

Rb	K	Rb	-2.95
K	K	-2.92	
Cs	Cs	-2.90	
Ba	Ba	-2.87	
Ca	Ca	-2.71	
Na	Na	-2.37	
Mg	Mg	-1.66	
Al	Al		
Mn	Mn		
Zn	Zn		

INTER LAB



תופעות והדגמות סביב פחמן דו-חמצני

עבדאללה חלאילה, מורה לכימיה, תיכון סחנין ומדריך לכימיה במגזר הערבי

איזה כו"זי שהגאמדיים שזי נפניס ומגאפביס כאלר פס צופיסי בניסויים שאני מבצח פלז פחמן דו-חמצני. גקצר פירינד מוגאק אגכ כז פגאובג אפפליזיווג לבפן מלגל פחמן דו-חמצני, אנסקור בקצרה כמפ מפן.

רקע פללי על פחמן דו-חמצני

פחמן דו-חמצני (פד"ח) הנו גז חסר צבע, חסר ריח ובעל טעם חומצי קל. גז שהצמחים אינם יכולים לחיות בלעדיו. הוא אינו דליק ומשמש בין היתר לכיבוי שרפות. הגז כבד מהאוויר פי 1.67, לכן דוחה את האוויר ותופס את מקומו, וכך ניתן לשפוך אותו מכלי אחד לשני בלי להבחין בקיומו, כי הוא חסר צבע. הגז נוטה להישאר במקומות נמוכים, לכן הרבה מקרי מוות מחנק התרחשו במכרות ובחללים תת-קרקעיים.

זאת, כאמור, משום שהפחמן הדו-חמצני שדוחה את האוויר ותופס את מקומו. פחמן דו-חמצני אינו קיים כנוזל בלחץ אטמוספרי. הוא הופך לנוזל תחת לחץ ומתמצק בטמפרטורה -56.7°C . מוצק זה ידוע כקרח יבש ומשמש לקירור. טמפרטורת ההתמצקות של פד"ח בלחץ אטמוספרי היא -78.5°C . כאשר כמות קטנה ממנו נמסה במים הוא מגיב עם מים והופך לחומצה הפחמתית שהיא חומצה חלשה ולא יציבה. המשקאות המוגזים מתקבלים מהמסת פד"ח בלחץ גבוה.

זה אומר שאנרגיה זו נשארת באטמוספירה של כדור הארץ, וכך התברר במשך עשורים רבים שישנה קורלציה בין עליית ריכוז פד"ח באטמוספירה לבין עליית הטמפרטורה הממוצעת על פני כדור הארץ.

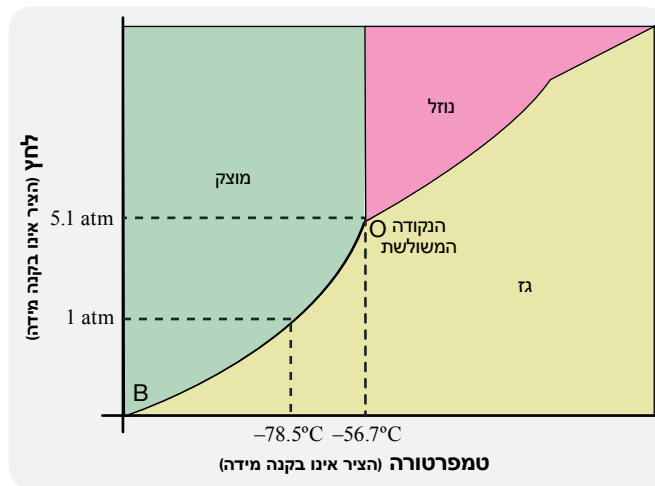
אפקט החממה הנו תופעה חשובה. תופעה זו היא המאפשרת חיים על פני כדור הארץ וגורמת לכך שהטמפרטורה הממוצעת של כדור הארץ היא 15°C . ללא אפקט החממה הייתה טמפרטורה זו יורדת ל- 18°C וכדור הארץ היה הופך לכדור שלג שאין בו בחיים. הבעיה היא שריכוז גזי החממה באטמוספירה של כדור הארץ עלה בצורה חסרת רסן ובלתי מבוקרת. הדבר עלול לגרום לשינויי אקלים נרחבים ותופעות לוואי אחרות ברחבי העולם כמו המסת קרחונים והצפות המסכנות את החיים על פני כדור הארץ.

