



# הכל כימיה

ניתוח מאמרים מדעיים מעובדים  
וחקר אירועים

ד"ר אורית הרשקוביץ  
ליאורה סער

ראש הפרויקט: פרופ. יהודית דורי

## ברצוננו להודות:

- ♥ לחותי לפלר על קריאתה המעמיקה את כל הספר והמדריך למורה והערותיה החשובות.
- ♥ לד"ר ניצה ברנע, מפקחת ארצית (מפמ"ר) להוראת הכימיה, משרד החינוך ולד"ר רחל טסה, מפקחת תחום כימיה, האגף לתוכניות לימודים, משרד החינוך, על תמיכתן ועידודן.
- ♥ לד"ר איתן קריין, מורה לכימיה בחמד"ע והעורך המדעי/תפעולי של סינטיפיק אמריקן ישראל, אשר הפנה אותנו לחלק מהמקורות בספר זה וסייע בעיבוד המאמרים.
- ♥ לד"ר מירי ברק, עירית ששון וורד דנגור, הטכניון, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, על חיבור המאמרים לנושאי הבחירה של חמש יחידות לימוד בנושאים: ביוכימיה וננוכימיה.
- ♥ לד"ר דליה עובדיהו וליוסף ליבנה על הערותיהם בחלק מהמאמרים.
- ♥ למורי הכימיה אשר השתתפו בסדנת מורים מובילים להוראה משולבת חקר אירועים בטכניון, בהשתלמויות קיץ בטכניון וכן בהשתלמות המורים בנושא קריאת מאמרים, שנערכה בחמד"ע. במסגרות אלו הציעו המורים עיבודים ראשוניים לפעילויות לתלמידים מבוססות חקר אירוע / מאמר מדעי מעובד אשר חלקן שולבו בספר.

להלן רשימת המורים אשר השתתפו בעיבוד ראשוני של חלק מהמאמרים (לפי סדר א-ב):

אברמוביץ ענת, תיכון כדורי	קברמן צביה, מקיף נשר והטכניון,
אברני חוה, סולם צור, גשר הזיו	המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים
אינטרטור רולי, הרצוג, בית-חשמונאי	קדמי ירדן, רוגזין, ק. אתא ומקיף נשר
גורליק אלנה, חוגים, חיפה	רן עירית, בי"ס חוגים, חיפה
חלאילה עבדאללה, תיכון סחנין	שחור דנה, הטכניון, המחלקה להוראת
יונתן משה, החשמונאים, בת-ים	הטכנולוגיה והמדעים
ד"ר יעקבי דבורה, חמד"ע תל-אביב	שינפלד עדינה, רוגזין, ק. אתא
ליבנה זהבה, תיכון ליבנה חולון	שפירא רחל, תיכון בן-צבי, קרית אונו
מסינגר טלי, תיכון גליל מערבי	

עריכה לשונית: **אבשלום גינוסר**

עיצוב וגרפיקה: **נועם שושן**

גרפיקה ועיצוב כריכה: **טל הרשקוביץ**

עריכה: **ד"ר אורית הרשקוביץ**

שותף בהוצאה לאור: יואל אייזנברג, הוצאת אח



כל הזכויות שמורות, משרד החינוך, תשס"ז, ינואר 2007

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאכסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמחברים.

## תוכן עניינים

4	הקדמה
6	רשימת מאמרים וחקר אירועים בספר, נושאים ותכנים מרכזים ורמות קושי
8	מזון בצבע שלא כדרך הטבע
10	זכוכית קשיחה - מקרח יבש מקורה
12	הערבה - פתרון לבעיה כאובה
14	סערה בכוס קפה
16	חומרי הדברה - לטוב ולרע
19	עור ואור - הקשר התאי
21	הרדון - סכנה או יתרון?
24	סבון אנטי-בקטריאלי - נקיין טוטאלי אך לא אידאלי
26	יהלומים לנצח
28	טפס על קירות עם שממיות
30	כל מספרת צמרת - מעבדת כימיה לתפארת!
32	הר געש - תחזית זעם
34	גשם חומצי מנעת - חלומות ירוקים הגשמת!
36	חזקה אך עדינה
38	מה קורה לחומציות האוקיינוסים? (גירסה מצומצמת)
40	מה קורה לחומציות האוקיינוסים? (גירסה מורחבת)
42	כימיה בקצה הגפרור
44	מכונית על מים - חלום או חזון?
46	סיבה לאזעקה
48	חידת הכד מבגדד
50	מכונית מימן - רעיון מצוין?!
52	ניקוי מולקולרי - פתרון גאוני לזיהום סביבתי
54	להשתזף רציתם? על מלנין בנייתם
58	כוח ממוזער - סוללות ננומטריות בפעולה
61	מיצוי DNA מעצמות - במקום טביעת אצבעות

## הקדמה

העולם סביבנו משתנה במהירות רבה ביותר, כמות הידע המצטברת גדולה מאוד ולא ניתן להקיף ידע זה במסגרת הלימודים בבית הספר. מסיבה זו, תלמדו בהמשך חייכם נושאים חדשים על בסיס הידע והמיומנויות שרכשתם במהלך לימודיכם בבית הספר. מרכיב מרכזי בלמידה העצמית הינו היכולת לקרוא בצורה מושכלת מקורות מידע ומאמרים ולקבל החלטות בנושאים המתבססים על הבנת מדע, טכנולוגיה וחברה.

מטרתנו בספר זה הינה להפגיש אתכם עם נושאים בכימיה, אשר עומדים בחזית המחקר המדעי היום, נושאים אשר לא למדתם בהכרח במסגרת תוכנית הלימודים, אך אלה נושאים שעמם תוכלו להתמודד ואותם תוכלו להבין בזכות הרקע אשר רכשתם בלימודיכם בכלל ובכימיה בפרט.

קטעי הקריאה בספר יהיו הזדמנות לקישור בין עקרונות הכימיה התיאורטיים הנלמדים בכיתה לבין יישומם בחיי היום יום. כמו כן, זו תהיה הזדמנות עבורכם לחשיבה מעמיקה על מושגים ותופעות כימיות שעליהם אתם לומדים.

קריאת מאמר מדעי שונה מקריאת סיפור או מאמר פופולרי. במחקרים אשר עוסקים בהתמודדות תלמידים עם קריאת מאמרים מדעיים מעובדים נמצא, כי משימת הקריאה היא תהליך פעיל, הדורש הבנה מעמיקה והבניה של ידע חדש, תוך קישורו לידע קודם על ידי יצירת משמעויות חדשות.

כדי להתמודד עם קריאת מאמרים מדעיים מעובדים צריך להכיר ולהשתמש בצורה מושכלת באסטרטגיות קריאה.

## אסטרטגיות קריאה מומלצות

1. **מציאת קשר בין ידע חדש לידע קודם** – היכולת להבין ולקשר בין הידע הקודם לבין הידע החדש שבטקסט. הלמידה תהיה משמעותית אם הגירויים שבטקסט יעוררו את הקורא לחשיפת הסיכומות המתאימות במוחו.

2. **התאמה בין מטרת הקריאה לאופן הקריאה**. האפשרויות העיקריות הן:

- קריאה מרפרפת – קריאה מהירה תוך מתן תשומת לב לכותרות ולמילות מפתח, מטרתה לקבל מידע כללי על הנושא.
- קריאה סורקת – קריאה מהירה, תוך חיפוש פרט מסוים.
- קריאה מעמיקה – קריאה איטית אשר מטרתה להביא ללמידה משמעותית ולאפשר כתיבת תמצית, איתור רעיון מרכזי, מיפוי טקסט.
- קריאה חוזרת ונשנית של הטקסט על מנת להבין ולזכור.

בקריאת קטע ממאמר מדעי מעובד / חקר אירוע, מומלץ לקרוא בתחילה קריאה מרפרפת ראשונית ובהמשך קריאה מעמיקה וחוזרת.

3. **מציאת רעיון מרכזי** – בתוך אסטרטגיה זו כלולות מיומנויות של הבחנה בין עיקר וטפל, הבחנה בין עיקרון ודוגמא, איתור משפטי מפתח, איתור מילות מפתח, היכולת לבצע הכללות.

4. **זיהוי מבנה טקסט** – היכולת לאתר את האופן שבו מאורגנים הרעיונות שבטקסט, ואת מיקומו של המידע הרלוונטי.

5. **מיפוי מבנה הטקסט** – היכולת לתאר בעזרת שרטוט גרפי את מבנה הטקסט ובכך ליצור קשר בין תוכן הטקסט והפרשנות של הקורא. המיפוי מסייע לזכור ולהבין את הנלמד.

6. **שימוש באמצעים חזותיים** כגון הדגשה, ציור של סוגיות מסוימות במאמר, יצירת דיאגרמה או טבלה.

## הנחיות לבדיקה עצמית של הבנת מאמר מדעי מעובד / חקר אירוע

א. שימו לב לכותרת, קראו קריאה מרפרפת את כל המאמר/אירוע

ב. סמנו מושגים מרכזיים

מאפיינים של מושג מרכזי:

- מופיע מספר רב של פעמים במאמר/אירוע;

- אי אפשר להבין את תוכן המאמר/אירוע או חלקים ממנו ללא הבנת המושג.

ג. רשמו לעצמכם מהו התחום בו דן המאמר/אירוע

ד. לפי התרשמותכם הראשונית, רשמו רעיונות כללים בהם המאמר/אירוע עוסק

ה. קראו כל פסקה או שתיים במאמר/אירוע ורשמו לידה/ן נקודות מרכזיות, או סמנו משפט המייצג את הרעיון

המרכזי שלה/ן. אספו את המשפטים שרשמתם ורשמו את הנושאים המרכזיים בהם עוסק המאמר/אירוע

לפי רצף הצגתם. היעזרו ברישום זה כדי לזהות את הנושא המרכזי.

החוקרים מחלקים את הקוראים למיומנים ולטירונים. המחקר מראה, כי קוראים מיומנים מודעים יותר לשימוש באסטרטגיות קריאה, כגון תמצות וקריאה חוזרת. לעומתם, קוראים טירונים עסוקים רוב הזמן בפירוש מילים במקום בהבניית משמעות. חסרות להם אסטרטגיות כגון: התייחסות לידע קודם, סיכום, ניטור ההבנה, בירור ותיקון אי ההבנות, כמו גם שימוש במבנה הטקסט לצורך הבנה וחשיבה ביקורתית.

**אנו מקוות שתרגול קריאת המאמרים בספר זה יהפוך אתכם לקוראים מיומנים - כאלה שיכולים להבין את כל המשמעויות אשר נמצאות בטקסט מדעי וליהנות מהן.**

**קריאה מדעית מהנה!**

*אורית, איאורה ויהודית*

## רשימת מאמרים וחקר אירועים בספר, נושאים ותכנים מרכזיים ורמות קושי

שם המאמר/אירוע	נושאים מרכזיים בכימיה	תכנים מרכזיים במאמר / אירוע	רמת קושי
מזון בצבע שלא כדרך הטבע	מבנה וקישור	סוגים ונזקים של צבעי מאכל; התייחסות מיוחדת לטרטרזין, צבע מאכל צהוב המצוי בשקדי מרק, איטריות, סוכריות וכדומה	נמוכה
זכוכית קשיחה - מקרח יבש מקורה	מבנה החומר	הצליחו לייצר זכוכית מקרח יבש שהוא CO <sub>2</sub> - תחמוצת הפחמן	נמוכה
הערבה - פתרון לבעיה כאובה	מבנה וקישור	שימוש בצמח הערבה לתרופות, בעיקר לייצור אספירין	נמוכה
סערה בכוס קפה	מבנה וקישור	פיתוח קפה ללא קופאין בשיטות של הנדסה גנטית	נמוכה
חומרי הדברה - לטוב ולרע	מבנה וקישור	חשיבותן ונזקיהם של חומרי הדברה לעולם החקלאות המודרנית; חומרי הדברה: DDT, מתיל ברומיד וביזום	בינונית
עור ואור - הקשר התאי	מבנה וקישור ותרכובות הפחמן	נזקי השמש על העור, מחקרים בתחום	נמוכה
הרדון - סכנה או יתרון?	ראדיואקטיביות	קרינה רדיואקטיבית, שימוש ברדון לחיזוי רעידות אדמה	נמוכה
סבון אנטי-בקטריאלי - נקיון טוטאלי אך לא אידיאלי	מבנה וקישור	חומרי ניקוי ועקרונות כימיים לניקוי, הגיינה	בינונית
יהלומים לנצח	מבנה החומר	שימוש באפר מתים לייצור יהלום כדרך להנצחתם	בינונית
טפס על קירות עם שממיות	כוחות בין-מולקולריים	פיתוח חומרים המחקים את יכולת השממיות לטפס על קירות ותקרות	גבוהה
כל מספרת צמרת - מעבדת כימיה לתפארת!	מבנה וקישור חלבונים	חומרי צבע לשיער והשפעתם על צבע השערה	גבוהה
הר געש - תחזית זעם	חומציות גזים חומציים	ידע כימי בשרות חזאי התפרצויות וולקניות; לדוגמה: שני בחומציות אגמים, נחלים ומי תהום עקב שיחרור מוגבר של SO <sub>2</sub>	נמוכה

שם המאמר/אירוע	נושאים מרכזיים בכימיה	תכנים מרכזיים במאמר / אירוע	רמת קושי
גשם חומצי מונעת – חלומות ירוקים הגשמת!	חומציות ובסיסיות	גשם חומצי וזיהום אוויר מכלי רכב ומפעלים	נמוכה
חזקה אך עדינה	חומצות ובסיסים, מבנה החומר	גילוי החומצה החזקה בעולם, שאינה חומצה קורוזיבית	בינונית
מה קורה לחומציות האוקיינוסים?	חומציות ובסיסיות	עלייה בחומציות האוקיינוסים כתוצאה מזיהום אוויר	בינונית וגבוהה (שתי גרסאות)
כימיה בקצה הגפרור	מבנה החומר, חמצון-חיזור, קינטיקה	הכימיה בפעולתו של גפרור וההיסטוריה מאחורי גילוי	נמוכה
מכונית על מים – חלום או חזון?	חמצון חיזור, שיקולי אנרגיה בתגובה	מכונית הפועלת על אנרגיה שמקורה בשריפת מימן לקבלת מים; הרעיון פותח בארץ במכון ויצמן	נמוכה
סיבה לאזעקה	שריפה, חמצון-חיזור, תא חשמלי	גלאים והסכנה בחשיפה לגז CO	בינונית
חידת הכד מבגדד	חמצון חיזור	כדים עתיקים שהתגלו בבגדד, אשר לפי השערת חוקרים פעלו כסוללות העתיקות בעולם	גבוהה
מכונית מימן – רעיון מצוין?!	אנרגיה חלופית, חמצון-חיזור	פעולת תאי דלק – מבוססים על מימן כמקור לדלק במכונות; מעבר למקורות אנרגיה חלופיים	גבוהה
ניקוי מולקולרי – פתרון גאוני לזיהום סביבתי	כימיה ירוקה, חמצון-חיזור, מבנה וקישור	פיתוח מולקולות ייחודיות המתאימות לשמש לטיהור מי שפכים ומי שתייה; פתרון לאיכות הסביבה; כימיה ירוקה	גבוהה
להשתזף רציתם? על מלנין בניתם	חומרי צבע, תהליך השיזוף	סכנות קרינת השמש, הגנה מפני קרינה ושיקולים בבחירת חומרים לתכשירים מסני קרינה	גבוהה
כוח ממוזער – סוללות ננומטריות בפעולה	ננוטכנולוגיה, סוללות	מיזעור, סוללות ננומטריות, ננוטכנולוגיה	גבוהה
מיצוי DNA מעצמות – במקום טביעת אצבעות	מיצוי DNA, מעצמות, חלבונים	מיצוי DNA מעצמות לצורך זיהוי; כימיה בשרות המשטרה והארכיאולוגיה	גבוהה

## מזון בצבע שלא כדרך הטבע

לאדם יש נטייה לבחור מזון ואף לשפוט את טעמו על פי צבעו, כך נתגלה במחקרים פסיכולוגיים רבים. נראה, כי לרוב האנשים חוויית הצבע היא הדומיננטית והיא המשפיעה על תפישת הטעם. כיוון שכך, ישנה העדפה של קהל הצרכנים למזונות צבועים.

