**תיאור כללי של הפעילות**

* **שם הפעילות:** "אף אלקטרוני" לאבחון סרטן
* **פיתוח:** ד"ר עומר חורש, במסגרת הקורס דרכי הוראה המקדמות חשיבה, חקר ומצוינות: כימטק – כימיה בעולם ההייטק
* **עריכה:** דר' מלכה יאיון, דר' שלי ליבנה**.**
* **קשור לנושא הוראה:** אחרי לימוד "מבנה וקישור"
* **מהות הקשר לתעשיית ההייטק:** פיתוח שיטה לאבחון סרטן בעזרת בדיקת ה"אוויר" שיוצא מהפה של הנבדק. כימות תכונה או תופעה שמאפשרת לקשר בינה לבין מחלה ובכך למדוד ולאבחן.
* **ערך מוסף של שימוש בפעילות:** גישור בין הנלמד בכיתה למחקרים עכשוויים. יש משמעות מוטיבציונית גדולה כאשר התלמיד מבין עקרון פעולה של שיטת אבחון רפואית בעזרת מושגים שלמד בכיתה.
* **קישור למאמר:**

ד”ר חוסאם חאיק, אף אלקטרוני לאבחון סרטן על ידי דגימות נשימה, "על כימיה" גיליון 15

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/img/news/85.pdf>

<http://chemteachers.huji.ac.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/af_electroni.pdf>

* **סוג הפעילות:** אנסין, משימת אוריינות
* **אופן ביצוע הפעילות:** זוגות/קבוצות
* **מיקום ביצוע הפעילות**:בכיתה/בחדר מחשבים/בבית
* **זמן משוער:** 60 דקות. שיעור כפול. שעה להתמודדות התלמידים עם המשימה ושעה נוספת לסיכום ודיון משותף בכיתה.

**פעילות לתלמיד**

**"אף אלקטרוני" לאבחון סרטן**

הייתם מאמינים שבטכניון מפתחים אף מלאכותי ("אף אלקטרוני") אשר יוכל לאבחן את מחלת הסרטן בשלביה המוקדמים, ובכך להגדיל משמעותית את סיכויי הריפוי מהמחלה? חשוב לאבחן את מחלת הסרטן, ובמרבית המקרים, האבחון המוקדם מעלה במידה ניכרת את אחוזי הריפוי מהמחלה. בעת התפתחות גידול סרטני נוצרים חומרים אשר מופרשים למחזור הדם או נפלטים בתהליך הנשימה. האף המלאכותי הוא מכשיר חדשני, פשוט וזול יחסית, לגילוי ביו-סמנים סרטניים נדיפים בריכוזים נמוכים. מהם ביו-סמנים סרטניים? אלו הן תרכובות נדיפות, המיוצרות על ידי תאים סרטניים אך לא על ידי תאים בריאים, ויכולות לשמש סימן לכך שהאדם לוקה בסרטן. יתרה מזאת, סוגי סרטן שונים מייצרים תרכובות שונות, כך שניתן גם לאבחן את סוג הסרטן ממנו סובל החולה. תרכובות אלה עשויות להימצא בדם, בשתן או באוויר שהנבדק נושף. שימוש באף המלאכותי מאפשר לאבחן מחלות סרטן באמצעות דגימות נשימה (למשל על ידי נשיפה אל תוך המכשיר באמצעות צינור דק המחובר בקצהו) והתוצאה תוצג באופן מידי על צג המכשיר.

כיצד פועל החיישן החדש, המכונה "אף אלקטרוני"? המכשיר מבוסס על חלקיקי זהב זעירים המכוסים בשכבות של תרכובות אורגניות מסוגים שונים. השכבה האורגנית מהווה מצע אליו נקשרים באופן ייחודי הביו-סמנים הנפלטים מהגידול הסרטני, ואילו חלקיקי הזהב משמשים להמרת הקשרים הנוצרים לאותות חשמליים הניתנים למדידה. בשל גודלם הזעיר, מסוגלים חלקיקי ה"אף האלקטרוני" לספוח כמויות גדולות יותר של חומרים ליחידת שטח וכך מקנים למכשיר את רגישותו הגדולה, כלומר את יכולתו לחוש בריכוזים מאד נמוכים של ביו-סמנים.

ה"אף האלקטרוני" הראה יכולת אבחנה מצוינת בין חומרים קוטביים וחומרים לא קוטביים, לפי מסתם המולרית או לפי עוצמת הקישור של מולקולות החומר לבין מולקולות אורגניות בחיישן. כמו כן, ידוע שככל שחומר קוטבי יותר עוצמת הקישור למולקולות האורגניות בחיישן גדולה יותר. קשר זה מומר לאות חשמלי חזק יותר אשר לפיו, בין היתר, ניתן לדעת מהו החומר שנקשר לחיישן. כמו כן, ככל שריכוז החומר הנבדק (הביו-סמן) גבוה יותר כך תהיה עוצמת האות החשמלי המתקבל גדולה יותר.

