום אחד – המאמר/אירוע והפעילויות ממוקדות בהיבט הכימי בלבד. 2 - שני תחומים אך שילוב מצומצם – המאמר/אירוע מתייחס בעיקר לתחום אחד, יש אזכור לתחום/ים נוסף/ים אך השילוב מעורפל ופשטני. הפעילויות המלוות ממוקדות בהיבט הכימי ומעט בהיבטים נלווים 3 - שני תחומים ויותר – שילוב מורכב ומעמיק. במאמר/אירוע יש התייחסות ברורה ומעמיקה למיגוון היבטים משני תחומים ויותר של הנושא/הבעיה המרכזית/ת וכן ניתן ביטוי לשילוב זה בפעילויות המלוות	
	6
	ציון כולל:

תשובות לשאלות

1. א. השוואה בין יהלום וגרפיט :

תכונה	יהלום	גרפיט
צבע	חסר צבע	שחור
ברק	יש	אין
קשיות	קשה (10 בסולם מוס)	רך (שווה ערך לדרג 2 בסולם מוס)
הולכת חשמל	מבודד	מוליך
טמפרטורת היתוך	גבוהה מאוד (3500°C)	גבוהה מאוד (פחות משל יהלום)

ב. הסיבה לשוני בין גרפיט ויהלום היא המבנה הסריגי השונה. שניהם בנויים מסריג אטומרי, אך סידור האטומים בסריג שונה. ביהלום, כל אטום פחמן קשור לארבעה אטומים נוספים במבנה של טטראדר. כך נוצר מבנה מרחבי ענק של אטומים הקשורים בקשרים קוולנטיים. זו הסיבה לקשיות הגבוהה של היהלום. כל האלקטרונים הערכיים של אטומי הפחמן ביהלום קשורים בקשרים קוולנטיים ולכן אין היהלום מוליך חשמל וחום. בגרפיט, כל אטום פחמן קשור לשלושה אטומי פחמן סמוכים בקשרי קוולנטיים והאלקטרון הערכי הנוסף הוא בלתי מאותר וחופשי לנוע בין האטומים בסריג. זו הסיבה לכך, שהגרפיט מוליך חשמל וחום והוא בצבע שחור. סריג הגרפיט בנוי ממשטחים מישוריים בהם ערוכים אטומי הפחמן בפינות של משושים משוכללים. זו הסיבה שניתן לחתוך גרפיט בקלות בכיוון אחד (כיוון המשטחים).

הרחבה בנושא אלטרופיה

המושג מתייחס ליסודות כימיים טהורים, ולא לתרכובות. להלן כמה דוגמאות: קיימים לפחות 40 אלטרופים שונים של פחמן, רבים מהם נתגלו לאחרונה בלבד (פולרן, או שפופרות נאנו, למשל). שלושת האלטרופים הידועים ביותר של פחמן הם יהלום, גרפיט ופחם. למרות השוני העצום בתכונות הפיזיקליות של חומרים אלו (גרפיט הוא החומר הרך המשמש לייצור עפרונות והמכונה לעתים בטעות "עופרת"; יהלום, לעומתו, הוא החומר הקשה ביותר עליו ידוע לאדם), שלושתם מורכבים מאטומים של פחמן בלבד. הסידור של האטומים, לעומת זאת, שונה בין שלושת האלטרופים, והוא זה שקובע חלק גדול מתכונות החומר. בגרפיט, למשל, מסודרים אטומי הפחמן בשכבות בעלות קשר רופף ביניהן, דבר הגורם להן להחליק האחת על גבי השנייה - מכאן הרכות של הגרפיט. לעומת זאת, יהלום ופולרין, הם חומרים גבישיים, פחם הינו חומר אמורפי - האטומים שלו אינם מסודרים בצורה מוגדרת כלשהי. המונח אלטרופ כולל, לפיכך, גבישים וחומרים אמורפיים כאחד.

חמצן קיים בשתי צורות אלטרופיות ידועות במצב גזי: כמולקולות דו-אטומיות (O_2) וכמולקולות תלת-אטומיות (O_3). O_3 נקרא אוזון. בתנאי לחץ גבוהים במיוחד (מעל ל-20 מיליארד פסקל), קיים החמצן במבנה של מולקולות ארבע-אטומיות, המכונה "חמצן אדום", לציון צבעו של אלטרופ זה. מכאן שאלטרופ יכול להתייחס למולקולות של יסוד מסוים בעלות מספר שונה של אטומים, וכן למצבי צבירה שונים (חמצן ואוזון הינם גזים וחמצן אדום - מוצק)

* סולם מוס (Mohs) הוא סולם בן עשר דרגות למדידת קשיות של מינרלים. קשיות המינרל נמדדת לפי מידת ההתנגדות שלו לחריצה על ידי מינרל אחר. בסולם זה, יהלום הוא בעל הערך הגבוהה ביותר - 10, וטלק הינו בעל הערך הנמוך ביותר - 1.

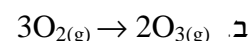
לגופרית אלטרופים רבים, חלקם גבישיים (גופרית רומבית וגופרית מונוקלינית, S_8), חלקם אמורפיים (גופרית פלסטית). במולקולות גופרית יכול להופיע מיגוון רב של מספרי אטומים (לדוגמה S_7 ו- S_{12}). האחרון הוא האלטרופ המקנה לגופרית את צבעה הצהוב.

2. א. העיקרון הכימי הוא, שאטומים אינם משתנים במהלך תגובה כימית. ההבדל בין המגיבים לתוצרים הוא בצירופי האטומים ובסוג הקשרים בין האטומים.
 ב. התהליכים המעורבים בתהליך יצירת היהלומים:

- שריפת הגופה בסביבה דלת חמצן ולכן התוצר המכיל פחמן הינו אפר עשיר בפחמן (בשריפה מלאה מקבלים פחמן דו חמצני, בשריפה עם חוסר חמצן מקבלים פחמן חד-חמצני ואף פחם);
- הפיכת האפר העשיר בפחמן לגרפיט;
- הפיכת הגרפיט ליהלום על-ידי גיבושו סביב גרעין גיבוש של יהלום זעיר.

3. ביהלום, קשור כל אטום פחמן לארבעה אטומי פחמן בקשרים קוולנטיים וכל אחד מאטומי פחמן אלו קשור אף הוא לארבעה אטומי פחמן נוספים. בדרך זו, מתקבל מבנה ענק. באתאן, כל אטום פחמן קשור לאטום פחמן אחד ולשלושה אטומי מימן. אטומי המימן אינם קשורים לאטומים נוספים, כך שמתקבלות מולקולות של אתאן בודדות, אשר קשורות ביניהן בקשרים בין-מולקולאריים – ון-דר-ולס, שהם חלשים יחסית לקשרים קוולנטיים – סוג הקשרים היחיד הקיים ביהלום. לכן טמפרטורת ההיתוך של יהלום גבוהה בהרבה מזו של אתאן ויהלום הוא מוצק בטמפרטורת החדר ואתאן הוא גז בטמפרטורת החדר.

4. א. הברקים מספקים את האנרגיה הנחוצה להפיכת החמצן לאוזון – לפירוק הקשרים הקוולנטיים הכפולים במולקולות החמצן.



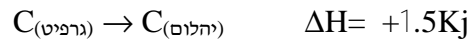
ג. האוזון רותח בטמפרטורה גבוהה יותר מחמצן ומכאן שהקשרים הבין-מולקולריים בין מולקולות האוזון חזקים יותר מהקשרים הבין-מולקולריים בין מולקולות החמצן. ניתן להסביר זאת בשוני במסה המולרית. לאוזון, מסה מולרית גבוהה משל חמצן (שלושה אטומי חמצן לעומת שני אטומי חמצן במולקולה) ולכן כוחות המשיכה בין מולקולות האוזון - אינטראקציות ון-דר-ולס, חזקים יותר.

ד. הקשר למאמר הוא תופעת האלטרופיה. חמצן "רגיל" ואוזון הן שתי צורות אלטרופיות של חמצן, כפי שיהלום וגרפיט הן שתי צורות אלטרופיות של פחמן.

5. א. תהליכי השריפה:



ב. תהליך הפיכת גרפיט ליהלום:



ג. לפי החישוב, תהליך הפיכת גרפיט ליהלום הוא אנדותרמי. בתהליך זה מעורבת כמות קטנה של אנרגיה שיש להשקיע בהפיכת גרפיט ליהלום. עובדה זו סותרת את הקושי הרב בהפיכת גרפיט ליהלום ואת הצורך ליצור תנאים קיצוניים במיוחד (טמפרטורה ולחץ גבוהים מאוד). ההסבר לכך הוא באנרגיית השפעול הגבוהה הנדרשת לצורך פירוק הסריג האטומרי של הגרפיט. לכן, הגרפיט בעפרון לא הופך ליהלום.

6. דוגמאות לשאלות (בעלות היבט כימי):

- כיצד ניתן, מבחינה טכנולוגית, להפעיל לחצים כה גבוהים כדי להפוך גרפיט ליהלום?
- כיצד ניתן להבטיח, שבהפעלת הלחץ והטמפרטורה הגבוהים, יתקבל סידור אטומי הקיים ביהלום?