התגמות שבתן פשתתקי פחמן דו-חמצני

אפשר להכין פחמן דו-חמצני במעבדה בתגובה בין חומצה לבין אבן גיר או כל מלח פחמתי אחר. יש גם אפשרות לקנות בלון קטן של גז זה למעבדה על-מנת להשתמש בפד"ח בעת הצורך.

לוקחים "גלון" מפלסטיק בעל נפח של כ-5 ליטרים (ששימש בעבר לאחסון שמן), ריק, נקי מעקבות שמן. ממלאים אותו בגז פחמן דו-חמצני וסוגרים אותו בפקק המתאים לו. מדגימים בפני הכיתה ושופכים מגלון זה לכלי הריק הראשון (כל שלושת הכלים שנשתמש בהם הם כוסות כימיות שנפחן 2 ליטר), לאחר מכן מעבירים את תכולת הכלי הראשון לכלי השני, ומהכלי השני לשלישי, ובסופו של דבר שופכים את הכלי האחרון על כמה נרות דלוקים שנמצאים על השולחן. ואז החוויה הגדולה: הנרות נכבים, למרות שלא נראה לעין שהיה משהו בתוך הכלים. למעשה, בתוך הכלים היה הגז פד"ח.

כך ניתן לבצע גם את ניסוי מערת הכלבים. אנו לוקחים כמה מדרגות בנויות מעץ או מפלסטיק ומכניסים אותן לתוך כוס כימית של 2 ליטר או לתוך כלי שקוף מתאים אחר, שמים על המדרגות נרות דלוקים, וכאשר מזרימים את הגז פד"ח באמצעות צינור גומי מתאים לתחתית הכוס הכימית, הנרות מתחילים להיכבות זה אחרי זה מלמטה למעלה, כי פד"ח כבד מן האוויר, דוחה אותו ותופס את מקומו.



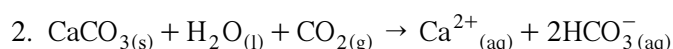
הצמחים (ביבשה) והאצות (במים) קולטים פחמן אי-אורגני בצורת פחמן דו-חמצני מן האטמוספירה ומייצרים ממנו תרכובות אורגניות בתהליך הפוטוסינתזה. התרכובות האורגניות עוברות במארג המזון מן הצמחים אל בעלי-החיים. בתהליך הנשימה המתרחש ביצורים החיים מתפרק חומר אורגני (סוכר) ונפלט פד"ח אל הסביבה. בין היתר נפלט לאוויר פד"ח גם בעקבות התפרצות הרי געש. התהליכים האחרונים הם חלק ממחזור הפחמן בטבע.

פד"ח נחשב לגז החממה העיקרי ואחד הגורמים המרכזיים בתופעה הנקראת התחממות גלובאלית, בנוסף לגזים אחרים כמו אדי מים, גז מתאן $\text{CH}_4(g)$ וחד-תחמוצת החנקן $\text{N}_2\text{O}(g)$. שיעור הפחמן הדו-חמצני שבאטמוספירה קובע את טמפרטורת כדור הארץ. כיום הוא עומד על 0.038% מנפח האוויר. לפני המהפכה התעשייתית (לפני מאתיים שנה בערך) היה ריכוז הפחמן הדו-חמצני כשליש מערכו הנוכחי. הגידול בריכוז פד"ח באטמוספירה מיוחס לשימוש הרב בדלקים פוסיליים ובירוא יערות. הדלקים הפוסיליים - כמו נפט ופחם משמשים לצורכי האדם - כמו תחנות כוח, מפעלי תעשייה ואמצעי תחבורה למיניהם - ובזמן שרפתם משחררים פד"ח לסביבה. כך התערב האדם במחזור הטבעיים כמו מחזור הפחמן בטבע ע"מ לפתח את סביבתו ולהתאימה לצרכיו. אשר לבירוא יערות, האדם ניצל יערות ושטחים ירוקים בלי ליצור שטחים חלופיים במקומם שיוכלו לספוג את הפד"ח שבאטמוספירה בתהליך הפוטוסינתזה וליצור גלוקוז שיחד עם חומרים אחרים בונה את גוף הצמח. מולקולות של פד"ח ושל גזי חממה אחרים בולעות חלק מן הקרינה האינפרא-אדומה שנפלטת מכדור הארץ בחזרה לחלל ופולטים אותה בחזרה לכל הכיוונים.