ה"אף האלקטרוני", המדמה את האף האנושי, עשוי לשנות את הטיפול במחלת הסרטן היתרון החשוב ביותר של השיטה הוא בכך שהיא תאפשר את אבחון המחלה בשלב מוקדם, עוד לפני שהגידול יתחיל להתפשט, כך שיהיה אפשר לטפל בה מיד ולחסל אותה בעודה באיבה. כיום, על אף כל השיטות המשוכללות הקיימות, גילוי הסרטן אפשרי רק כשהמחלה נמצאת בשלבים מתקדמים.

**פתרון השאלות**

1. על פי המאמר, למכשיר המכונה "אף אלקטרוני" יתרונות אחדים על פני שיטות אבחון סרטן הקיימות כיום. מנו שלושה יתרונות שיש למכשיר החדש באבחון של מחלת הסרטן.

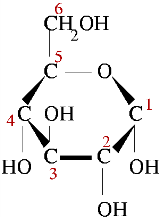
מאפשר לאבחן מחלות סרטן בלשלב מוקדם יחסית של המחלה.

בעל רגישות ודיוק גבוהים.

אינו מחייב פעולה חודרנית או כירורגית.

יכולת אבחנה בין סוגי סרטן שונים.

1. מערכות זיהוי חומרים מבוססות לרוב על כך שהחומר הנבדק יוצר קשרים בין מולקולאריים, כגון קשרי מימן או אינטראקציות ואן דר ואלס בין מולקולות החומר הנבדק לבין מולקולות אחרות הנמצאות בחיישן (מערכת הזיהוי). לפניכם שלושה חומרים הנמצאים בתערובת אחידה בדם החולה:

[](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Alpha-d-glucose.png)גלוקוז: מים: H2O אלכוהול: CH2CH2OH

1. הסבירו, במושגים של מבנה וקישור, מדוע שלושת החומרים הנ"ל יוצרים תערובת אחידה.

גלוקוז ואתאנול מסיסים במים לכן יוצרים תערובת אחידה. בשתי המולקולות, גלוקוז ואתאנול, קיימים מוקדים ליצירת קשרי מימן עם מולקולות המים, לכן מולקולות המים מצליחות למיים את מולקולות הגלוקוז ואת מולקולות האתאנול. למשל, מימן חשוף מאלקטרונים בקבוצת ההידרוקסיל באתאנול יכול ליצור קשר מימני עם אטום חמצן במולקולת מים ואילו אטומי המימן החשופים מאלקטרונים במולקולות המים יכולים ליצור קשרי מימן עם אטום החמצן בקבוצת ההידרוקסיל באתאנול. קשרים דומים יכולים להיווצר גם בין קבוצות ההידרוקסיל בגלוקוז לבין מולקולות המים.

1. לפניכם תיאור של ארבע מערכות שונות של חיישנים (מערכות זיהוי). איזו מהן היא המתאימה ביותר למדידת ריכוז האלכוהול בדגימה? נמקו קביעתכם.

* מערכת חיישנים המבוססת על מדידת המוליכות החשמלית של התערובת.
* מערכת חיישנים המבוססת על יכולתו של אחד מחומרי התערובת ליצור קשרי מימן על מולקולה אחרת בחיישן.
* מערכת המבוססת על אבחנה בין מולקולות קוטביות ללא קוטביות.
* מערכת המבוססת על מדידת המסה המולרית של החומר הנבדק.

המערכת המתאימה היא מערכת המבוססת על מדידת המסה המולריות של החומר הנבדק משום שקיים הבדל במסות המולריות של אתאנול, מים וגלוקוז. הראשונה לא מתאימה משום שהתערובת (גלוקוז, אלכוהול ומים) אינה מוליכה חשמל, השנייה לא מתאימה משום שגם גלוקוז, גם אתאנול וגם מים בעלי יכולת ליצור קשרי מימן לכן החיישן לא יבדיל ביניהם, השלישית לא מתאימה משום ששלוש המולקולות (גלוקוז, מים ואתאנול) הן קוטביות.

1. תפקיד חלקיקי הזהב ב"אף האלקטרוני" הוא המרת הקשרים כימיים, הנוצרים בין הביו-סמנים לחיישן, לאותות חשמליים.
2. תארו חלקיקי זהב ברמה המיקרוסקופית.

חלקיקי הזהב בנויים כסריג מתכתי מאטומי זהב המסודרים כגלעינים חיוביים בים של אלקטרונים חופשיים לא מאותרים. בין הגלעינים החיוביים לאלקטרונים בים האלקטרונים מתקיימות משיכות חשמליות חזקות (קשר מתכתי).

1. הסבירו מדוע זהב מוליך זרם חשמלי.

בסריג המתכתי קיימים אלקטרונים חופשיים המסוגלים לנוע בכיוון מסוים, כאשר מופעל עליהם כוח חיצוני, וליצור זרם חשמלי.

