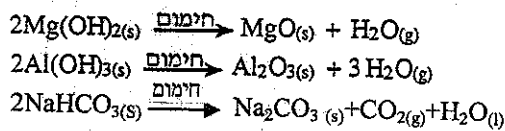


## מעכבי בעירה עס כל קמרי!

איזי קסני

באזור הבעירה ועל ידי כך גורמים לריסונה. בתהליך הבעירה של תרכובות פחמן נוצרים באיזור הבעירה ראדיקלים חופשיים. יש מעכבי בעירה שתוך כדי חימום מתפרקים ופולטים חומרים המגיבים עם ראדיקלים חופשיים אלו ועל-ידי כך מאיטים את קצב ההתפשטות של הבעירה. יש מעכבי בעירה שעקב תהליך התפרקותם האנדותרמי פוחתת כמות האנרגיה הזמינה להמשך הבעירה ויש כאלו שפעולתם מבוססת על שילוב של מספר גורמים גם יחד.

ניתן לתת דוגמאות למעכבי בעירה פשוטים:



פעולתם של חומרים אלו היא כפולה:

תהליך הפרוק שלהם הוא אנדותרמי ולפיכך גורם להפחתת כמות האנרגיה הזמינה באזור הבעירה. על ידי כך קטנה כמות החומר הדליק העובר תהליך היתוך ופרוק למרכיבים גזיים דליקים הנוצרים בפאזה הגזית שמעל אזור הבעירה. כמו כן ניתן לראות על פי הניסוחים כי חומרים אלו משחררים תוך כדי התפרקותם אדי מים ופחמן דו-חמצני (בהתאמה) ועל ידי כך גורמים לדילול כמות החמצן באזור הבעירה.

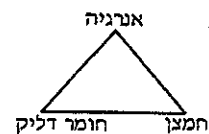
תגובות אנדותרמיות ואכסותרמיות-תהליך השריפה הינו תהליך אכסותרמי המלבה את עצמו. משלבים בחומר הדליק חומרים מעכבי בעירה שיעילותם מושפעת מכך שתהליך הפרוק שלהם אנדותרמי ופועלים להפחתת כמות

גם אם לא בחרת ב"ברום ובתרכובותיו" כפרק התעשייתי בו תעסוק עם תלמידך, כדאי לך להקדיש מעט זמן לנושא "מעכבי הבעירה" שהוא מאד מעניין, חשוב ומיתקשר לנושאים רבים בתוכנית הלימודים.

מעכבי הבעירה הם חומרים המשולבים במוצרים דליקים כדי לעכב את שלבי ההתלקחות של החומר הדליק, לרסן את הבעירה ולעכב את זמן התפשטותה. קיימים מעכבי בעירה שונים הנבדלים בדרך פעולתם ובאופן בו הם מעכבים את תהליך הבעירה. בכל המקרים המטרה היא לאפשר בשעת הצורך זמן רב יותר למילוט.

כאילו נושאים ניתן לשלב את מעכבי הבעירה?

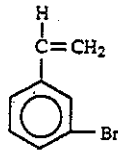
תהליכי שריפה- שלושת הגורמים הנחוצים לקיום הבעירה הם: חמצן, מקור אנרגיה, חומר דליק. שלושת גורמים אלו נקראים גם משולש הבעירה:



על ידי שילוב תרכובות הגורמות להפחתת השפעתם של גורמים אלו ניתן להפוך חומרים דליקים לחומרים פחות דליקים וכך לגרום להקטנת סיכוני השריפה.

יש חומרים אשר כתוצאה מחימום מתפרקים ויוצרים על פני המוצק שכבה מבודדת בלתי חדירה המנתקת את המגע בין החומר הדליק לחמצן שבאוויר. יש חומרים אשר תוך כדי התפרקותם פולטים גזים הגורמים לדילול החמצן

בפילמור הנוצר על-ידי סיפוח אפשר לשלב מעכבי בעירה המכילים קשרים כפולים כמו 3 - ברומו סטירן:



ניתן לדון גם בהשפעתם של מעכבי הבעירה השונים והכמות המוספת על תכונות הפולימר. לדוגמא: בפולימר הנוצר על-ידי סיפוח, הוספת ברומו סטירן תביא לשינויים בצפיפות השרשרות, ב-Tm וב-Tg (כיצד?)