הזרמת פחמן דו-חמצני מבלון לכלי המכיל נרות דלוקים בגבהים שונים

לראות בתגובה 2.



תגובה 2 מתרחשת בטבע ומסבירה את אחת התופעות שנקראת קארסט, שהיא ע"ש אזור הררי במדינת סלוביניה שנקרא קארסט. שם נמצאת מערת הנטיפים שהיא המערה הגדולה ביותר בעולם מסוג זה. באזור זה תופעות אלה די נפוצות. התופעה מדגימה המסה של סלעי גיר שנמצאים באזור זה.

תגובה הפוכה לתגובה 2 הנה תגובה 3 אשר מתרחשת בקומקומים ובגופי חימום אחרים שכוללים מים חמים כמו מכונות כביסה, מגהצים, מדיחי כלים ודודי שמש שבעקבותיה נוצר המשקע $\text{CaCO}_3(\text{s})$. הרי הסיידן ביקרבונאט שהוא מסיס טוב במים מגיב בחימום ליצירת המשקע $\text{CaCO}_3(\text{s})$. תגובה זו מתרחשת גם בתוך מערות נטיפים בזמן יצירת הנטיפים והזקיפים בחלל המערה.

3. $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$
 אנא צפו **סרטון 1** ו**בסרטון 2** אשר מדגימים את התגובות של פד"ח בחלק מן התופעות אשר הזכרנו לעיל.

ביבליוגרפיה

1. הכימיה - אתגר, רות בן-צבי ויהודית זילברשטיין, המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע, תשנ"ב 1991, חומר רקע לפרק רביעי.
2. יש לי כימיה עם הסביבה, דפנה מנדלר ואחרים, המחלקה להוראת מדעים מכון ויצמן למדע, תשע"ב 2011.

בהמשך, כשכמות הפד"ח עולה, הוא מכבה בהדרגה את הנרות מהתחתון ועד העליון.

זיהוי פד"ח ע"י הערכת מי סיד צלולים

זוהי אחת השיטות שבה משתמשים לזיהוי ואבחון הגז פד"ח. להכנת מי-סיד צלולים לוקחים כפית של סיד (סידן הידרוקסידי) מוצק לתוך כוס כימית שנפחה 100 מ"ל מלאה במים ומערבבים היטב. אחר כך מסננים את התמיסה לתוך אירלנמייר קטן. התסנין שמתקבל נקרא מי סיד צלולים או הבסיס סידן הידרוקסידי. מזרימים אל התסנין בזהירות את הגז פחמן דו-חמצני ואז רואים שנוצרת עכירות. העכירות הנה המשקע סידן פחמתי $\text{CaCO}_3(\text{s})$. דרך אגב, אין להשאיר לזמן ממושך את התסנין החשוף לאוויר בתוך כלי פתוח, כי הפד"ח שבאוויר מעכיר אותו. אפשר גם לנשוף לתוך הכלי באמצעות של קשית שתייה קרה, ונקבל אותן תצפיות (כשנושפים בקשית, יש להיזהר לא לשתות מן התסנין!). ניתן גם להשתמש באינדיקטור פינולפתלאין. שמים כמה טיפות אינדיקטור בתוך התסנין, ומתקבלת תמיסה בעלת צבע אופייני ורוד-סגול, בגלל שהתסנין הוא בסיסי. אם מזרימים מספיק פחמן דו-חמצני לתסנין, הצבע נעלם, וזו ההוכחה שזו תגובת חומצה-בסיס.

תגובה 1 מתארת תגובה בין פחמן דו-חמצני לבין מי סיד צלולים:



התגובה אינה מסתיימת כאן, אלא בזמן שממשיכים להזרים פחמן דו-חמצני, העכירות נעלמת כי הפחמן הדו-חמצני מגיב עם המים ועם ה- CaCO_3 לקבלת סידן ביקרבונאט, שהוא מסיס טוב במים, כפי שניתן