1. לפניכם טבלה ובה מספר חומרים, אשר ביניהם יכול להבחין ה"אף האלקטרוני":

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| שם החומר | נוסחה מבנה מקוצרת | קוטביות |
| בוטאן | [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ab/Butane_simple.svg/120px-Butane_simple.svg.png](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A7%D7%95%D7%91%D7%A5:Butane_simple.svg) | לא קוטבי |
| אוקטאן | [File:Octane-2D-Skeletal.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/Octane-2D-Skeletal.svg) | לא קוטבי |
| בוטאנול | [File:1-Butanol skeletal.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/1-Butanol_skeletal.svg) | קוטבי |
| איזואוקטאן | [File:2,2,4-Trimethylpentane.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/40/2,2,4-Trimethylpentane.svg) | לא קוטבי |
| הקסאן | [File:Hexane-2D-Skeletal.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Hexane-2D-Skeletal.svg) | לא קוטבי |
| אתיל אצטאט | [File:Ethyl acetate2.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Ethyl_acetate2.svg) | קוטבי |
| בוטאן תיול | [File:Butanethiol.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/Butanethiol.svg) | קוטבי |

א. ציינו בטבלה עבור כל אחד מהחומרים האם הוא קוטבי או לא קוטבי.

ב. לגבי החומרים הקוטביים – הציעו דרך לפיה ניתן להבחין ביניהם. בססו תשובתכם על המידע הנתון בקטע ועל מבנה המולקולה.

ניתן להבחין ביניהם על פי הבדלים במסה המולרית שלהם ו/או עוצמת הקישור שלהם למולקולות אורגניות בחיישן, למשל בוטאנול יכול ליצור קשרי מימן עם החיישן. גם אתיל אצטאט במקרה שבחיישן יש אטומי מימן "חשופים" מאלקטרונים. מולקולות אחרות יכולות ליצור אינטראקציות ואן דר ואלס בעוצמות שונות.

**שאלת אתגר (רשות):**

1. בשיטות הקיימות כיום יש צורך לרכז את הדגימות הנלקחות מהחולה.
2. מדוע, לדעתכם, יש צורך לרכז את הדגימות הנלקחות מהחולה?

משום שרגישות השיטה הקיימת אינה מספיק גבוהה על מנת לאבחן את ריכוז החומר הנבדק (הביו-סמן) בדגימות הנלקחות מהחולה.

1. קיימות שיטות שונות בהן ניתן לרכז את הדגימה הנלקחת מהחולה, שלוש מהן מוצגות לפניכם:

* הקטנת נפח הדגימה על ידי הפעלת לחץ.
* הקטנת נפח הדגימה על ידי הקטנת נפח הממס, למשל על ידי אידוי.
* שימוש בחומר כימי הנקשר לביו-סמן ומוציא אותו מהתמיסה.

1. השיטה הראשונה מתאימה לריכוז דגימות אויר נשוף אך לא לריכוז דגימת שתן או דגימת דם. הסבירו מדוע.

משום שאויר נשוף הוא תערובת גזים הניתנת לדחיסה על ידי לחץ בעוד שדגימת שתן היא תערובת נוזלים שאינה ניתנת לדחיסה.

1. לריכוז דגימה נוזלית, כגון דגימת שתן, ניתן להשתמש בשתיים מהשיטות המוצעות. איזו מהם יותר מתאימה לריכוז ביו-סמן, אשר טמפרטורת הרתיחה שלו נמוכה מזו של המים? הסבירו.

שימוש בחומר כימי הקושר את הביו-סמן ומוציא אותו מהתמיסה. אידוי יביא לנידוף הביו-סמן לפני עם אידוי המים, לכן השיטה של אידוי אינה מתאימה במקרה זה.

**הנחיות למורה**

* 1. המאמר מתאים לנושא "מבנה וקישור", אחד הנושאים המרכזיים מהנושאים בתכנית הלימודים לשלוש יחידות כימיה (חלק מחמש יחידות). מתאים לתת את המאמר כסיכום לנושא, שכן הוא משלב היבטים שונים ממגוון תתי הנושאים שבנושא המרכזי.
  2. מתאים להוראה בכיתה יא'.
  3. היקף מומלץ – שיעור כפול. שעה להתמודדות התלמידים עם המשימה ושעה נוספת לסיכום ודיון משותף בכיתה.
  4. מומלץ לתת לתלמידים להתמודד באופן אישי עם המאמר. לאחר מכן לעשות סיכום כיתתי בו יוצגו התשובות על ידי התלמידים, יאותרו בעיות משותפות. המורה ישים דגש על כתיבת ניסוחים מדויקים ועל מיומנויות הנדרשות מהתלמיד כגון הבנת גרף, טבלה והסקת מסקנות מתוך מידע כתוב.

**ביבליוגרפיה**

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/img/news/85.pdf>

<http://chemteachers.huji.ac.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/af_electroni.pdf>