אנו מציעים ניסוי פשוט שניתן לעשות בכיתה להדגמת פעולתו של מעכב הבעירה:

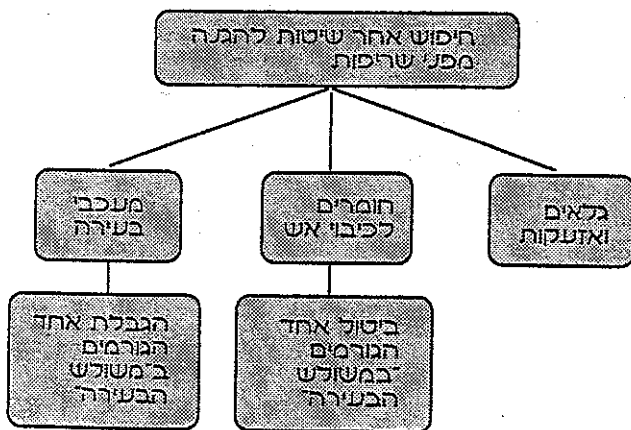
כדאי להכין תמיסות שריכוזן כ- 1M של: נתון מימן פחמתי, נתון פחמתי, נתון דו מימן זרחתי ונתון זרחתי, המשמשים כמעכבי בעירה.

להלן שלבי הניסוי:

א. טובלים נייר סינון בתמיסת המעכב ומייבשים אותו בתנור או עם מייבש שיער.

ב. בתוך מינדף מדליקים נייר סינון רגיל ומשווים את דליקותו ובעירתו לזו של נייר הסינון הספוג במעכב הבעירה תוך כדי נקיטת אמצעי בטיחות מתאימים.

לסיכום, מובאת כאן סכימה כללית המתארת את מיכלול הדרכים לחיפוש אחר שיטות להגנה מפני שריפות:



סרטון על מעכבי בעירה מצוי בקלטת "הברום ותרכובותיו" בהוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות. לקריאה נוספת: "הברום ותרכובותיו", בהוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.

האנרגיה המשתחררת (בנוסף להשפעות ספציפיות נוספות שיש להם). תהליך זה של הפחתת כמות האנרגיה הזמינה לבעירה לא יגרום לכיבוי הבעירה אלא להקטנת קצב התפשטותה.

**אנרגיות קשר-טווח** הפעולה של מעכבי הבעירה והתאמתם ליישומים השונים תלוי בין השאר באנרגיות הקשרים המתפרקים בעת הבעירה. כללית, אנרגיות הקשר קובעות את טווח הטמפרטורות בהן פעיל מעכב הבעירה. לדוגמא, מעכבי בעירה המכילים אטומי ברום הקשורים לשלד הפחמני משחררים את אטומי הברום לפאזה הגאזית בטמפרטורות נמוכות יותר ממעכבי בעירה המכילים אטומי כלור הקשורים לשלד הפחמני. מסבירים זאת על פי אנרגיות הקשרים C-Br הנמוכות מאנרגיות הקשרים C-Cl.

**תרכובות פחמן-תרכובות פחמן** המכילות אטומי כלור או ברום משמשות כמעכבי בעירה לחומרים פלסטיים. קבוצות פונקציונליות מתאימות כגון ההלוגנים (כלור וברום) מקנות לתרכובות פחמן תכונות של הקטנת הדליקות ועיכוב התפשטות הבעירה. תכונות אלו נובעות מכך שבעת חימום מתפרקות תרכובות ההלוגנים ומשחררות HCl ו-HBr (בהתאמה) אשר לוכדים את הרדיקאלים החופשיים באזור הבעירה ומעכבים את התפשטותה.

**פולימרים-לפי** אופן שילובם של מעכבי הבעירה בפולימר ניתן לחלקם לשני סוגים: 'פעילים' המשולבים בתוך השלד הפולימרי ו'מוספים' המעורבבים יחד עם כלל המרכיבים של החומר-הפלסטי. שילוב מעכבי בעירה בשלד הפולימרי (מעכבי בעירה "פעילים") נעשה על פי הקבוצות הפונקציונליות של המונומרים השונים, של מעכב הבעירה ודרך הפילמור. לדוגמא: בפוליאסטרים ניתן לשלב מעכב בעירה שהוא דו-כהל, דו-חומצה או שילוב של כהל וחומצה, כמו הדו-כהל די ברומו ניאופנטיל גליקול:

