**תיאור כללי של הפעילות**

* **שם הפעילות:** קופרון- שילוב ידע עתיק עם טכנולוגיה עכשוויות.
* **פיתוח:** ליאת נוקד- וינדר, במסגרת הקורס דרכי הוראה המקדמות חשיבה, חקר ומצוינות: כימטק – כימיה בעולם ההייטק
* **הנחייה:** ד"ר מלכה יאיון וד"ר שלי לבנה
* **קשור לנושא הוראה:**
* חמצון – חיזור -תהליכי חמצון של יוני הנחושת כהגנה מפני זיהום
* פולימרים- יצירת מוצרים מונעי זיהום על ידי הכנסת נחושת חמצנית לפולימר בשלב יצירת הסיב.
* ניתוח גרפים ובניית שאלות חקר.
* **מהות הקשר לתעשיית ההייטק:** ניתן להטמיע את חלקיקי הנחושת החמצנית בסיבי הבד באמצעי ייצור המפותחים ומשמשים כיום בתעשיית ההייטק
* **ערך מוסף של שימוש בפעילות:** דוגמה ליישום של רעיון פשוט בשילוב טכנולוגיה מתאימה לשיפור הרפואה והחיים. התרגיל מאפשר חזרה על חומר הנלמד בתכנית הלימודים ומשלב ניתוח גרפים.
* **קישור למאמר:** מבוסס על המאמר: "חברת קופרון, סיפור על רעיון מבריק של שילוב ידע עתיק עם טכנולוגיה עכשווית", מלכה יאיון. <http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/img/news/846.pdf>
* **סוג הפעילות:** פעילות אוריינות.
* **אופן ביצוע הפעילות:** עבודה בזוגות.
* **מיקום ביצוע הפעילות**: כיתה.
* **זמן משוער:** שיעור כפול.

**פעילות לתלמיד**

**קופרון- שילוב ידע עתיק עם טכנולוגיה עכשוויות**

כבר בעבר הרחוק, אלפי שנים לפני המצאת האנטיביוטיקה ,ידעו שנחושת מחטאה זיהומים ובקטריות. הנחושת מוזכרת בתנ"ך בהקשר הרפואי; משה רבנו בנה במדבר במצוות ה' נחש נחושת - "נחושתן" - על מנת להציל את בני ישראל ממגפה שהנחית עליהם אלוהים כעונש. וגם כיום, הנחושת משמשת למילוי תפקידים רבים, החל ממרפא, וכלה באסתטיקה. ודוגמא מעניינת לכך ניתן למצוא אצל חיילים בצה"ל, המכירים היטב את התופעה של ריח לא נעים העולה מגרביהם לאחר פעילות ארוכה. פיתוח של סטארט אפ ישראלי, בשם "קופרון", אמור לטפל בבעיה זו. כיצד? ובכן בשביל להבין זאת צריך להבין קצת את המאפיינים של תרכובות הנחושת.

נחושת גפרתית CuSO4נמצאה כקוטלת פטריות במחקר מבוקר שהחל בשנות ה 50-המוקדמות, ומאז משמשות הנחושת ותרכובותיה לטיפול כנגד מגוון רחב של שמרים פטריות וחיידקים. יש להניח כי האיבר הראשון שניזוק במיקרואורגניזמים הללו הוא קרום התא. יוני נחושת חיוניים לתפקוד תקין של רוב האורגניזמים ולכן קיימים מנגנונים טבעיים שבהם יוני הנחושת נכנסים לתוך התא החי. ואולם, בריכוזים גבוהים, יוני נחושת גם עלולים לגרום לשיבוש בפעילות התא. קיימת סברה שהפגיעה נעשית ע"י החלפת יוני מתכות שונות הנמצאים בחלבונים באופן טבעי ביוני נחושת.שינוי זה עלול לגרום לשינוי בקונפורמציה של החלבון או של האתר הפעיל שלו, וכתוצאה מכך יש עיכוב או נטרול של הפעילות הביולוגית של החלבון. יוני נחושת גם יכולים לגרום נזק על ידי קישור לגדילי הדנ"א ובכך לגרום להפרעות במבנה הסליל של הדנ"א (DNA).

בנוסף לכך, חומרים בעלי פעילות ביולוגית שזקוקים ליוני הנחושת כדי לפעול, כגון, ליפידים וחלבונים, עלולים להיפגע מהתרחשות תהליכי חמצון-חיזור בהם מעורבים יוניCu+2 (או יוניCu+1 ) המזרזים יצירה של רדיקאלים אשר מחמצנים אותם.

**פתרון השאלות**

1. כאשר זורקים מטבעות אשר עשויות מסגסוגות של מתכות שונות, ביניהן גם נחושת, למזרקה או לבאר המשאלות...אולי המשאלה לא מתגשמת, אבל בטוח המים במזרקה מתנקים. בהנחה שעל המטבע יש נחושת חמצנית Cu+2 , תארו כיצד המטבע אחראית לניקוי המזרקה?

יוני הנחושת Cu+2 על פני המטבע מחטאים את מי המיזרקה, בתהליך שבו יוני הנחושת עוברים חיזור ומחמצנים חלבונים של אורגניזמים המתפתחים במים וגם מרכיבים אחרים של זיהומים ביולוגיים במי המזרקה וע"י כך הורגים את המיקרו-אורגניזמים.

1. " חומרים בעלי פעילות ביולוגית שזקוקים ליוני הנחושת כדי לפעול, כגון, ליפידים וחלבונים, עלולים להיפגע מהתרחשות תהליכי חמצון-חיזור בהם מעורבים יוני Cu+2 (או יוני Cu+1 ) המזרזים יצירה של רדיקאלים אשר מחמצנים אותם."  
   ציינו שני חומרים מחמצנים בתהליכים המתוארים?

בתהליך המתואר יוני הנחושת עוברים חיזור ולכן יכולים לחמצן.

רדיקאלים גם הם מחמצנים את החלבונים ואת הליפידים.

1. לחיידקים ופטריות רבים יש מנגנונים שונים על מנת להתמודד עם עודפי יוני הנחושת אך מעל לסף ריכוז מסוים (המשתנה בין מיקרואורגניזמים) אין הם יכולים להתמודד עם" עומס" יוני הנחושת, והם מתים. כתבו שאלת חקר הבודקת את הנחתו של המשפט לעיל. ( הקפידו על הגדרת משתנה תלוי, בלתי תלוי ובדיקת היחס ביניהם).

כיצד ישפיע ריכוז יוני הנחושת על אחוז תמותה של פטריות (בצלחת פטרי נתונה)?

או כיצד ישפיע ריכוז יוני הנחושת על אחוז הפטריות (בצלחת פטרי נתונה)?

1. בוצעו ניסויים במטרה לבדוק את יעילות הבד של "קופרון" שמכיל יוני נחושת כפי שמתואר בניסוי הבא אשר בדק את יעילות הבד נגד הפטרייה קנדידה אלביקנס .candida albicans בניסוי זה שמו חתיכות בד שנספגו בתמיסה שהכילה כ 40000- פטריות במ"ל באינקובציה ב- 37°C לפרקי זמן שונים. לאחר האינקובציה הועברה התמיסה מהבד ל 100-מ"ל תמיסה סטרילית(saline) ולאחר מכן למצע בצלחת פטרי אחר פרק זמן מסוים קבעו את מספר הפטריות שגדלו בצלחת. את התוצאות ניתן לראות באיור 1.



**איור 1** — יעילות הבד נגד הפטרייה קנדידה אלביקנס – .**candida albicans**הבד של קופרון מורכב מ 10%- חוטים שמכילים נחושת חמצנית. הבדששימש כבקרה הינו אותו סוג בד אך אינו מכיל חוטים עם נחושת חמצנית.הבדיקות נערכו ע"י חברת אמינו-לאב, פארק המדע, נס ציונה.

שאלות על הגרף:

1. מהו המשתנה התלוי ?

מספר פטריות שגדלו לאחר איקובציה עם הבד.

1. מהו המשתנה הבלתי תלוי?

זמן אינקובציה בדקות.

1. כתוב את שאלת החקר שעליה עונה הגרף של בד קופרון.

כיצד ישפיע משך זמן האינקובציה עם בד קופרון, על מספר הפטריות שגדלו בצלחת הפטרי?

1. האם מתוך הגרף ניתן להסיק שבד קופרון יעיל נגד הפטריה קנדידה אלביקנס? כן \ לא \ לא ידוע. הסבירו.

ניתן להסיק שככל שזמן האינקובציה של הבד של "קופרון" התארך, כך גדלו פחות פטריות. כלומר, הבד של קופרון עזר להרוג את הפטרייה. קשר זה אינו קיים כאשר האינקובציה נעשתה עם בד רגיל.

1. מה ניתן להסיק מהגרף?

ניתן להסיק שככל שזמן האינקובציה של הבד של "קופרון" התארך, כך גדלו פחות פטריות. קשר זה אינו קיים כאשר האינקובציה נעשתה עם בד רגיל.

כדי ליישם את הפעילות המחטאה של הנחושת החמצנית היא צריכה לבוא במגע עם האזורים שדורשים טיפול. ולכן, חשבו לייצר מוצרי טקסטיל המכילים נחושת חמצנית. הנחושת החמצנית Cu2O מעורבבת עם הפולימר בשלב מוקדם מאוד. לפני יצירת הסיב, על מנת להחדיר את החומר בכל נפח הסיב ולא רק לשטח הפנים שלו.



1. מדוע היה חשוב להחדיר את הנחושת חמצנית לכל נפח הסיב ולא רק לשטח הפנים שלו?

פעולה זו מבטיחה קיום של יוני נחושת בכל הסיב, ולכן גם אם הסיב עובר שחיקה במהלך השימוש והכביסה- תמיד יהיו יוני נחושת על פני השטח של הסיב.

1. בהוראות השימוש של הגרביים כתוב לא להשתמש במרכך המכיל סיליקון. הסבר מדוע.

אין להשתמש במרכך עם סיליקון מכיוון שהסיליקון עלול לצפות את הסיבים, ולמנוע מגע עם האזור הנגוע.

1. רשמו שאלה שעלתה תוך כדי קריאת הכתבה.

כיצד יתכן שיוני נחושת נחוצים לתפקוד התא, אך פוגעים בו?

האם גם יונים של מתכות חיוניות אחרות יכולים לעשות פעולת חיטוי דומה לזו של נחושת? (מחמצנים) (הערה למורה: יש בדים דומים למיוצרים בקופרון על בסיס יוני כסף)

1. האם יש לכם רעיון ליישום של התופעה?

* שימוש בנחושת לצרכי רפואה אינה חדש, והיה נהוג רבות בהיסטוריה במגוון מקומות בעולם.
* כיום, על ידי שיטות שונות ניתן להכניס את תרכובות הנחושת לבדי כותנה, סיבי פולימר, ולטקס- ועל ידי כך למנוע פטריות, וירוסים, מעבר מחלות ופיתוח אלרגיות, ולעזור בריפוי פצעים.