עם זאת, שום אדם נורמלי לא היה מעלה בדעתו לשתות נפט או לאכול זפת המשמשת לזיפות גגות. אבל הרכיבים המצויים בחומרים אלה נמצאים במזון המכיל חלק מצבעי המאכל הסינתטיים. לאחרונה, התפרסמו בארצות הברית תוצאותיו המדאיות של מחקר אפידמיולוגי, לפיו מתים בכל שנה אלפי אמריקאים ממחלות הקשורות בתוספי מזון ומיליונים חולים במחלות הנגרמות בגלל צבעי מאכל.

צבעי המאכל מתחלקים לשלוש קבוצות: צבעי זפת הפחם, צבעי אזו וצבעים טבעיים. מוצאם של צבעי זפת הפחם הוא הנפט והם מעניקים את הגוונים הצהובים, הכתומים והאדומים, שמייפים את המזון, או את הגוונים הכהים יותר, כמו שחור, סגול, כחול, שמכסים על פגמים במזון. אחד המרכיבים בצבעים האלה הוא בנזן\* (Benzene), שמוגדר על ידי משרד הבריאות כמסרטן ודאי בבני אדם. זיקוק נוסף של הנוזל הזה מפיק מספר חומרים, ביניהם גם צבעי מאכל. לעיתים, משלבים בין תוצר הזיקוק לבין צבע מקבוצת האזו, ואז נוצר שילוב מזיק עוד יותר. שארית החומר, אגב, משמשת לזיפות גגות וכבישים.

בקבוצת צבעי אזו נכללים כמעט מחצית מצבעי המאכל המלאכותיים. אלה חומרים סינתטיים או טבעיים, שמסיסים במים ומכילים חנקן וחומצות שלו. קבוצה זו נחשבת ליציבה, זמינה ובעיקר זולה להפקה. למרות שמשרד הבריאות מגביל את הכמות המותרת של הצבעים האלה במזון, הוא לא אוסר את השימוש בהם.

צבעי מאכל טבעיים מופקים ממזון, כמו צבע קרמל שמופק מסוכר וניתן למצוא אותו במשקאות כמו קולה. צבעים אחרים עשויים מוויטמינים, כמו ויטמין B<sub>2</sub> שנותן צבע צהוב, או בטא-קרופן שמספק צבע כתום. תבלינים מסוימים, כמו פפריקה או כורכום, משמשים אף הם כצבעי מאכל.

נורבגיה, המחמירה מבין כל המדינות, אסרה כבר לפני יותר מעשרים שנה, את השימוש בצבעים העשויים מזפת פחם. האיסור אף נודע בשם "החוק הנורבגי". התקן הישראלי, לעומת זאת, מאפשר שימוש בצבעי מאכל בעלי סיכון, אך מחייב את יצרני המזון לרשום את צבע המאכל כמרכיב במוצר על גבי אריזתו.

מקורות:

<http://www.ynet.co.il/articles/1,7340,L-2712575,00.html>

\* מולקולת הבנזן בנויה מטבעת בה שישה אטומי פחמן ושישה אטומי מימן



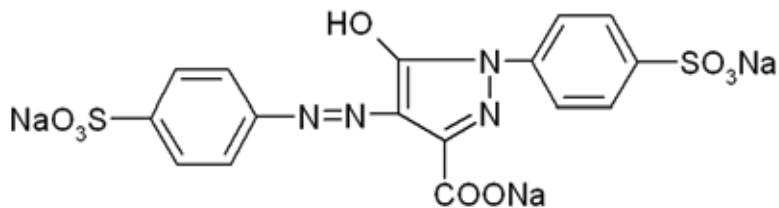
## שאלות למחשבה ודין

1. מדוע לדעתכם, ממשיכים יצרני המזון לעשות שימוש נרחב בצבעי מאכל מלאכותיים, למרות הנזק האפשרי הטמון בהם, ואינם משתמשים רק בצבעי מאכל טבעיים?

2.

הטרטרזין, צבע כתום בהיר, שהתגלה כבר ב-1884 ושייך למשפחת צבעי זפת הפחם, הוא הצבע שלגביו קיימת הספרות הרפואית הרבה ביותר, והוא כנראה גם השנוי ביותר במחלוקת. הטרטרזין מצוי בין היתר בשקדי מרק, מיני מאפה, מרקים, אטריות, ממתקים ומשקאות קלים. הטרטרזין עלול לפגוע בתאי העצב במוח, ובכך לגרום להיפראקטיביות ולהפרעות קשב אצל ילדים. כמו כן, הוא עלול לגרום לאלרגיות, לאסתמה, למיגרנה ולגידולים סרטניים שונים.

הטרטרזין הוא תרכובת מסיסה במים ונוסחת המבנה שלה היא:



א. מהי הנוסחה האמפירית של הטרטרזין?

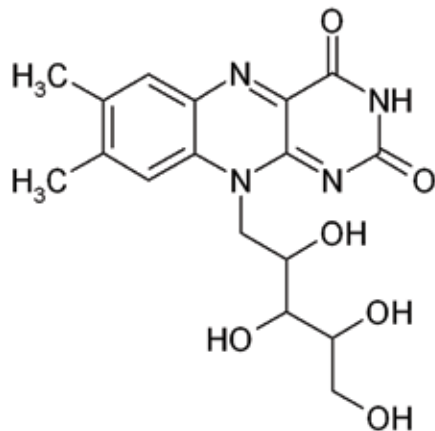
ב. מדוע תרכובת זו מסיסה במים? הסבירו ברמה החלקיקית.

3. לפיכך נוסחת המבנה של ויטמין B<sub>2</sub>:

חומר זה מקנה למזון צבע צהוב כמו הטרטרזין.

א. בהתייחס למבנה, במה דומים ובמה שונים ויטמין B<sub>2</sub> וטרטרזין?

ב. מהן לדעתכם, המגבלות של שימוש בוויטמין B<sub>2</sub> כצבע מאכל?



4. הנכם יצרנים של שקדי מרק, מוצר אהוב על ילדים כתוספת למרק. סקר בקרב ילדים העלה כי הם מעדיפים שקדים צבועים בצהוב על פני שקדים ללא צבע. פרטו מה יהיו שיקוליכם בתהליך קבלת ההחלטה לגבי הוספתו או אי הוספתו של טרטרזין למוצר.

## זכוכית קשיחה - מקרח יבש מקורה

מדענים איטלקיים הצליחו לייצר מבנה של פחמן דו-חמצני, שיכול לשמש כזכוכית קשה ביותר או כציפוי להתקנים מיקרו-אלקטרוניים.

החומר, ששמו "קרבוניה אמורפית" (amorphous carbonia), הוכן לאחר שמדענים ערכו ניסוי מחשבתי והגיעו למסקנה שלמרות שלא ידוע על חומר בעל מבנה כזה - הוא חייב להתקיים.

מסקנתם זו נבעה מעקרונות כימיים פשוטים: הפחמן שייך לטור הרביעי במערכת המחזורית, שכולל גם את הצורן (סיליקון), הגרמניום, הבדיל והעופרת. אבל בניגוד ליסודות אלה, שהתחמוצות שלהם הן חומר מוצק בלחץ אטמוספרי, תחמוצת הפחמן,  $CO_2$ , היא גז. כשצורן מגיב עם חמצן, נוצר חומר קשה הקרוי קוורץ, שמשמש לייצור זכוכית. גם גרמניום מגיב בצורה דומה ויוצר חומר זכוכיתי המשמש להכנת עדשות וסיבים אופטיים. בשני החומרים הזגוגיים, מחוברים האטומים זה לזה באופן בלתי מסודר במבנה תלת-ממדי הקרוי מבנה אמורפי. אבל בפחמן דו-חמצני, בטמפרטורת החדר, האטומים מתארגנים במולקולות קטנות ובדידות, וזאת הסיבה שהחומר גז. באמצעות הפעלת לחץ וקירור, ניתן להביא את הפחמן הדו-חמצני למצב מוצק, הקרוי "קררח יבש", אבל גם במצב זה המולקולות בדידות. המדענים שיערו, שבתנאים מתאימים, באמצעות הפעלת לחץ גבוה מאוד על מולקולות הפחמן הדו-חמצני, ניתן יהיה לקבל חומר אמורפי בעל מבנה דמוי זכוכית.

צוות חוקרים באוניברסיטת פירנצה שבאיטליה חימם פחמן דו-חמצני מוצק כשהוא לכוד בין "שיניים" עשויות יהלום בלחץ של 400,000 אטמוספרות. לאחר שקיררו את החומר לטמפרטורת החדר, קיבלו חברי הצוות מוצק במבנה זכוכיתי ונתנו לו את השם קרבוניה אמורפית. ניתוח המבנה האטומי אישר, שזכוכית זו דומה במבנה שלה לזכוכית הצורן, הקרויה סיליקה, אך היא חזקה וקשיחה כמו יהלום. אבל, אם מורידים את הלחץ - החומר מתפרק וחוזר למבנה מולקולרי. לכן, השלב הבא של המחקר יהיה לגרום למבנה הזכוכית להישאר יציב גם בלחץ אטמוספרי ובטמפרטורת החדר.

המדענים מתעניינים בחומר החדש בגלל הפוטנציאל היישומי שלו: התגלית עשויה להוביל לפיתרון ההתחממות הגלובלית, שהפחמן הדו-חמצני הוא הגורם הראשי שלה, באמצעות איחסון עמוק בתוך האדמה. למינרלים מבוססי קרבוניה עשויים להיות שימושים טכנולוגיים מרובים, כמו ייצור ציפוי הגנה להתקנים מיקרו-אלקטרוניים. אבל התגלית מסעירה במיוחד את המדענים העוסקים בחקר כוכבי הלכת - התגלית עשויה לשפוך אור על התהליכים המתרחשים בכוכבי הלכת הגזיים הענקיים, כמו צדק ושבתאי, שבליבתם שוררים לחצים אדירים וטמפרטורות גבוהות.

מקורות:

<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/5083222.stm>

<http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/2/hi/science/nature/5083222.stm>

<http://www.newscientist.com/article/dn9339-carbon-dioxide-glass-created-in-the-lab.html>

## שאלות למחשבה ודין

1. נסחו שתי שאלות אשר מתעוררות בעקבות קריאת האירוע.
2. מה לדעתכם הכוונה במונח "ניסוי מחשבתי"? ומה תרומתו להתפתחות המדע?
3. התבוננו בטבלה שלפניכם וענו על השאלות הבאות:

החומר	מצב צבירה בטמפרטורת החדר	טמפרטורת היתוך ( $^{\circ}\text{C}$ )	הולכה במצב נוזל
$\text{CO}_2$		$-75^{\circ}$	לא מוליך
$\text{SiO}_2$		1613	לא מוליך
$\text{PbO}$		886	מוליך

\* בלחץ גבוה

- א. השלימו את מצבי הצבירה של החומרים בטבלה.
  - ב. הסבירו ברמה החלקיקית, במה שונה המבנה של פחמן דו-חמצני,  $\text{CO}_2$ , מזה של צורן דו-חמצני,  $\text{SiO}_2$  ומזה של עופרת חמצנית,  $\text{PbO}$ , במצב מוצק.
  - ג. הסבירו ברמה החלקיקית, מדוע פחמן דו-חמצני וצורן דו-חמצני אינם מוליכים חשמל במצב נוזלי ואילו עופרת חמצנית מוליכה.
  - ד. משתמשים בפחמן דו-חמצני במצב נוזל בתהליך ניקוי יבש. הציעו הסבר לכך ברמה החלקיקית.
4. א. זכוכית היא מוצק אמורפי - חסר מבנה אחיד, המיוצר על-פי רוב על ידי קירור מהיר, כך שלשריג הגבישי אין די זמן להיווצר. לפי הכתוב באירוע, ניתוח המבנה האטומי של קרבוניה אמורפית הראה שהיא דומה למבנה זכוכית צורן, הקרויה סיליקה, אך היא חזקה וקשיחה כמו יהלום. על מה מעיד ממצא זה?
    - ב. מדוע לדעתכם, כאשר מורידים את הלחץ החומר מתפרק וחוזר למבנה מולקולרי?
    5. א. מהו המקור של הפחמן הדו-חמצני אשר גורם להתחממות הגלובלית?
    - ב. אחת ההצעות, אשר הועלתה לפתרון בעיית ההתחממות הגלובלית, היא לאחסן את הפחמן הדו-חמצני עמוק באדמה. מה היתרון בהצעה זו?

## הערבה - פתרון לבעיה כאובה

הערבה, חסרת הטעם והריח, היא אולי הצנועה בין ארבעת המינים שבני ישראל נוטלים בסוכה, אבל לאנשים הסובלים מכאבי גב, פרקים ומחלות לב – היא יכולה להביא הקלה רבה. סגולות הרפוי של קליפות הערבה היו ידועות עוד מימי אבי הרפואה, היפוקרטס. על כן, אין פלא כי כבר לפני כ-150 שנה, כאשר החלו לייצר תרופות באופן מסחרי, חיפשו את החומר המרפא בקליפות הערבה.

קליפת הערבה מכילה חומר אשר נמצא יעיל לשיכוך כאבים ונקרא סליצין,  $C_{13}H_{18}O_7$ . על בסיס הסליצין פותחו תרופות לטיפול בכאבים ובדלקות, כמו חומצה סליצילית ואספירין. עד מהרה הפך האספירין לתרופת הפלא הנמכרת ביותר בעולם. אולם התברר, שהתרופות המבוססות על חומצה סליצילית, פועלות היטב נגד כאבים, דלקות וחום, אך בשימוש ממושך גורמות לתופעות לוואי קשות, כמו כיב קיבה, דימום במערכת העיכול, הפרעות בקרישת דם ובעיות בתיפקוד הכליות. נמצא, כי בכל שנה מתים 17 אלף איש בארצות הברית בעקבות שימוש בתרופות אלה. לכן, כיום הקטינו את השימוש באספירין והגבילו אותו רק לטיפול בכאבי פרקים ומחלות לב.

לעומת זאת, ידוע כי תכשירים המכילים סליצין בלבד, ללא חומרים פעילים נוספים, גורמים לתופעות לוואי פחותות. על בסיס זה, מדענים מהטכניון ערכו מחקר, בו השתתפו 191 חולים שהתלוננו על כאבים כרוניים בגב התחתון. החוקרים חילקו את החולים לשלוש קבוצות: קבוצה אחת קיבלה סליצין במינון גבוה, לקבוצה שנייה ניתן מינון נמוך של סליצין והשלישית קיבלה פלצבו\*.

כל החולים קיבלו את הטיפול במשך ארבעה שבועות. כבר אחרי השבוע הראשון, הורגש שיפור משמעותי במצבם של חולים מהקבוצה הראשונה והשנייה. סליצין הפחית את הכאב שחשו החולים ובמקביל השתפר כושרם הפיסי.

המחקר של צוות חוקרים בטכניון הצביע על יעילותו של סליצין לטיפול בכאבי גב וסביר להניח כי החומר יוכל לעזור גם לסובלים מכאבי פרקים, כאבי שרירים וכאבים שמקורם בעצמות, כיוון שלכל סוגי הכאב האלה יש מנגנון משותף.

### מקורות:

מגזין הטכניון, נובמבר, 2000.

<http://www.chemsoc.org/chembytes/ezone/1999/jourdiar.htm>

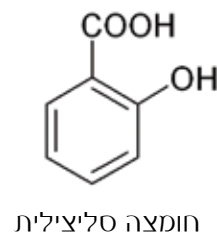
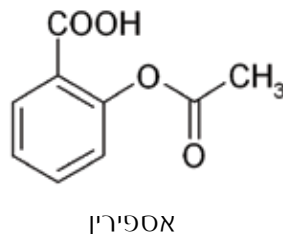
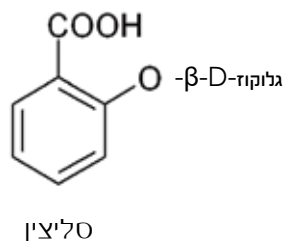
<http://www.tevalife.co.il/article.asp?id=1163>

<http://www.gamnon.net/AG-NewHerbal/Herbs16-Ayin/Heb-Spices-Ayin-Willow.htm>

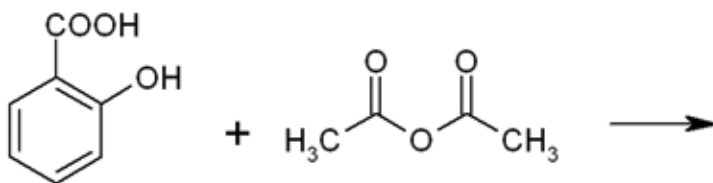
\* פלצבו – חומר שדומה בצורתו לתרופה אך אינו מכיל כל חומר פעיל. בדרך כלל, תרופות חדשות נבדקות בניסויים קליניים לעומת פלצבו: משווים את השפעת התרופה לתגובתו של הנבדק לפלצבו, וכך מעריכים את יעילותה.

## שאלות למחשבה ודין


- נסחו שלוש שאלות המתעוררות בעקבות קריאת האירוע.
- לפניכם נוסחאות מבנה של חומצה סליצילית, אספירין וסליצין:



- מהן הנוסחאות המולקולריות של החומצה הסליצילית ושל האספירין?
  - מהן הקבוצות הפונקציונאליות במולקולות אלו?
  - שני החומרים הינם מוצקים בטמפרטורת החדר. הסבירו מדוע.
  - האספירין מסיס מעט במים ולכן הוא התרופה הראשונה אשר יוצרה כטבליה. לעומתו, הסליצין מסיס היטב במים וניתן לתת אותו כתרופה בצורת תמיסה מימית. הציעו הסבר לכך ברמה החלקיקית.
- האספירין מתקבל מתגובת איסטור בין חומצה סליצילית לאנהידריד אצטי (תוצר דחיסה של שתי מולקולות של חומצה אצטית) לפי התגובה הבאה:



- בתגובה מתקבלים אספירין וחומצה אצטית. השלימו את ניסוח התגובה באמצעות נוסחאות המבנה של שני התוצרים.
- א. מדוע לדעתכם היה צורך בייצור סינתטי של החומרים הפעילים הנמצאים בעץ הערבה ולא השתמשו בחומרים המתקבלים על ידי מיצוי מעלי העץ?  
ב. מדוע לדעתכם ייצרו בשוק התרופות בתחילה אספירין ולא סליצין?
- א. מהו המשתנה התלוי, המשתנה הבלתי תלוי והגורמים הקבועים של המחקר שהוזכר באירוע?  
ב. הסבירו מדוע החוקרים חילקו את הנבדקים לשלוש קבוצות.  
ג. כרופאים, הינכם נותנים מרשם לאספירין, האם יש צורך להזכיר את תופעות הלוואי שלו בפני החולה? נמקו.
- לקביעת אחוז החומר הפעיל בגלולת אספירין, בצעו את הניסוי המתואר בספר "חסים וקשרים בעולם החומרים", תמי לוי נחום, יעל שוורץ וזיוה בר-דוב, מכון וייצמן. עמ' 131.



חקר אירוע

## סערה בכוס קפה

בשורה משמחת למכורים לקפה: מדענים מפתחים קפה נטול קפאין בעל מרקם, ארומה וטעם של קפה רגיל. צוות מחקר ביפן הצליח לייצר בפעם הראשונה, בשיטות של הנדסה גנטית\*, זרעי קפה המכילים 70% פחות קפאין מהרגיל, בלא לפגוע בטעם. עם זאת, הזמן הכרוך בתהליך הכנת הקפה המהונדס עלול להיות מעט ארוך ויעברו מספר שנים עד שנקבל שיחי קפה מהונדסים מניבי פרי.

בינתיים, כדי לקבל קפה נטול קפאין משתמשים בשיטת המיצוי. ניתן למצות את הקפאין מהקפה על-ידי מיצוי בממס אורגני, או מיצוי בפחמן דו-חמצני. בתהליך הפרדת הקפאין מפולי הקפה על-ידי פחמן דו-חמצני, משתמשים בפחמן דו-חמצני במצב צבירה המכונה נוזל סופר קריטי (supercritical state). כאשר הפחמן הדו-חמצני נדחס ל-73 אטמוספרות ומחומם ל-110.3 מעלות צלזיוס, הוא הופך לנוזל סופר קריטי ולממס מצוין. זהו מצב צבירה שניתן לתארו כ- "גז דמוי נוזל".

בטמפרטורת החדר, פחמן דו-חמצני אינו חומר קוטבי ואילו המים והקפאין הן תרכובות קוטביות, על כן פחמן דו-חמצני אינו ממס את התרכובות הללו. במצב הסופר קריטי ובנוכחות מים, מתנהג הפחמן הדו-חמצני כממס קוטבי, הוא הופך לחומצה פחמתית,  $H_2CO_3$ , שהיא תרכובת קוטבית, אשר בה הקפאין יכול להתמוסס.

בתהליכי המיצוי נשטפים, מלבד הקפאין, גם חומרי טעם וארומה, והקפה המתקבל תפל ואינו טעים ומכאן חשיבותה הרבה של התגלית החדשה. לכן, לדעת החוקרים, הזמן הכרוך בתהליך ההכנה יהיה שווה את ההמתנה.

ומה לגבי פיתוחו של קפה עם יותר קפאין? עד כמה שהדבר נשמע מוזר, המדענים היפנים טוענים כי איש עדיין לא העלה בפניהם את הרעיון...

מקורות :

<http://www.hayadan.org.il/gmcofein.html>

<http://www.hayadan.org.il/harvestingmars1.html>

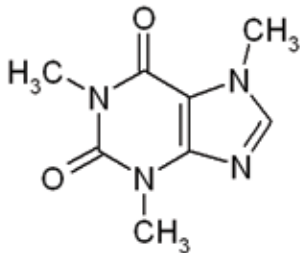
\* הנדסה גנטית היא תהליך של שינוי גנים מסוימים באורגניזם ושינוי תכונותיו כפועל יוצא מזה.



## שאלות למחשבה ודין

1. רשמו יתרון אחד וחסרון אחד לכל אחת מהשיטות לייצור קפה נטול קפאין: שיטת ההנדסה הגנטית, שיטת המיצוי עם ממס אורגני ושיטת המיצוי עם פחמן דו-חמצני.

2. א. רשמו ניסוח מאוזן לקבלת חומצה פחמתית,  $H_2CO_3$ , מגז פחמן דו-חמצני בנוכחות מים.  
ב. רשמו נוסחת מבנה למולקולות: פחמן דו-חמצני, מים וחומצה פחמתית  $H_2CO_3$ .  
ג. הסבירו, ברמה החלקיקית, מדוע מולקולת פחמן דו-חמצני אינה קוטבית ואילו מולקולות המים והחומצה הפחמתית הן קוטביות.



3. לפניכם נוסחת מבנה של מולקולת קפאין Caffeine.  
א. מהי הנוסחה המולקולרית של הקפאין?  
ב. מהן הקבוצות הפונקציונאליות הקיימות בקפאין?  
ג. בהתייחס למבנה הקפאין, הסבירו ברמה החלקיקית את מסיסות הקפאין בפחמן הדו-חמצני במצב סופר קריטי.

4. על כדור הארץ כמעט ולא משתמשים בפחמן דו-חמצני במצב סופר קריטי להמסת חומרים, משום שיש שיטות זולות יותר ויעילות יותר בהישג יד. מדענים מעריכים, כי על המאדים הוא ישמש למטרות רבות. היכנסו לאתר:

<http://www.hayadan.org.il/harvestingmars1.html>

ורשמו שימושים אפשריים בפחמן דו-חמצני במצב סופר קריטי.

5. בעולם קיימת מחלוקת חריפה, בעיקר בין אירופה לצפון אמריקה, בשאלת סימון של מזון מהונדס גנטית והשפעתו על בריאות הצרכנים. ככל הידוע, השפעתו השלילית על הבריאות לא הוכחה, ואולם ייתכן כי הדבר נובע מגילו הצעיר של התחום.  
חוו דעתכם, האם צריך לסמן את דרך ייצור הקפה? נמקו.



## חומרי הדברה - לטוב ולרע

מאז ומעולם, התמודדה החקלאות העולמית עם מזיקים מסוגים שונים: מכרסמים, תולעים, חרקים פטריות, וירוסים וצמחים טפילים. אמצעי הדברה רבים, ברובם כימיים, פותחו במטרה להקטין נזקים אלו.

חומר ההדברה המלאכותי הראשון שהוכנס לשימוש היה הדי-די-טי (DDT). הוא סונתז לראשונה כבר בשנת-1873 אולם רק בשנת-1939 גילה כימאי שוויצרי, פאול מילר, את יעילותו בהשמדת נברנים וחרקים, נושאי מחלות כמו טיפוס, מלריה, קדחת צהובה ומחלת השינה. עד מהרה הפך ה-DDT לחומר הדברה נפוץ. השימוש בו הניב יבולים רבים, מחירו היה זול ויעילותו נמוכה. במהלך מלחמת העולם השנייה ואחריה, הציל ה-DDT כחמישה מיליון בני-אדם ממוות עקב מחלות, ופול מילר אף קיבל בשנת 1948 פרס נובל לרפואה.

מאוחר יותר, התברר כי ה-DDT הוא חומר יציב מבחינה כימית ומצטבר בגופם של אורגניזמים המצויים בשרשרת המזון. מחקרים, שבוצעו משנות ה-60, הראו קשר בין שימוש ב-DDT לבין היעלמות עופות דורסים אשר ניזונו מעכברי שדה ויונקים קטנים. התברר, שביצי הדורסים שנחשפו ל-DDT במזונם, היו בעלות קליפות דקות במיוחד, שנשברו בקן, או שהכילו עובר מת. בעקבות זאת, נאסר השימוש ב-DDT בארה"ב. כמו כן, נמצא כי ה-DDT גורם לתמותת חרקים שאינם מזיקים (כמו דבורים) ודגים. כיום, DDT אסור לשימוש ברוב מדינות העולם המערבי, אולם עדיין משתמשים בו במדינות המתפתחות.

חומר הדברה כימי אחר, מתיל ברומיד,  $CH_3Br$ , שימש עשרות שנים לחיטוי קרקע כנגד חרקים, נמטודות (תולעי קרקע הניזונות משורשי צמחים) ופטריות. ייחודו עמוק ביעילותו הגבוהה גם בטמפרטורות נמוכות, בטווח הדברה רחב כנגד מספר גדול של מזיקים, ובהיעדר עמידות שלהם נגדו. למתיל ברומיד חשיבות גדולה בחקלאות מודרנית ובשמירת איכות מזון מאוחסן.

עד לא מכבר, הייתה מדינת ישראל אחת מיצרניות המתיל ברומיד העיקריות בעולם. מפעל תרכובות הברום בים המלח יצר כשליש מכלל הייצור העולמי של מתיל ברומיד. אולם, כאשר נתרבו העדויות לכך שחומר הדברה זה פוגע בשכבת האוזון המגינה על כדור הארץ מפני קרינת השמש, נאסר השימוש במתיל ברומיד. איסור זה מעוגן בפרוטוקול מונטריאול<sup>\*</sup>, עליו חתומות 183 מדינות, לרבות מדינת ישראל.

### מקורות:

[http://www.osh.org.il/uploadfiles/d\\_1458\\_hituy\\_karka.pdf](http://www.osh.org.il/uploadfiles/d_1458_hituy_karka.pdf)  
[http://www.snunit.k12.il/heb\\_journals/biosfera/230405.html](http://www.snunit.k12.il/heb_journals/biosfera/230405.html)

גלבוע - רון, ע. (1999). כי מציון תצא הדברה. ירוק כחול לבן: ביטאון פורום המשק והכלכלה למען איכות הסביבה, גיליון 28

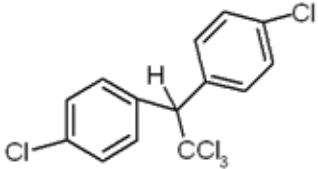
\* פרוטוקול מונטריאול - אמנה בינלאומית שבאה להגן על שכבת האוזון מפני פגיעה, באמצעות הטלת הגבלות על ייצור חומרים המסכנים אותה. האמנה נחתמה בספטמבר 1987 ונכנסה לתוקף בינואר 1989.



## שאלות למחשבה ודין

1. מהו הנושא המרכזי המוצג במאמר? הציגו אותו ואת הדילמה המוצגת במאמר.

2. א. השלימו את הטבלה הבאה המתייחסת לשני סוגי ההדברות הכימיות המוצגות במאמר:

DDT	מתיל ברומיד	חומר
	$\text{CH}_3\text{Br}$	נוסחה מולקולרית
		נוסחת מבנה
	גז	מצב צבירה בטמפרטורת החדר
		מסיסות במים
		יתרונות בשימוש
		חסרונות בשימוש

ב. הסבירו את מצב הצבירה של שני חומרי ההדברה בטמפרטורת החדר ברמה החלקיקית.

ג. הסבירו את קביעתכם לגבי מסיסות החומרים במים.

ד. מתיל ברומיד הוא חומר חסר ריח, שעלול לגרום לפגיעה בריאות ולכוויות חמורות במגע עם העור.

לכן, חיטוי במתיל ברומיד עשוי לחשוף את האדם שמבצע את החיטוי לסכנות רבות. אלו דרכים תציעו על מנת להגן על חקלאים שמבצעים חיטוי במתיל ברומיד? כיצד תמנעו הצטברות של ריכוזים גבוהים שלו באוויר?

3. חוקרים ביקשו לבדוק את השפעת זמן החשיפה למתיל ברומיד על יעילות הטיפול כנגד נמטודות. יעילות

הטיפול נבדקה על ידי ספירת מספר הנמטודות ביחידת נפח.

א. מהו המשתנה התלוי ומהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי?

ב. מהם הגורמים שיש לשמור קבועים במהלך הניסוי?

ג. על פי האירוע שקראתם, העלו השערה באשר להשתנות יעילות הטיפול עם הזמן, והסבירו את השערתכם.

ד. שרטטו גרף המתאים להשערתכם.

הצורך הדחוף במציאת חומרי הדברה חלופיים למתיל-ברומיד עודד את חברת מינרב הישראלית, העוסקת בפיתוח אמצעים ביולוגיים להדברה בחקלאות, לפתח תכשיר בשם **ביונם**. תכשיר זה מכיל חיידקים, הפוגעים פגיעה קטלנית בביצי נמטודות, והוא מסופק ביחידות המכילות מיליארדי חיידקים רדומים בכל גרם. בבואם במגע עם רטיבות (המים שבקרקע), מתעוררים החיידקים ומתחילים בפעולתם.

היתרונות בשימוש בתכשיר זה, המהווה הדברה ביולוגית, הם בכך שהוא פוגע נקודתית בנמטודות, בלי לקטול את אויביהן הטבעיים, אינו פוגע בבריאות האדם והסביבה, ומקשה על המזיקים לפתח עמידות כלפיו. לאחרונה, פותחו שתי קבוצות מוצרים של תכשירי הדברה ביולוגיים הרשומים כפטנטים בינלאומיים.

4. ציינו שלושה יתרונות, שלדעתכם טוב שיהיו לתכשיר ביונם על פני מתיל-ברומיד.
5. מדינת ישראל חתמה על אמנה בינלאומית - "פרוטוקול מונטריאול", שבה מפורטים הצעדים לצימצום השימוש בחומרים הורסי אוזון עד להוצאתם המוחלטת משימוש.
  - א. מהם הנימוקים בעד ונגד החתימה על אמנה זו? פרטו.
  - ב. האם אתם, כנציגים של מדינת ישראל, הייתם חותמים על אמנה זו? נמקו.
6. מדוע לדעתכם עדיין משתמשים בחומרי הדברה המזיקים (DDT ומתיל ברומיד) במדינות המתפתחות?



## עור ואור - הקשר התאי

ים, שמש ואנשים שזופים, נקשרים בתודעה של רבים לחופשה, הנאה ובריאות. אמנם בשנים האחרונות אנחנו מזהרים שוב ושוב מפני נזקי השמש, אך גוף חטוב ושחום הוא עדיין סמל לנעורים וליופי. מתברר, שלמרות התדמית הזוהרת, חשיפה לשמש פוגמת במראה עם השנים.

חשיפה ממושכת לקרינת השמש עלולה לגרום נזקים לעור, עד להתפתחות של סרטן העור. העור שנחשף לשמש מתייבש ומזדקן במהירות. בנוסף, נגעי שמש בצורה של כתמים כהים מופיעים על העור החשוף, בעיקר באיזור הפנים ועל כפות הידיים. כתמים אלה גורמים למראה מבוגר ודהוי, ועלולים עם השנים להתפתח לסרטן העור. עם העלייה במודעות הבריאותית והאסטטית, יותר ויותר אנשים מחפשים פתרון לבעיה זו.

בשנים האחרונות, מטופלים נגעי השמש בהצלחה בשיטות שונות. אחת השיטות היא טיפול כימי בתכשיר הנקרא 5-פלואורו-אורציל. תכשיר זה הוא במקורו תרופה אנטי-סרטנית, שניתנת לטיפול בסוגי סרטן שונים, כגון: סרטן השד, סרטן המעי הגס וסרטן הכבד.

גידולים סרטניים מאופיינים בין השאר בהתחלקות תאים בלתי מבוקרת. 5-פלואורו-אורציל פוגע בייצור מרכיבים חיוניים ליצירת ה-DNA של התאים, ובכך מפריע להתחלקות התא. הוא מעכב בעיקר את פעילותו של האנזים טימידילאט קינאז, ובכך מעכב היווצרות טימדין, החיוני להיווצרות ה-DNA ולחלוקת התא.

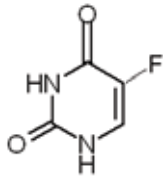
שימוש מבוקר ובמינון נמוך של 5-פלואורו-אורציל, גורם למעין קילוף עדין של העור במקום הנגע, על ידי הרס התאים העשירים במלנין במקום זה. הוא אינו פוגע בעור הבריא, בניגוד לתכשירים אחרים המשמשים לקילוף כימי של העור. נוצרת דלקת מקומית הגורמת פצע בעור, קילוף הנגע וצמיחת עור חדש ובריא במקומו. תוך מספר שבועות מתחדש עור הפנים ונראה צעיר ובריא יותר. היעילות של 5-פלואורו-אורציל בעיכוב התחלקות תאים והיווצרותם, הביאה את החוקרים לחפש שימושים נוספים בחומר זה.

### מקורות:

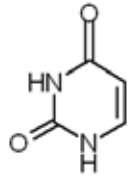
<http://www.tevaeu-oncology.com/products/index.cfm?FuseAction=ShowProdInfo&p id=9>

<http://www.medsafe.govt.nz/Profs/datasheet/e/Efudixcr1.htm>

## שאלות למחשבה ודין



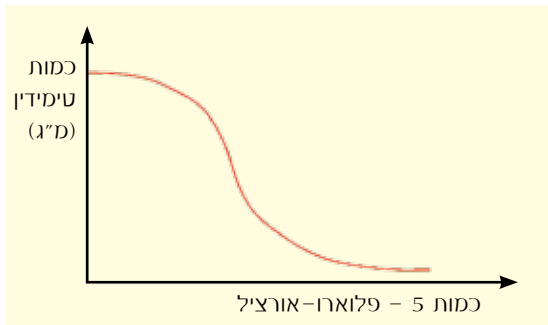
5-פלואורו-אורציל



אורציל

1. לפניכם נוסחאות המבנה של אורציל ושל 5-פלואורו-אורציל:
- רשמו נוסחאות מולקולריות עבור שתי התרכובות הנתונות.
  - ציינו את הקבוצות הפונקציונאליות הקיימות בכל אחת התרכובות הנתונות.
  - פירמידין,  $C_4H_4N_2$ , הוא חומר המוצא לבסיס אורציל. הוא בנוי מטבעת משושה. ציירו נוסחת מבנה עבור חומר זה.

2. קבוצת חוקרים בדקה את השפעת החומר 5-פלואורו-אורציל על התפתחות תרבית תאים. הגרף הבא



- מתאר תוצאות ניסוי שנערך במסגרת מחקר זה:
- הציעו כותרת מתאימה לגרף.
  - הגדירו משתנה תלוי ובלתי תלוי במחקר.
  - הסבירו את תוצאות הניסוי, וכיצד קשורות תוצאות אלה לשאלת המחקר.

שימוש נוסף ב- 5-פלואורו-אורציל, שנחקר בשנים האחרונות, הוא טיפול בחולי גלאוקומה. גלאוקומה היא מחלה המתבטאת בלחץ תוך-עיני גבוה, הגורם לאובדן ראייה איטי עד לעיוורון. רוב חולי הגלאוקומה נזקקים עם השנים לניתוח להפחתת הלחץ התוך-עיני, אך ניתוח זה רק מעכב את התדרדרות הראייה. אצל חולים מסוימים, 5-פלואורו-אורציל, הניתן כתרופה לאחר הניתוח, מעכב את התהליך.

3. במסגרת בדיקת יעילותו של החומר 5-פלואורו-אורציל לטיפול בחולי גלאוקומה, עקבו אחרי שימור תוצאות הניתוח להקטנת הלחץ התוך-עיני אצל חולים שטופלו בתרופה, לעומת חולים שלא טופלו בה (קבוצת ביקורת). הצלחת הטיפול מתבטאת בשמירה על לחץ תוך עיני תקין לאורך זמן. הטבלה הבאה מציגה את % המטופלים שאצלם הלחץ התוך-עיני היה תקין בשתי הקבוצות:

פרק הזמן שעבר ממועד הניתוח	% החולים שלא טופלו ב- 5-פלואורו-אורציל	% החולים שטופלו ב- 5-פלואורו-אורציל
1 שנה	60	80
3 שנים	28	56
5 שנים	21	48

- שרטטו גרף המציג את תוצאות הבדיקה. הקפידו לציין מה מייצג כל ציר.
- מהי מסקנת המחקר?

## הרדון - סכנה או יתרון?

האם נשימת האוויר בבית היא דבר בטוח? לא תמיד. לעיתים נמצא באוויר שבבית חומר הנקרא רדון והוא מסכן את בריאותנו.

הרדון הוא גז חסר צבע, ריח או טעם, הנוצר באופן טבעי מהתפרקות רדיואקטיבית\* של אורניום הנמצא בסלעים בתוך גבישי מינרלים. הרדון חודר למבנים דרך סדקים ברצפה או בצנרת לא אטומה. בהיותו גז כבד מן האוויר, הוא מצטבר במבנים שאין בהם איורור מתאים.

גז הרדון מסוכן לבריאות בגלל "בנות הרדון" – תוצרי התפרקות של גרעין אטום הרדון. בנות הרדון אינן גזים, אלא אטומי מתכת, אשר בהיותם באוויר, הם נספחים לחלקיקי חומר מרחף. חלקיקים אלו חודרים למערכת הנשימה של האדם בזמן שאיפת אוויר ונספחים לדפנות מערכת הנשימה. כאשר הם מחוץ לגוף האדם, קרינת האלפא של חומרים אלו אינה יכולה לחדור לגוף פנימה. אבל כשהם בתוך הגוף, חודרת הקרינה לרקמות הריאות, פוגעת במנגנון התורשתי של התאים ברקמות אלו וגורמת גידולים ממאירים.

בישראל מתנהל מעקב אחר ריכוזי רדון. לפני כעשור, הכין המכון הגיאולוגי במשרד האנרגיה מפה המתארת את האיזורים שבהם יש סיכוי מוגבר לפליטת רדון. בבדיקות שנערכו עד היום, נמצאו ריכוזים גבוהים של רדון בעיקר בכרמיאל ובערד. בערים אלו יש ריכוזים של סלעי פוספט המכילים אורניום. לאחרונה, נמצא יתרון נוסף במעקב אחר ריכוזי רדון. מדענים סבורים, שזמן קצר לפני התרחשות של רעידת אדמה, נפלט מן הקרקע גז רדון בכמות גדולה מן הרגיל. זיהוי של כמות מוגברת כזו של גז הרדון יאפשר לחזות את התרחשותן של רעידות אדמה.

### מקורות:

<http://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=2874>  
[http://www.snunit.k12.il/heb\\_journals/biosfera/210301.html](http://www.snunit.k12.il/heb_journals/biosfera/210301.html)

\* התפרקות רדיואקטיבית מתרחשת אצל יסודות אשר גרעין האטום שלהם "כבד" ומכיל פרוטונים וניוטונים רבים. בזמן ההתפרקות, נפלטת מגרעין האטום קרינה רדיואקטיבית. קיימים שלושה סוגי קרינה רדיואקטיבית: קרינת אלפא, קרינת בטא וקרינת גמא שהיא קרינה אלקטרומגנטית.

## שאלות למחשבה ודין

1. א. מצאו את הרדון במערכה המחזורית (מספר אטומי 86). מה ניתן ללמוד אודותיו על-פי מיקומו במערכה המחזורית?  
ב. לאור תשובתכם לסעיף א, האם אין בכך סתירה לעובדה שהרדון הינו גז מסוכן לבריאותנו?
2. לרדון מספר מסה 222. כמה פרוטונים, אלקטרונים ונויטרונים באטום הרדון? הסבירו.
3. בנות הרדון מתקבלות כתוצאה מהתפרקות רדיואקטיבית של הרדון. מה ההבדל בין תהליך כימי ותהליך רדיואקטיבי?
4. הרדון מתפרק ונהוג למדוד את ריכוזו לפי זמן מחצית החיים שלו. לרדון זמן מחצית חיים של 3.825 ימים.  
א. תארו באופן גרפי את השינוי בקרינה הנמדדת בחללו של מרתף במהלך שבוע בהנחה שאין כניסה של גז רדון מן האדמה.  
ב. הסבירו את הגרף בהתייחס לנתוני זמן מחצית חיים.
5. לפי המידע באירוע, האם חיזוי רעידות אדמה לפי מעקב אחר ריכוז הרדון, הינו מדד אמין וחד משמעי? נמקו.
6. בבית ספר בירושלים התגלה בעבר גז רדון בכיתה צמודת קרקע. ריכוז הרדון שם היה גבוה בהרבה מהמותר (כמעט פי 700 מן המותר). הדבר גרם לבהלה רבה בקרב ההורים שילדיהם לומדים בבית הספר וגם בקרב הורים בכל רחבי הארץ.  
סמנכ"ל המשרד לאיכות הסביבה, המרכז את טיפול המשרד ברדון, הסביר כי למעשה התלמידים ששהו בכיתה בירושלים נחשפו לריכוז רדון נמוך מזה שנמדד מאחר והרדון הינו גז כבד מהאוויר.  
א. על מה מסתמך טיעונו של סמנכ"ל המשרד לאיכות הסביבה?  
ב. האם לדעתכם אכן התלמידים לא היו נתונים בסכנה ממשית מהרדון שהתגלה בכיתתם? נמקו.



7. א. הנכם עורכי מדור מדעי-סביבתי בעיתון יומי. באיזה מבין שתי הכותרות הבאות תבחרו עבור כתבה בנושא הרדון? נמקו את בחירתך.

בית הספר היסודי בירושלים, שבו נתגלה ריכוז גבוה של גז רדון, נסגר עד להודעה חדשה. תלמידים מבוהלים:

## “אנחנו פוחדים למות מסרטן”

## החשיפה הממושכת היא המסוכנת

לדברי שמואל ברנר, סמנכ"ל במשרד לאיכות הסביבה, החשיפה לריכוזי רדון גבוהים במשך שנים רבות טומנת בחובה סכנות, אך אנשים משנים במשך החיים את מקום מגוריהם ועבודתם.

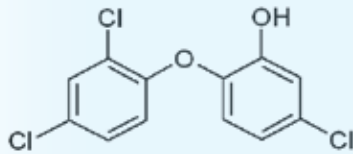
ב. הביעו דעתכם על האירוע והתייחסו לצעדים שהייתם נוקטים כמורים, כהורים וכאזרחים בקהילה.

## סבון אנטי-בקטריאלי - נקיון טוטאלי אך לא אידיאלי

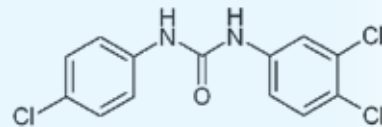
לפני כמאה שנה, מעט מאוד אנשים רחצו את ידיהם בסבון אפילו לפני ארוחה, ורחצה אחת לשבוע נחשבה מספיקה בהחלט. כיום, השימוש בסבון לניקיון וחיטוי מקובל וידוע ככלל בסיסי בשמירה על היגיינת הגוף כנגד חיידקים גורמי מחלות. לאחרונה, הופיעו על מדפי החנויות מיגון סבונים אנטי-בקטריאליים, המבטיחים לנו ניקיון והיגיינה אמיתית. האם אנו זקוקים להם, ואם כן, מדוע? לעומת זאת, ישנם חוקרים הטוענים, כי לא טוב להיות "נקיים מדי".

חיידקים נמצאים סביבנו ועל גופנו. חלקם אינם מזיקים וחלקם מזיקים לנו ויכולים לגרום להרעלת מזון, מחלות מעיים ועור, ריח רע ועוד. החומרים האנטי-בקטריאליים שהופיעו לאחרונה משמידים את החיידקים ולא רק שוטפים אותם מגופנו, כמו שעושים המים והסבון. קיימים שני סוגים עיקריים של חומרים אנטי-בקטריאליים:

- חומרים על בסיס אלכוהול, אשר משמידים את החיידקים הבאים איתם במגע. אין צורך במים כדי לשטוף אותם. הכוהל הנפוץ ביותר הוא אתאנול, הגורם להרס תאי החיידקים. משך פעולתו קצר ביותר.
- חומרים המבוססים על מרכיבים כגון: טריכלוסן וטריכלוקרבן, הנצמדים לגופנו למשך מספר שעות ובכך משמידים חיידקים ומונעים הדבקה חוזרת במשך מספר שעות. חומרים אלו משמידים את החיידקים על-ידי דיכוי אנזים הנדרש להתרבותם.



טריכלוסן



טריכלוקרבן

עם התגברות השימוש בסבונים אנטי-בקטריאליים, גובר החשש בקרב רופאים ומדענים משימוש יתר בחומרים אלו. לטענתם, השימוש יגרום להשמדת החיידקים "הטובים", המגינים על גופנו מחיידקים מזיקים. כמו כן, גובר החשש מיצירת חיידקים עמידים בפני סבונים. מחקרים רבים נערכים בימים אלו במטרה לאשש או להפריך חששות אלו.

מקורות:

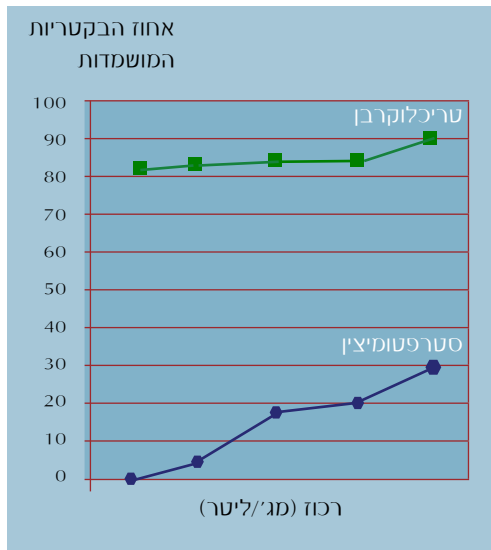
www.chemistry.org/education/chemmatters, 2002, אוקטובר חוברת.  
 "Antibacterial – Fighting Infection Where It Lives".  
 www.scs.uiuc.edu/~che390/report4/rep4prog18.htm



## שאלות למחשבה ודין

1. האתאנול הוא כוהל אשר נוסחתו המולקולרית היא:  $C_2H_5OH$ .
  - א. ציירו נוסחת מבנה לכוהל ולאיוזמר שלו.
  - ב. כיצד תבחינו במעבדה בין האיזומרים שציירתם?
  - ג. סבונים המבוססים על אתאנול מפסיקים את פעולת השמדת חיידקים, כאשר האתאנול מתנדף מהידיים. הסבירו ברמה החלקיקית, מדוע האתאנול נדיף.
2. שלושת החומרים: אתאנול, טריכלוקרבן וטריכלוסן, משמשים כרכיבים בסבונים אנטי-בקטריאליים.
  - א. לפי המבנה המולקולרי של חומרים אלו, מה מאפשר להם להיות מרכיבים מתאימים בסבון?
  - ב. מה השוני העיקרי בין מבנה האתאנול לבין מבנה שני החומרים האחרים, היכול להיות בעל השפעה על תכונות חומרים אלו בסבון?
3. א. ציירו גרף אפשרי, המתאר מעקב אחר כמות החיידקים ביחידת נפח כתלות בזמן לאחר השימוש בסבון אנטי-בקטריאלי. תארו והסבירו את הגרף.
  - ב. בהנחה שהגרף שציירתם מתאים לשימוש בסבון על בסיס אלכוהול, האם יהיה שוני בגרף שציירתם עבור שימוש בסבון על בסיס טריכלוסן? אם אין שוני, הסבירו מדוע. אם יש שוני, הוסיפו את הגרף על אותה מערכת צירים והסבירו.

4. ישנם חוקרים הטוענים, כי לא טוב להיות "נקיים מדי".
  1. על מה מסתמכת טענתם של חוקרים אלו?
  2. כצרכנים נבונים, מה תוכלו לעשות לאור טענות אלו?



5. במחקר, שנערך בארה"ב, נבחנה יעילותם של מרכיבים אפשריים בסבון אנטי-בקטריאלי בהשמדת חיידקים מזיקים מידינו. נבחנה היעילות של טריכלוקרבן וסטרפטומיצין, שניהם פעילים בסבון.
  - לפניכם התוצאות הגרפיות של המחקר:
    - א. נסחו שאלת חקר מתאימה לגרף.
    - ב. מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסויים ומהו המשתנה התלוי?
    - ג. אלו גורמים יהיה על החוקרים להשאיר קבועים?
    - ד. מהי המסקנה שהסיקו החוקרים בעקבות הניסוי שביצעו? נמקו.

## יהלומים לנצח

יהלומים הם ל"נצח" והם "חבריה הטובים ביותר של האישה". כעת הם יכולים להיות גם זיכרון מוחשי לאדם אהוב.

חברה בשיקגו, LifeGem, פרסמה כי היא פיתחה דרך חדשה להנציח אנשים שהלכו לעולמם באמצעות הפיכת שרידיהם ליהלום. החברה מבטיחה להפוך את אפר המתים ליהלום איכותי תמורת מחירים המתחילים ב-\$8,000. לדברי מנכ"ל החברה, דרך מהפכנית זו תאפשר לשאת את הקרובים והאהובים לנו לכל מקום ובכל זמן.

נראה שהדחף להנציח את המתים טבוע עמוק בנפש האנושית. פולחני קבורה קיימים בכל תרבות, הם היו קיימים אפילו אצל האדם הקדמון. אם מתעלמים מהיבטים תרבותיים ונפשיים, השיטה של חברת LifeGem היא אחת הטכנולוגיות המתקדמות ביותר ששימשו להענקת מידה מסוימת של אלמותיות לאנשים שהלכו לעולמם.

בבסיס הרעיון, עומדת ההנחה כי בני אדם עשויים מפחמן. גם יהלומים עשויים מפחמן – ואם כך, מדוע לא לעשות יהלומים מבני אדם?

התהליך מתחיל בשריפת הגופה בסביבה דלת חמצן. השלב הבא הוא חימום האפר עד לטמפרטורה של 5,400 מעלות צלז'וס, שהופכת את הפחמן באפר לגרפיט. הגרפיט מועבר למכון טכנולוגי לחומרים קשים במיוחד ולחומרים פחמניים ליד מוסקבה או למעבדה בגרמניה. בחברה סירבו למסור את מיקומן המדויק. בשלב הבא, מציבים את הגרפיט מסביב ליהלום בקוטר של כמה אלפיות מילימטר, פעולה מסייעת להתחיל את תהליך הגיבוש. את הגרפיט מחממים עד לטמפרטורה גבוהה מאוד ומפעילים עליו לחץ עצום – פי 50,000 מלחץ אטמוספרי, במשך שבעה עד עשרה ימים.

התוצאה היא יהלום כחלחל – תוצאה של הימצאות בור, B, בגוף האדם. החברה מתכוונת לייצר גם יהלומים צהובים ואדומים, ובשלב מאוחר יותר גם יהלומים חסרי צבע. צבעו של יהלום נקבע על ידי החומרים שאינם מורחקים בזמן התהליך.

את התהליך, שבו הופכים אפר של אדם מת ליהלום, אפשר ליישם גם על חיות מחמד. לדברי נציג החברה, עד עכשיו פנו כמאה איש שהיו מעוניינים בהפיכת אדם מת ליהלום, ויותר ממאה איש נוספים התעניינו בייצור יהלומים משרידי חיות המחמד שלהם.

### מקורות:

גארט קוק (2002). יקרים בחייהם, נוצצים במותם. עיתון "הארץ", 10.9.2002

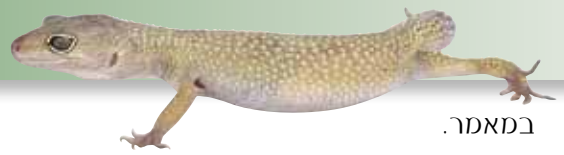
<http://www.lifegem.com>

## שאלות למחשבה ודין

1. גרפיט ויהלום הן שתי צורות אלטרופיות של פחמן. אלטרופיה היא תכונה של יסוד כימי המאפשרת לו להתקיים, במצב צבירה נתון, בשתי צורות או יותר השונות זו מזו במבנה ובסידור החלקיקים. צורות אלטרופיות של יסוד שונות זו מזו בתכונות הפיזיקליות.
- א. לפניכם טבלת השוואה בין תכונות היהלום והגרפיט. השלימו אותה.

תכונה	יהלום	גרפיט
צבע		
ברק		
קשיות		
הולכת חשמל		
טמפרטורת היתוך		

- ב. הציגו הסבר לשוני הרב בין תכונות היהלום לתכונות הגרפיט ברמה החלקיקית.
2. התייחסו לקטע הבא הלקוח מתוך האירוע: "בבסיס הרעיון, עומדת ההנחה כי בני אדם עשויים מפחמן, גם יהלומים עשויים מפחמן, ואם כך – מדוע לא לעשות יהלומים מבני אדם?"
- א. איזה עיקרון כימי טמון בהנחה זו?
- ב. אלו תהליכים כימיים מעורבים, לפי האירוע, ביצירת היהלומים? הסבירו אותם.
3. ביהלום קשורים אטומי הפחמן זה לזה בקשר קו-ולנטי. גם באתאן -  $C_2H_6$  קשורים אטומי הפחמן זה לזה בקשר קו-ולנטי. בכל זאת, האתאן הוא חומר גזי בטמפרטורת החדר והיהלום הוא חומר מוצק בטמפרטורת החדר. הסבירו מדוע.
4. הגז אוזון,  $O_3$ , נוצר מהחמצן באוויר בזמן ברקים.
- א. מה תפקיד הברקים בתהליך היווצרות האוזון?
- ב. רשמו את תהליך היווצרות האוזון מחמצן.
- ג. חמצן רותח ב-  $-183^{\circ}C$  ואילו אוזון רותח ב-  $-106^{\circ}C$ . מה תוכלו להסיק מכך לגבי השוני בין החומרים ברמה החלקיקית?
- ד. הסבירו כיצד קשור תהליך היווצרות האוזון לכתוב באירוע.
5. בתהליך השריפה של יהלום נפלטים  $395kJ/mol$  ואילו בתהליך השריפה של גרפיט נפלטים  $393.5kJ/mol$ .
- א. נסחו את תהליכי השריפה של היהלום ושל הגרפיט.
- ב. נסחו את התהליך בו הגרפיט הופך ליהלום וחשבו את אנטלפיית התגובה.
- ג. לאור תשובתכם בסעיף ב', האם אין סתירה בעובדה שהגרפיט בעפרון שלכם לא הופך ליהלום?
6. רשמו שתי שאלות נוספות אותן תרצו לשאול את החוקרים המומחים, לגבי נושאים אשר לא פורטו מספיק



במאמר.

מאמר מעובד

## טפס על קירות עם שממיות

בסרט המדע הבדיוני Spiderman מטפס הגיבור בעזרת כפות ידיו על קירות ותקרות. אבל במציאות שממיות יכולות לרוץ על משטחים חלקים במהירות רבה כאשר כל משקלן על אצבע אחת. יכולת הטיפוס המדהימה של השממית הייתה חידה במשך אלפי שנים. פעם חשבו, שהשממית מפרישה חומר דביק מרגלה ובעזרתו היא מצליחה להיתלות. ואולם, בשנים האחרונות התברר שהיכולת של השממית להצמד נעוצה בקיומם של זיפים מיקרוסקופיים בכף רגלה. זיפים אלה דקים ביותר, קוטרם 200 - 500 ננומטר\* ואורכם אינו יותר מקוטר של שערת אדם - 100 ננומטר. כל זיף כזה מתפצל לכ-1,000 תת-זיפים דקים אפילו יותר. זיפים אלה יכולים להתאים את עצמם לשקעים הקטנים שנמצאים בכל משטח. בגדלים האלה, וברמת ההתאמה הזאת, פועלים כוחות בין-מולקולריים הגורמים למשיכה בין רגלי השממית למשטח.

במשך שלושים שנה סברו, שכוחות משיכה אלה הם קשרי מימן, אולם לאחרונה החלו לחשוב אחרת. צוות מחקר מקליפורניה טען, שזיפי השממית נצמדים למשטח בעזרת אינטראקציות ואן-דר וואלס, מכיוון שנוצר מגע ישיר בין שטח הפנים הגדול של הזיפים ושל תת-הזיפים לבין המשטח, דבר המגדיל את כוחות המשיכה מסוג זה.

החוקרים מצאו, שככל שגודל הזיפים המתפצלים מכל שערה גדול יותר, כוחות המשיכה מתחזקים, ולכן שיערו שגודל הזיף, ולא אופי החומר ממנו הוא עשוי, מקנה לשממית את כוח התאחיזה. אבל, החוקרים לא הצליחו לדחות את ההשערה שכוחות המשיכה הינם קשרי מימן.

מחקר חדש, שנערך על ידי צוות רב תחומי שבו השתתפו מהנדסים, כימאים, ביולוגים ומתמטיקאים, הצליח להוכיח את ההשערה שזיפי השממית נצמדים למשטח בעזרת אינטראקציות ואן-דר ואלס. החוקרים הניחו, שאילו קשרי מימן היו ההסבר לתאחיזה של השממית, אזי רגליה המכוסות מאות אלפי זיפים, לא היו נקשרות למשטחים הידרופוביים. אולם הניסויים שערכו הראו, שרגלי השממית נצמדות במידה שווה למשטחים הידרופוביים והידרופיליים.

החוקרים יצרו זיפים מלאכותיים משני סוגי חומרים, מחומר הידרופובי ומחומר הידרופילי, והראו ששני סוגי הזיפים נצמדו למשטח. התברר, שהגודל והצורה של זיפי השממית השפיעו על יכולת התאחיזה ולא החומר ממנו הם עשויים.

הממצאים הביאו לפיתוח התקן בעל בליטות רבות דמויות זיפים, אשר עשויות להגדיל את שטח הפנים וכך לשפר את כושר התאחיזה.

השממית סיפקה השראה לחוקרים מאוניברסיטת מנצ'סטר באנגליה לפתח חומר נצמד שיאפשר לבני-אדם לטפס על קירות ותקרות. הרעיון הוא לכסות את ידיו של אדם בחומר המצופה בזיפים זעירים באורך של כמה ננומטרים, אשר בעזרתו הוא יוכל להצמד גם לתקרות. Spiderman (איש העכביש) הוא מדע בדיוני, אך Gecko-man (איש השממית) יכול להיות אמיתי בעתיד הקרוב.

\* ננומטר -  $10^{-9}$  מטר



חוקרים הצליחו לייצר זיף מלאכותי, שיוצר קשרים עם המשטח אליו הוא נצמד. הם ייצרו התקן המורכב ממיליוני זיפים מלאכותיים כאלה המיוצרים מחומר המכונה קפטון (Captun). אורכם וקוטרם של הזיפים הוא שני מיקרון\*\*, הם מונחים על פיסת נייר דבק ששטחה סנטימטר רבוע, כל פיסה כזו יכולה להכיל כ-100 מיליון זיפים ויכולה לשאת קילוגרם אחד. כך, משטח ששטחו בערך כשטח כף יד והמכיל מאות מיליוני זיפים, יוכל להצמד אליו אדם שמשקלו 80 קילוגרם.

היישום של החומר החדש עשוי לעניין תעשיות רבות, החל מיצרני המכוניות שיוכלו לייצר סוגים שונים של צמיגים שתהיה להם אחיזה טובה יותר בכביש, ועד לתעשיית הסרטים שתוכל ליצור רובוטים שיטפסו על קירות. הייצור התעשייתי של החומר עדיין לא החל, והמחקר מתמקד כעת בעיקר בייצור זיפים עמידים ובעלי שימוש חוזר, כדי להגיע ליעילות של זיפי השממית.

החפץ הראשון שהחוקרים הצמידו לתקרה הייתה בובת Spiderman שהם רכשו לכבוד האירוע.

#### מקורות:

יובל דהור, עיתון "הארץ". השממית סיפקה השראה לחומר נצמד שיאפשר לטפס על קירות, 3 ביוני 2003.

<http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=000D06A2-96C9-1D69-90FB809EC5880000>

<http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn3785>

## שאלות למחשבה ודין

1. א. רשמו שלושה מושגים מרכזיים המופיעים במאמר.  
ב. לגבי אחד המושגים שבחרתם, נמקו מדוע לדעתכם הוא מרכזי במאמר.  
ג. הסבירו את אחד המושגים שבחרתם.  
ד. ציינו קשר בין לפחות שניים מהמושגים שבחרתם.  
ה. אלו מושגים במאמר אינם ברורים או אינם ידועים לכם?
2. מהו הנושא המרכזי המוצג במאמר? הציגו אותו ב- 4-3 משפטים.
3. הסבירו מה ההבדל בין קשרי מימן ובין אינטראקציות ון-דר-ולס.
4. התייחסו למשפט הבא: "החוקרים הניחו שאילו קשרי מימן הם ההסבר לתאחיזה של השממית אזי רגליה המכוסות מאות ואלפי זיפים, לא היו נקשרות למשטחים הידרופוביים".  
א. הסבירו את הנחת החוקרים.  
ב. הסבירו מדוע אינטראקציות ואן-דר-ולס יכולות להתרחש הן עם משטחים הידרופוביים והן עם משטחים הידרופיליים?
5. ציירו באופן סכמטי את המשטח, החומר הנצמד, והכוחות הפועלים ביניהם בהתאם למידע במאמר. הסבירו כל מרכיב בציור.
6. נסחו שתי שאלות נוספות אותן תרצו לשאול את החוקרים המומחים, לגבי נושאים אשר לא פורטו

\*\* מיקרון –  $10^{-6}$  מטר

מאמר מעובד

## כל מספרת צמרת – מעבדת כימיה לתפארת!

צובעים? מסלסלים? מבהירים שיער? – מודאגים?? – בצדק! כל פעילות כזו, המתבצעת במספרה, לא הייתה מביישת מעבדה מפוארת לכימיה...

הרצון לשנות את צבע השיער איננו חדש ומזה אלפי שנים אנשים עושים זאת באמצעות צמחים ומינרלים שונים, אשר לעיתים אינם בטוחים ואף מזיקים לשיער. רק בשנת 1907, פיתח כימאי צרפתי את צבע השיער המסחרי הראשון והחברה שהקים מוכרת כיום בשם לוריאל (L'Oréal).

השיער בנוי בעיקרו מהחלבון\* קרטין (keratin) – חלבון אותו ניתן למצוא גם בעור ובציפורניים. גוון השיער תלוי ביחס שבין הכמויות של שני חומרים נוספים הנמצאים בו: eumelanin ו-pheomelanin. הראשון הינו חומר הצבע (פיגמנט) האחראי על גווני השחור והחום בשיער והשני אחראי על גווני הבלונד והאדום. מחסור באחד מחומרי צבע (פיגמנטים) אלו גורם לצבע שיער לבן או אפור.

התכשירים בהם משתמשים לצביעת השיער חודרים לשורש השערה ומגיבים עם חומרי הצבע (eumelanin ו-pheomelanin), הנמצאים מתחת למעטה החיצוני של השערה ואינם נשטפים בחפיפת השיער. כדי לחדור את המעטה החיצוני של השערה, משתמשים בתמיסה בסיסית, בדרך כלל באמוניה. האמוניה גורמת לשבירת חלק מהקשרים במעטה החיצוני של השיער ומאפשרת לחומר מחמצן לחדור לליבת השערה ולהגיב עם חומרי הצבע שבה.

מולקולות הצבעים בהן משתמשים בדרך כלל בערכות הצבע הן: פנילין-די-אמין, די-אמינו-בנזן, אמינו-הידרוקסי-בנזן, 1, 3, די-הידרוקסי-בנזן (לגווי בלונד), 4-אמינו-2-הידרוקסי-טולואן (לגווי אדום).

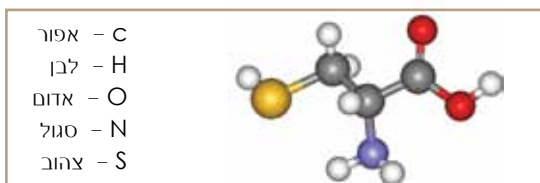
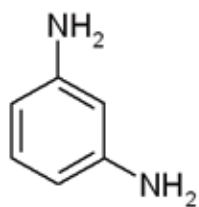
החומר המחמצן בערכות הצבע הוא מי-חמצן,  $H_2O_2$ , אשר מגיב עם מולקולות חומרי הצבע (eumelanin ו-pheomelanin) בשיער, וגם מפרק את הקשרים בין אטומי הגופרית שבמולקולות החלבונים בשיער. דבר זה גורם לשיחרור תרכובות גופרית, המהוות את המקור לריח האופייני המשתחרר בזמן הצביעה. המולקולות של חומרי הצבע (בדרך כלל צמד חומרים), המוספות לשיער שהגיב עם מי החמצן, חודרות לתוכו לפני שהן מגיבות אחת עם השנייה ועם מי החמצן. לכן, צבע השיער הנצבע נראה תחילה בהיר עד לבן. זו גם הסיבה, שיש להמתין לפחות חצי שעה עד אשר הצבע נקלט בשיער. בסוף תהליך הצביעה, מולקולות חומרי הצבע במערכת הצביעה יוצרות קשרים חדשים עם מולקולות חומרי הצבע שבשיער ומתקבל הצבע החדש הרצוי.

כוחלים, הנמצאים אף הם בערכת הצביעה לשיער, מאפשרים את "סגירת" המעטפת החיצונית של השערה והתוצאה היא צבע שיער חדש ועמיד בפני שטיפות.

מקורות:

\* חלבון – מולקולה גדולה ביותר הבנויה "מאבני בניין" הנקראות חומצות אמיניות. לעיתים שרשרת החלבון מתקפלת או מספר שרשראות חלבון מתחברות ביניהן, בדרך כלל על-ידי קשרים בין שני אטומי גופרית (קשרי דו-גפרית S-S).

ChemMatters, April 2002, Hair Color: Chemistry to Dye For.  
<http://pubs.acs.org/cen/whatstuff/stuff>



## שאלות למחשבה ודין

1. א. רשמו שלוש עובדות כימיות חדשות, עליהן קראתם במאמר ושאותן לא הכרתם קודם.  
ב. נסחו שתי שאלות הקשורות בעובדות אלו, ושעליהן לא קיבלתם מענה במאמר.
2. בהסתמך על ידיעותיכם בכימיה ועל המידע הכלול במאמר: אלו תכונות, לדעתכם, צריכות להיות לחומרים המשמשים לצביעת השיער? לגבי כל תכונה, הסבירו מדוע היא דרושה.
3. כיום קיימים בשוק צבעי שער חדשניים, המיועדים בעיקר לגברים. הם מכילים עופרת אצטט:  $Pb(CH_3COO)_2$ . בזמן שטיפת השיער עם חומר הצבע, הוא חודר לשרש השערה ויוני העופרת מגיבים ליצירת הצבע השחור שמקורו בתרכובת  $PbS$  המתקבלת.
  1. לפי המידע שבמאמר, עם מי, לדעתכם, מגיבים יוני העופרת ומדוע?
  2. האם תהליך הצביעה הינו הפיך? נסו להסביר מדוע.
4. בתהליך צביעת השיער משתמשים בחומרים: אמוניה, מי חמצן וצמד חומרי צבע. פרטו את השלבים השונים בתהליך צביעת השיער והסבירו מדוע בתחילת תהליך הצביעה, הצבע נראה בהיר עד לבן.
5. החומר הנפוץ ביותר בצבעי השיער הינו הפנילן די-אמין (phenylenediamine). החומר בנוי ממולקולת  $C_6H_6$ , אשר שני מימנים בה הותמרו בקבוצות אמינו ( $NH_2$ ). לפי מקום קבוצות האמינו במולקולה, קיימים מספר איזומרים לפנילן די-אמין.
  - א. לפניכם נוסחת המבנה של אחד האיזומרים של פנילן די-אמין. מהי הנוסחה המולקולרית שלו?
  - ב. לפי המידע הנתון בשאלה, כמה איזומרים נוספים יש לפנילן די-אמין? ציירו אותם.
  - ג. הסבירו את המסיסות הטובה במים של הפנילן די-אמין.
  - ד. אלו קשרים נוצרים לפי דעתכם בין השיער לצבע? נמקו.
  - ה. כאשר בעת הצביעה נצבעים גם המצח או הצוואר, הספר/ית מנקה אותו בעזרת צמר גפן הטבול באתאנול ( $C_2H_5OH$ ). הסבירו מדוע.
6. הקראטין הוא חלבון הבונה את השיער, הציפורניים, צמר הכבשים, קרניים ואף את שריון הזוחלים. החומצה האמינית ציסטאין מהווה גורם חשוב בקביעת תכונות חלבון הקראטין. תכולת ציסטאין נמוכה יחסית בחלבון, מאפשרת רכות וגמישות לשיער, לצמר ולנוצות, ואילו תכולת ציסטאין גבוהה – מבטיחה את קשיותם של הקרניים והציפורניים.

לפניכם מודל של החומצה האמינית ציסטאין:

  - א. סמנו את הפחמן  $C\alpha$  בחומצה האמינית ציסטאין.
  - ב. רשמו את הנוסחה המולקולרית של הציסטאין.
  - ג. לציסטאין תפקיד מכריע בקביעת אופי חלבון הקראטין המתקבל בשל היווצרות קשרי הדו-גופרית בין שתי מולקולות ציסטאין. ציירו את נוסחת המבנה של שתי מולקולות ציסטאין בעלות קשר דו-גופרית ביניהן.
  - ד. הסבירו כיצד אחראים קשרי דו-גופרית בין ציסטאין לציסטאין על גמישות / קשיות חלבוני הקראטין השונים.

חקר אירוע



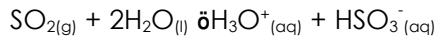
## הרי געש - תחזית הזעם

בשנת 1980 הר סנט הלן בושינגטון התפרץ בעוצמה אדירה, הדומה לעוצמתן של מאות פצצות אטום. האם מדענים יכולים לחזות התפרצות געשית? מהם הסימנים שהם מחפשים? הר געש פעיל הוא פתח בקרום כדור הארץ, דרכו נפלטים לבה, קיטור ואפר. בפנים כדור הארץ שוררות טמפרטורות גבוהות מאוד - גבוהות מספיק על מנת להתיך סלעים. סלעים מותכים אלו (הנקראים מגמה), מתפשטים ונעים כלפי מעלה. מגמה שחודרת את קרום כדור הארץ ועולה אל פני השטח נקראת לבה. ההתפרצות האלימה שלה יוצרת הר געש, שמקור שמו לקוח מהשם וילקן - אל האש הרומי.

צמיגות המגמה מקשה עליה לפרוץ אל פני השטח. כתוצאה מכך, נוצר לחץ חזק, אשר בדרך כלל גורם להתפרצויות אלימות מאוד. צמיגות המגמה מושפעת מהטמפרטורה ומנוכחות סיליקה ( $\text{SiO}_2$ ). יחידות הסיליקה הקשורות ביניהן יוצרות שרשרות ארוכות, בדומה לפולימרים, אשר מקנות למגמה את צמיגותה.

פליטות גז, המשוחררות ממגמה זורמת, מאפשרות למדענים לחזות מראש התפרצויות עתידיות. גזים רבים, הכלואים בתוך המגמה, נתונים בלחץ הגבוה אשר שורר עמוק בתוך כדור הארץ. אולם, כאשר המגמה עולה כלפי פני הקרקע, הלחץ המופעל על הגזים יורד. כתוצאה מכך, חלק מהגזים המומסים משתחררים מהתמיסה ומפעפעים אל האדמה או אל מי התהום.

גופרית דו-חמצנית ( $\text{SO}_2$ ) הוא אחד הגזים הנפוצים המשתחררים מהמגמה. על פני כדור הארץ, הגופרית הדו-חמצנית מגיבה עם מים ויוצרת תמיסה חומצית של חומצה גופרתית, לפי התגובה:



גופרית דו-חמצנית עשויה להתחמצן בהדרגה ליצירת גופרית תלת-חמצנית, אשר תגיב אף היא עם מים ליצירת חומצה גופרתית. המעקב אחר ה-pH של אומים וחלים ושל מי תהום היא אסטרטגיה חשובה בתצפית על התפרצות הר געש.

שיחורר פתאום מים גפרי,  $\text{H}_2\text{S}$ , מפיץ צחנה, בתנועה ומשחרר הגז השכיח ביותר להיות אותו לפרץ פעילות געשית חזיון התפרצות מדעי עושות ל

מקור: ChemMatters גיליון דצמבר 1999

שאלות למחשבה ודין

1. א. מהם הגזים אשר עוזרים למדענים לצפות התפרצות הר געש? הסבירו כיצד.  
ב. נסחו את התהליך בו גופרית דו-חמצנית מתחמצנת ליצירת גופרית תלת-חמצנית וכן את תגובת התוצר עם מים ליצירת חומצה גופרתית.

2. א. על מה משפיעה נוכחות הסיליקה במגמה?  
ב. הסבירו במונחים של מבנה וקישור את תכונות הסיליקה.

לעתים, גזים וולקניים יכולים להיות מסוכנים גם אם לא מתרחשת התפרצות. בשנת 1986, למעלה מ-1,700 אנשים במערב אפריקה מתו בשנתם, כאשר ענן של גז פחמן דו חמצני ( $\text{CO}_2$ ) השתחרר לפתע מאגם בתוך לוע הר געש. הפחמן הדו-חמצני גלש במורד הר הגעש וגרם למוות המוני כתוצאה מחנק.

3. האנשים אשר מתו מחנק התגוררו בבתים אשר היו בעמקים ולא על מדרונות ההרים. הסבירו מדוע?

4. א. כיצד משפיע שיחרור  $\text{SO}_2$  על ה-pH של מי התהום והנחלים?  
ב. שרטטו גרף אשר יצביע על כך שקרבה התפרצות געשית. הסבירו את הגרף ששרטטתם.

## גשם חומצי מנעת - חלומות ירוקים הגשמת !

האם שמעתם על תופעות של מוות נרחב של יערות באירופה ובצפון אמריקה? האם שמעתם על תופעות של התפוררות, שחיקה והיווצרות סדקים במבנים היסטוריים, אנדרטות ופסלים מפורסמים באירופה שעשויים שיש או מתכת? הגורם לנזקים אלו הוא גשם חומצי.

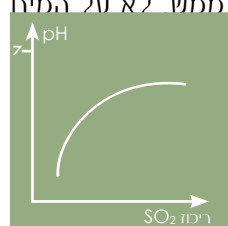
בקנדה בלבד, מוערכים הנזקים מגשם חומצי, במיליארד דולר מדי שנה. אגמים, נהרות מקווי מים, צמחייה, בעלי חיים למיניהם - כולם ניזוקים מגשם חומצי. במקרים קיצוניים, יכול אגם שנפגע מגשם חומצי להפוך לאגם "מת". כיום, נוטים המומחים לייחס תופעה זו בעיקר לתחמוצות הגופרית והחנקן שבאוויר.

תחנות כוח, מפעלים למיניהם וכלי רכב פולטים לאטמוספירה את הגז גופרית דו-חמצני  $SO_2(g)$  והגז חנקן דו-חמצני,  $NO_2(g)$ . הגשם החומצי מכיל לא רק תחמוצות אלו, אלא גם חלקיקי מתכות כבדות. לאחר שנפלטו לאטמוספירה, מתפזרות תחמוצות אלו באוויר ומגיעות למרחקים גדולים ממקור פליטתן. הגז חנקן דו-חמצני, הנפלט בעיקר מכלי רכב, מגיב עם אדי המים שבאוויר וכתוצאה נוצרת חומצה חנקתית. הגז גופרית דו-חמצני, הנפלט לאוויר משריפת דלקים כבדים, בעיקר מתחנות כוח, מלווה גם בחלקי אפר מרחף. האפר המרחף מכיל כמויות קטנות של מתכות כבדות ורעילות, בעיקר ונדיום וברזל. מתכות אלה פועלות כזרזים לחימצון הגופרית הדו-חמצנית לגופרית תלת-חמצנית וזו הופכת לחומצה גופריתית עם התמוססותה במים.

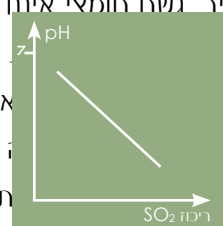
החומצות, החנקתית והגופריתית, מגיבות עם אבן הגיר המהווה את המרכיב העיקרי בשיש. אבן הגיר כמעט ואינה נמסה במים. בתגובתה עם חומצה גופריתית, נוצר גבס, שהוא יותר מסיס מאבן הגיר. בתגובת חומצה חנקתית עם אבן הגיר נוצר סידן חנקתי והוא נמס טוב במים. כתוצאה מכך, השיש מתפורר ותהליך חדירת הגשם החומצי לתוכו מוחש.

ומה בישראל??

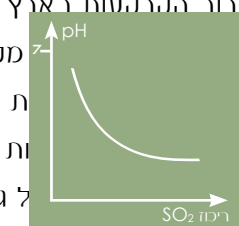
מכיוון שכבר התקבעו בארץ עשירות באבן גיר, גשם חומצי אינו מהווה איום של ממש לא על המים ולא על מקנה לקרקעות. תלביעה הקיימת בארץ ומגמת הנפילת הגופריתית, חלה יר עקב השימוש בממירים קטליטיים במכוניות, חלה ירידה בפליטת הגז חנקן דו-חמצני מכלי רכב.



חומציות הגשם באירופה ובקנדה.



מקנה לקרקעות ולתלביעה הקיימת בארץ ומגמת הנפילת הגופריתית, חלה יר עקב השימוש בממירים קטליטיים במכוניות, חלה ירידה בפליטת הגז חנקן דו-חמצני מכלי רכב.

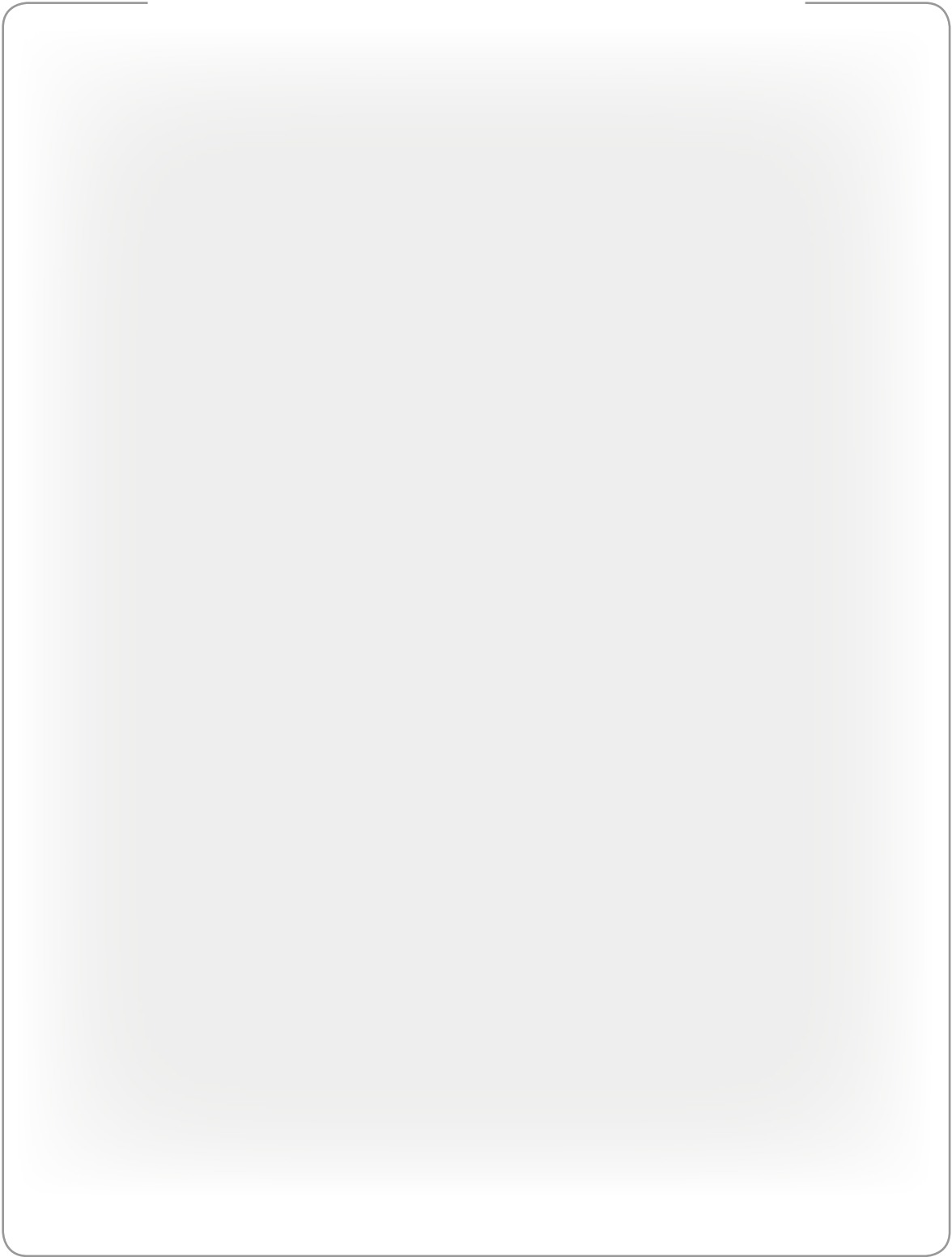


האחרונה הכוח והחלפתה

מקור:



<http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=3756>



## שאלות למחשבה ודין

1. הציעו שלוש שאלות שלא קיבלתם עליהן מענה באירוע.
2. א. הסבירו את המושגים במידע שקראתם: תחמוצת, חומצה, בסיס, pH, זרז.  
ב. רשמו נוסחאות לחומרים ששמותיהם הוזכרו באירוע.
3. א. מה מקורם של הגזים שגורמים לגשם חומצי?  
ב. נתונות תמיסות מימיות של שתי חומצות – אחת התמיסות בעלת pH=6, והשנייה בעלת pH=5. מי מהן חומצית יותר? הסבירו מדוע.  
ג. מדוע לדעתכם, מי הגשם הטבעיים הם חומציים במעט (בעלי pH=6.5)?
4. א. קרקעית הכנרת מרופדת בשכבה של אבן גיר. איזה יתרון יש לכך?  
ב. חקלאים שמשתמשים בקרקע שהינה בעלת אופי חומצי מוסיפים אבן גיר. הסבירו מדוע וצרפו ניסוחים של תגובות מתאימות.
5. א. הבטון הינו תערובת שמכילה, בין היתר, סידן הידרוקסידי, שנוסחתו:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . הבטון מתייבש עקב התגובה של סידן הידרוקסידי עם פחמן דו-חמצני שבאוויר, לקבלת אבן גיר ומים. נסחו את התגובה ביניהם.  
ב. הציעו הסבר לכך, שבתים עם גגות שלא זופתו, חשופים יותר לחדירת מים אשר מחלחלים מהגג לתקרה. היעזרו בתגובה מתאימה.
6. א. בתחילת שנות השמונים החלו חברת החשמל ובתי הזיקוק להשתמש בדלקים דלי גופרית. הסבירו מה היתרון לכך.  
ב. האם כתוצאה משימוש בדלק דל גופרית, יהיה ה-pH של הגשם נמוך יותר או גבוה יותר מאשר במקרה של דלק עשיר גופרית? נמקו.  
ג. מדוע לדעתכם, הנזקים שנגרמו למבנים היסטוריים ולפסלים ולאנדרטות הם בהיקף גדול דווקא בשנים האחרונות?  
ד. לפניכם שלושה גרפים, המתארים את תלות ה-pH של גשם חומצי ברמת ה- $\text{SO}_2$  באוויר. מי מהגרפים מתאר בצורה נכונה תלות זו? הסבירו את הגרף שבחרתם.

גרף III

גרף II

גרף I

7. א. הציעו שאלת חקר מתאימה המתמקדת בהשפעת הגשם באיזורים שונים בארץ.  
ב. כתבו השערה מתאימה ופרטו את המשתנים והגורמים הקבועים.  
ג. הציעו ניסוי אשר יבדוק את השערתכם.

## מה קורה לחומציות האוקיינוסים? (גירסה מורחבת)

המדענים סבורים, שהמים באוקיינוסים נעשו יותר חומציים במאה השנים האחרונות. חוקרים מקליפורניה דיווחו בכתב העת Nature על דאגתם הרבה עקב שינוי רמת החומציות של מי האוקיינוסים. לטענתם, שינוי זה מתרחש עקב עלייה בכמות הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה.

הגברת השימוש בדלק מחצבי (נפט, פחם) גורמת להגדלת כמות הפחמן הדו-חמצני הנפלט לאוויר כתוצאה מתהליכי השריפה. רוב הפחמן הדו-חמצני נספג, קרוב לוודאי, על ידי מי הים, וכאשר הוא מתמוסס במים הוא יוצר חומצה פחמתית,  $H_2CO_{3(aq)}$ , הגורמת לירידה ב-pH.

הירידה ב-pH של המים עדיין אינה גדולה, אך אם תימשך היא תהווה איום על החיים בים. אחרי תקופת הקרח האחרונה, ערך ה-pH של האוקיינוסים היה 8.3, אחרי המהפכה התעשייתית (לפני כ-200 שנה) הוא ירד ל-8.2 וכעת הוא 8.1.

החוקרים מנסים לנבא מה יקרה בעתיד באמצעות שימוש במודלים מתמטיים של שינויי מזג האוויר. לפי המודלים המתמטיים, החומציות עשויה לרדת ל-7.3 בשנת 2300 ולהישאר נמוכה במשך מאות שנים אחרי כן.

כמות הפחמן הדו-חמצני עלתה ליותר מ-2000 חל"מ \* (ppm) ב-300 מיליון השנים האחרונות, אולם הדבר לא הוריד את החומציות של מי האוקיינוסים מתחת לערך pH של 8.1. הסיבה לכך היא, נוכחותם של סלעי הגיר,  $CaCO_3$ , בתחתית האוקיינוס, אשר מילאו תפקיד של בופר \* טבעי, המגביל את חומציות המים. תהליך הסתירה נמשך 10,000 שנה, פרק זמן מספיק כדי לנטרל את הפחמן הדו-חמצני שנפלט בתהליכים גיאולוגיים, אבל לא מספיק כדי להגיב לשינוי מהיר הנגרם על ידי פעילות האדם.

עדין לא ברור לגמרי מה תהיה ההשפעה של שינוי החומציות על החיים בים. רוב היצורים חיים קרוב לפני המים, שם צפוי השינוי המרבי ב-pH, אבל דווקא היצורים החיים במעמקים רגישים יותר לשינויי החומציות. אלמוגים ויצורים אחרים, המכילים גיר בשלד שלהם, יהיו הנפגעים העיקריים משום שהם ייתקלו בקושי רב יותר לבנות את עצמם בתנאי החומציות הנמוכים.

ניסויים שנערכו בארה"ב, ב"חממה" ענקית (הנקראת "ביוספירה 2") אשר כמות הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה שלה כפולה מזו שבאטמוספירה של כדור הארץ, הראו שקצב היווצרות הגיר ביצורים כאלה קטן ב-40%. מכאן ברור, שאם כמות הפחמן הדו-חמצני שנפלט לאטמוספירה תגדל, ישתנה ההרכב הכימי באוקיינוסים.

בשנים האחרונות הציעו העוסקים באיכות הסביבה לאכסן את הפחמן הדו-חמצני הנפלט מתחנות כוח באוקיינוס העמוק כאמצעי למניעת אפקט החממה. כעת ברור, שיש להקדיש מחשבה נוספת לרעיון זה.

מקורות:

<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3136266.stm>

דוני, ס.ס (2006). סכנות העלייה בחומציות האוקיינוסים, סינטיפיק אמריקן ישראל, יולי, 36-43

## שאלות למחשבה ודין

- \* חל"מ (חלקי מיליון) או ppm-parts per million: נפח אחד של גז במיליון נפח אוויר. מדד מקובל למדידת ריכוזים נמוכים של גז.
- \*\* בופר - תמיסה השומרת על pH קבוע, גם כאשר מוסיפים חומצה או בסיס לתמיסה. תמיסת הבופר מורכבת מחומצה או בסיס חלשים ומלח שלהם. לדוגמה תערובת של חומצה חלשה  $H_2CO_{3(aq)}$  ומלח שלה  $Na_2CO_{3(s)}$

1. א. רשמו שלושה מושגים מרכזיים המופיעים במאמר.  
ב. לגבי אחד המושגים שבחרתם, נמקו מדוע לדעתכם הוא מרכזי במאמר.  
ג. הסבירו את אחד המושגים שבחרתם.  
ד. ציינו קשר בין לפחות שניים מהמושגים שבחרתם.  
ה. אלו מושגים במאמר אינם ברורים או אינם ידועים לכם?
2. מהו הנושא המרכזי המוצג במאמר? הציגו אותו ב- 3, 4 משפטים.
3. א. התייחסו לקטע הבא הלקוח מתוך המאמר: "הגברת השימוש בדלק מחצבי גורמת להגדלת כמות הפחמן הדו-חמצני הנפלט לאוויר כתוצאה מתהליכי השריפה. רוב הפחמן הדו-חמצני נספג קרוב לוודאי על ידי מי הים, וכאשר הוא מתמוסס במים הוא יוצר חומצה פחמתית הגורמת לירידה ב-pH".  
לאילו תהליכים כימיים מתייחס הכתוב?  
ב. נסחו ואזנו תהליך כימי אחד לפחות מאלו שצינתם בתת הסעיף הקודם.
4. תארו באיור סכמטי את הפעולה של הבופר. הסבירו כל מרכיב בציור.
5. א. נסחו שתי שאלות נוספות אותן תרצו לשאול את החוקרים המומחים, לגבי נושאים אשר לא פורטו מספיק במאמר.  
ב. הסבירו ונמקו מדוע בחרתם בשאלות אלו.
6. החומציות (pH) הנורמאלית של הדם היא 7.35. שינויים של יותר מ-0.3 יחידות pH אינם בריאים לאדם. לאור המידע שקראתם, נסחו השערה כיצד אכילה ושתייה של מזונות ומשקאות חומציים אינם גורמים לשינויים גדולים ב-pH של הדם.

## חזקה אך עדינה

חוקרים באוניברסיטה בקליפורניה ייצרו את החומצה החזקה ביותר בעולם. חומצה זו, שהינה חזקה מחומצה גופרתית מרוכזת, הינה בלתי רעילה ולא קורוזיבית\*. החומצה הנקראת חומצה קרבורנית, הינה העל-חומצה (super acid) הראשונה, אשר ניתן לאחסן אותה בבקבוק. עד כה, חומצות חזקות שיוצרו באופן מלאכותי היו כל כך קורוזיביות עד שהיו מאכלות את הבקבוק בו אוכסנו.

כיצד יתכן הדבר – גם חומצה חזקה וגם "עדינה"? הדבר נובע מההגדרה של חוזק חומציות. חוזק החומצה נקבע לפי אחוז המולקולות של החומצה שמוסרות פרוטון למים ויוצרות יוני הידרוניום. ככל שאחוז זה גבוה יותר, כך החומצה חזקה יותר. מצד שני, הקורוזיביות של החומצה קשורה ליון השלילי אשר נותר מהחומצה אחרי שהיא מסרה את הפרוטון (יון המימן). לדוגמה, חומצה פלואורית, HF, מאכלת זכוכית שמורכבת בעיקר מצורן דו-חמצני ( $\text{SiO}_2$ ). יון הפלואור מגיב עם אטום הצורן בזכוכית ואילו הפרוטון ( $\text{H}^+$ ) מגיב עם החמצן בזכוכית.

דוגמה נוספת לתגובה של חומצה כתלות ביון השלילי שבה, קשורה לניקוי כלי נחושת מגיר ( $\text{CaCO}_3$ ) השוקע עליהם. משתמשים לניקוי בחומצה כלורית, HCl, ולא בחומצה חנקתית,  $\text{HNO}_3$ , כיון שיון הכלור אינו פוגע בנחושת ואילו היון החנקתי מגיב במהירות, תוך כדי שיחרור גז חום רעיל.

"חוסר הפעילות" של החומצה החדשה נגרם עקב יציבות כימית רבה ביותר של האניון. נוסחת החומצה הקרבורנית:  $\text{H}(\text{CB}_{11}\text{Cl}_{11})$ . היא מוסרת את הפרוטון בקלות לבסיס. החלק הקרבורני של המולקולה, החלק שנשאר אחרי שהפרוטון עזב, מכיל צבר של אטום פחמן, 11 אטומי בור, (B), ו-11 אטומי כלור ארזים בצורה מיוחדת (הנקראת icosahedron). זו, כנראה, הקבוצה היציבה ביותר של אטומים אשר ידועה עד היום. לכן, חומצה קרבורנית אינה גורמת לקורוזיה.

זהו הישג חשוב של המדענים המפתחים, כיוון שעד כה כל החומרים אשר הוסיפו להם פרוטון באופן מלאכותי, כדי לשמש כחומצות, היו פעילים ביותר ואי אפשר היה לשמור אותם בבקבוק. לחומר החדש אפשרויות יישום רבות בתהליכי החמצה בתעשיית המזון, הדלקים, הבשמים הפולימרים והתרופות.

למרות היישומים הרבים האפשריים לחומצה הקרבורנית, המפתחים טוענים שההנאה בעבודתם הינה מהגשמת חלום של יצירת חומר חדש אשר לא יוצר קודם, ובכוונתם להשתמש בחומצה הקרבורנית כדי לחמצן את הגז האציל קסנון "רק בגלל שהדבר לא נעשה קודם לכן". זהו מחקר טהור.

### מקורות:

Juhasz M., et al. *Angewandte Chemie Int. Edn*, **43**, 5352 - 5355 (2004).  
<http://chem.ucr.edu/index.html?main=faculty&facsort=profile&faculty=reed>

\* שיתוך (קורוזיה) – היווצרות חלודה (תחמוצת ברזל) מברזל מתכתי. בהיווצרות קורוזיה נפגע המבנה של השריג המתכתי בגלל הפיכת אטומי הברזל ליוני ברזל



## שאלות למחשבה ודין

1. מהו הנושא המרכזי המוצג באירוע? הציגו אותו בקצרה.
2. נסחו את תהליך ההמסה במים של החומצה הקרבורנית.
3. מדוע החומצה הקרבורנית איננה מאכלת את הכלי בו היא מאוכסנת?
4. באירוע מזכרות תגובות של חומצות בהקשר לניקוי כלי נחושת מאבן הגיר שהצטברה עליהם.
  - א. נסחו את התהליך המתרחש בין אבן גיר,  $\text{CaCO}_3(s)$  לבין תמיסה מימית של חומצה כלורית,  $\text{HCl}_{(aq)}$ .
  - ב. לפניכם התגובה המתרחשת בין נחושת ובין תמיסה מרוכזת של חומצה חנקתית. (הערה: תמיסה מהולה של חומצה חנקתית איננה מחמצנת).
$$\text{Cu}_{(s)} + \text{HNO}_{3(aq)} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{NO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
  - i - מי המחמצן ומי המחזור בתגובה?
  - ii - אזנו את ניסוח התגובה.
  - ג. מדוע לדעתכם לא מתרחשת תגובה דומה בין נחושת וחומצה כלורית?
5. למגדלי קירור מים תעשייתיים, מקובל להוסיף חומצה במטרה להוריד את ה-pH של המים ובכך להקטין את יצירת האבנית. הועלתה הצעה לטפל בחומצה קרבורנית במגדל לקירור מים.
  - א. הסבירו מהם לדעתכם הנזקים של אבנית במגדלי קירור.
  - ב. מהם היתרונות של שימוש בחומצה קרבורנית לטיפול באבנית לעומת שימוש בחומצה אחרת?
6. נסחו שתי שאלות נוספות, שאותן תוכלו לשאול את החוקרים המומחים, לגבי נושאים אשר לא פורטו במידה מספקת באירוע.

## מה קורה לחומציות האוקיינוסים? (גירסה מצומצמת)

במאה השנים האחרונות, ה-pH של מי האוקיינוסים הולך ויורד, דבר הגורם לדאגה רבה. המדענים החוקרים את התופעה סבורים, שהדבר נובע מן העלייה בשימוש בדלקים כמו נפט או פחם המורכבים מפחמימנים. שריפת הדלקים מגדילה את כמות הפחמן הדו-חמצני,  $\text{CO}_{2(g)}$ , הנפלט לאטמוספירה. חלק ניכר מהפחמן הדו-חמצני שבאוויר מתמוסס במי הים ויוצר חומצה פחמתית,  $\text{H}_2\text{CO}_{3(aq)}$  זוהי הסיבה לירידה ב-pH.

הירידה ב-pH של המים עדיין אינה גדולה, אך אם תימשך היא תהווה איום על החיים בים. אחרי תקופת הקרח האחרונה (לפני כ-10,000 שנה) ערך ה-pH של האוקיינוסים עמד על 8.3, אחרי המהפכה התעשייתית (לפני כ-200 שנה) הוא ירד ל-8.2 וכיום הוא עומד על ערך של 8.1. מודלים מתמטיים מראים, כי ה-pH עשוי לרדת לערך 7.3 בשנת 2300 ולהישאר נמוך במשך מאות השנים שלאחר מכן.

עדין לא ברור לגמרי מה תהיה ההשפעה של שינוי ה-pH על החיים בים. היצורים שיושפעו יותר מכל מן הירידה ב-pH יהיו כפי הנראה יצורים שהשלד שלהם בנוי מסיידן פחמתי,  $\text{CaCO}_{3(s)}$ , כגון אלמוגים. יצורים אלה הם הנפגעים העיקריים משום שהם ייתקלו בקושי רב יותר לבנות את עצמם בתנאי pH נמוכים.

### מקורות:

<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3136266.stm>

דוני, ס.ס. (2006). סכנות העלייה בחומציות האוקיינוסים, *סינטיפיק אמריקן ישראל*, יולי, 46-36.



## שאלות למחשבה ודין

1. בפסקה הראשונה של האירוע מתוארת סדרת תהליכים שבהם מעורבות תרכובות של היסוד פחמן. ציירו בתרשים זרימה את התרכובות ואת התהליכים.

2. ציירו גרף המתאר את שינוי ה-pH לאורך טווח השנים המתואר באירוע. הקפידו על כותרות ויחידות. הסבירו את הגרף שציירתם.

3. בחרו מבין המשפטים הבאים את המשפט המתאר באופן הנכון ביותר את התהליך המתואר באירוע? הסבירו את בחירתכם.

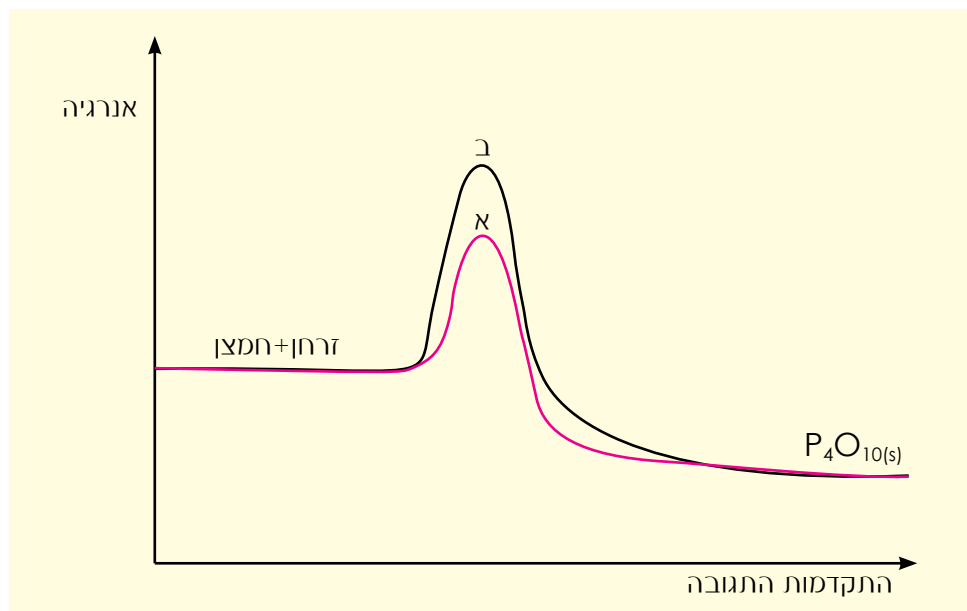
- א. מי האוקיינוסים החומציים הולכים ונעשים יותר ויותר חומציים
- ב. מי האוקיינוסים הבסיסיים הולכים ונעשים יותר ויותר בסיסיים
- ג. מי האוקיינוסים הבסיסיים הולכים ונעשים פחות בסיסיים
- ד. מי האוקיינוסים החומציים הולכים ונעשים פחות חומציים



4. מדוע אלמוגים אינם מסוגלים להתקיים במים חומציים? פרטו את תשובתכם?

5. ידוע שמסיסותם של גזים במים יורדת ככל שטמפרטורת המים עולה. כמו כן ידוע שהעלייה בכמות הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה גורמת לעלייה בטמפרטורה של כדור הארץ ושל מי הים עקב תופעה המכונה "אפקט החממה".

האם "אפקט החממה" מגביר את התופעה המתוארת באירוע או מחליש אותה? נמקו.

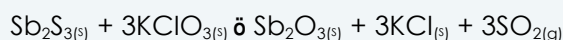


## כימיה בקצה הגפרור

הגפרור הפשוט - כה נפוץ ומובן מאליו, אך מה היינו עושים בלעדיו? שפשפו את הגפרור פעם אחת, ואתם ניתקלים בכימיה מרתקת, שלא לומר: היסטוריה כימית ממש תחת ידיכם.

ב-1669, הצליח אלכימאי גרמני בשם בראנט, להפיק זרחן לבן, בעל הנוסחה  $P_4(s)$ . הזרחן שהפיק התלקח מיד במגע עם אוויר. זרחן לבן הוא כה פעיל, שיש לשמרו מתחת למים. בעיניו של בראנט, הייתה זו התרחשות מסתורית, שכן בתקופתו החמצן לא היה מוכר. היום, אנו יודעים שזרחן מגיב עם החמצן שבאוויר כבר בטמפרטורת החדר, נוצר  $P_4O_{10}(s)$  ונפלט חום.

זמן קצר לאחר גילוי הזרחן, החל הכימאי הבריטי רוברט בויל בניסויים משלו בחומר החדש. בויל לא הצליח אמנם לייצר את הגפרור האידיאלי, אך הוא היה זה שייצר את האב-טיפוס לגפרור של ימינו: הוא מרח פיסת נייר עם זרחן לבן וכיסה קיסם עץ עם גופרית. כששיפשו את הקיסם על פני הנייר, התרחשה תגובה בין הגופרית לזרחן והשתחררה אנרגיה מספקת כדי לגרום להתלקחותו של הקיסם. הגפרור הומצא לבסוף בשנת 1827 על ידי הכימאי האנגלי ג'ון ווקר. ווקר הכין תערובת של  $Sb_2S_3(s)$  עם  $KClO_3(s)$  ומרח אותה בקצה של מקל. שיפשוף התערובת על משטח מחוספס, גרם לתהליך ששיחרר אנרגיה רבה. ניסוח התהליך הוא:



התברר, שהוספת מעט זרחן לבן לתערובת, מקטינה את הרעש שנוצר בעת הדלקת הגפרור, ומקלה על תחילת התגובה. עם זאת, הדבר גרם לגפרורים לאבד מיציבותם: הם נדלקו מעצמם בקופסה, כאשר הקופסה קיבלה חבטה או בעת חשיפתם לאור השמש. הדבר חייב את היצרן להדביק את התערובת לראש הגפרור ולכסותה בדבק. אבל גם זה לא מנע לגמרי את ההתלקחויות הפתאומיות. בשנת 1844, התגלה סוג נוסף של זרחן - זרחן אדום. זהו זרחן, שהמולקולות שלו בעלות מבנה שרשרתי והוא אינו מגיב במהירות עם אוויר.

בגפרורים המיוצרים היום, מורחים זרחן אדום על דופן קופסת הגפרורים. כאשר מחככים את התערובת הנפיצה שעל ראש הגפרור בדופן, החום שנוצר הופך את מקצת הזרחן האדום לזרחן לבן, וכך נדלק הגפרור.

מקור:

Rohring, B. Matches striking chemistry at your fingertips. Chemmatters, 2002.  
<http://www.alehlod.co.il/Chim/Class09/matches.pdf>

## שאלות למחשבה ודין

1. הזרחה הלבן אינו יציב. נסחו ואזנו את תגובתו עם חמצן.
2. התופעה שבה יסוד מופיע בטבע בכמה צורות נקראת אלטרופיה. הזרחה הלבן והאדום הם שתי צורות אלטרופיות של זרחן. ציינו יסוד נוסף אשר בו קיימת התופעה.
3. א. מדוע הגפרור שייצר בויל אינו הגפרור האידיאלי?  
ב. מדוע נאמר על הגפרור שייצר בויל, שהוא "האבטיפוס לגפרור של ימינו"?
4. א. מדוע החומרים בתגובה שמתוארת באירוע מתאימים לשמש כראש גפרור?  
ב. מי המחמצן ומי המחזר בתגובה המתוארת? נמקו.
5. לגפרורים של ג'ון ווקר הוסיפו זרחן לבן.  
א. כיצד שיפר הזרחה הלבן את פעולת הגפרורים?  
ב. מה היו הבעיות שנוצרו בשל הוספת הזרחה הלבן?
6. בגרפים שלפניכם, מתואר שינוי האנרגיה בשריפת זרחן אדום וזרחן לבן.  
א. איזו עקומה מתאימה לשריפת זרחן אדום ואיזו עקומה מתאימה לשריפת זרחן לבן? נמקו את בחירתכם.  
ב. מה תפקידו של החיכוך בתהליך?  
ג. זרחן לבן נשמר מתחת למים או מתחת לשמן. הסברו מדוע.

## מכונית על מים – חלום או חזון?

מימן הינו דלק ידידותי לסביבה, שאינו מזהם ושריפתו אינה כרוכה ביצירת תוצרי לוואי מזיקים. מכוניות ניסיוניות כבר מונעות במימן\* והאפשרות לעבור לשימוש שוטף בדלק מימן תלויה בעיקר ביכולת להפיק כמויות גדולות של החומר הזה, ולאחסן אותו בתהליך שיהיה זול יחסית מצד אחד, ובלתי-מזהם מצד שני. מחקר בנושא זה מתבצע במרכז לחקר האנרגיה במחלקה למדעי הסביבה ולחקר האנרגיה של מכון ויצמן ברחובות.

הרעיון הוא להפיק מימן בתגובה של היסוד בור, B, עם מים. אפשר לאחסן בור ומים בשני מיכלים נפרדים במכונית ולערבב אותם באופן מבוקר כדי לשחרר מימן לפי צריכת המנוע. כיוון שהבור הינו קל, מספיקים 18 ק"ג בור ו-45 ליטר מים כדי לייצר 5 קילוגרם של מימן, אשר נותנים למכונית אנרגיה השווה לזו של 40 ליטר דלק. הם יספיקו כדי לנסוע במכונית ממוצעת 500 קילומטר, ללא פליטה של חומר מזהם לסביבה. הפסולת היחידה הנוצרת בתהליך זה היא תחמוצת בור, שאפשר לאסוף אותה ולמחזרה לצורך הפקת הבור לשימוש חוזר.

שיחזור המימן מהמים בתגובה עם בור נעשית על-ידי חימום אדי המים לכמה מאות מעלות והבאתם במגע עם אבקת בור.

חיזור הבור החמצני נעשה על-ידי תגובה עם מגנזיום ותוצר התגובה הינו מגנזיום חמצני. אחר כך, יוצרים תגובה של המגנזיום החמצני עם גז כלור לקבלת מגנזיום כלורי אשר ניתן לפרק באלקטרוליזה למגנזיום וכלור. האנרגיה לתהליכים אלה מקורה באנרגית השמש. קבלת אנרגיה זו נעשית בעזרת מערכות של מראות, אשר יכולות לרכז את אנרגיית השמש עד לטמפרטורה של 750 מעלות, שבה ניתן לבצע תגובות אלה.

מדענים (בחלקם ישראלים) מתכוונים לבנות בקרוב מערכת ניסיונית במטרה לבחון את אפשרויות היישום של הרעיון הזה. לדעתם, לא ירחק היום בו נראה מכוניות לא מזהמות הנעות על מים במקום על דלק.

### מקורות:

[http://80.70.129.162/site/he/weizman.asp?pi=438&doc\\_id=4226&interID=4211](http://80.70.129.162/site/he/weizman.asp?pi=438&doc_id=4226&interID=4211)  
NewScientist, power on tap, 29 July 2006 pp. 35-371

## שאלות למחשבה ודין

1. א. תנו דוגמאות ליסודות נוספים אשר פולטים מימן בתגובה עם מים.  
ב. מהו היתרון של שימוש בבור במקום ביסודות אלו?  
ג. כדי להפיק את המימן מהמים בעזרת הבור יש צורך בחימום אדי המים לכמה מאות מעלות והבאתם במגע עם אבקת בור. הסברו מדוע.  
  
2. נסחו את התגובות הבאות המוזכרות באירוע ואזנו אותן:  
א. שריפת המימן במנוע  
ב. תגובת בור עם מים להפקת מימן  
ג. חיזור בור חמצני לקבלת בור  
ד. תגובת מגנזיום חמצני עם כלור  
ה. אלקטרוליזה של מגנזיום כלורי  
  
3. א. אלו מהתגובות המוזכרות בשאלה הקודמת הינן תגובות חימצון חיזור? ציינו מי מחזר ומי מחמצן.  
ב. כדי לחמם את המים לקיטור במנוע המכונית דרושה אנרגיה. האם לדעתכם משתמשים גם במקרה זה באנרגית השמש? נמקו.  
  
4. לפי המידע באירוע, מספיקים 18 ק"ג בור ו-45 ליטר מים כדי לייצר 5 קילוגרם של מימן. אלו יספיקו כדי לנסוע 500 ק"מ.  
א. חשבו את מספר המולים של הבור ושל המים.  
ב. האם כמות המימן הנוצרת שווה לכמות המחושבת? היעזרו בניסוח התגובה בין בור ומים שניסחתם בשאלה 2.  
ג. חום השריפה של מימן הינו 285 kJ. מהי כמות האנרגיה הדרושה להסעת המכונית למרחק של 1 ק"מ? פרטו את חישוביכם.  
  
5. מהן לדעתכם המיגבלות של הרעיון? הסבירו.

## סיבה לאזעקה

בינואר 2002 נמצאו שלושה מבני משפחת אייל מתים בדירתם. בתחילה סברו במשטרה, כי מדובר בהתאבדות, אך חקירה נוספת העלתה כי בני משפחת אייל מתו כתוצאה משאיפת הגז הקטלני פחמן חד חמצני,  $CO_{(g)}$ . גז זה נוצר בדירתם בריכוז גבוה, לאחר שקן ציפורים חסם את ארובת תנור ההסקה. נפתחה חקירה בחשד לרשלנות בתחזוקת מתקן ההסקה. בעבר, היו מקרים נוספים של מוות מהגז הרעיל.

הגז CO נוצר כאשר דלקים בוערים בסביבה דלת חמצן והשריפה אינה מלאה. בבתים, שבהם אין מספיק איוורור, יכולים תנורי נפט או גז לגרום להיווצרות ריכוז גבוה של גז רעיל זה. איננו יכולים לזהות את הגז כיוון שהוא חסר צבע וריח. כאשר אנחנו נושמים אותו, הוא עובר מהריאות ונספג בדם. הפחמן החד-חמצני נקשר להמוגלובין שבכדוריות הדם האדומות ובכך מונע מהחמצן להיקשר להמוגלובין. כתוצאה, לא מגיע חמצן לתאי הגוף. שאיפתו של הגז גורמת בתחילה לכאבי ראש, סחרחורת ובחילות, ובהמשך לאיבוד הכרה ולמוות. האם ניתן למנוע תאונות אלה?

בסוף שנות השמונים, פיתחו חוקרים בארצות הברית חיישן ל-CO, המורכב מחומר שדומה במבנהו להמוגלובין ומגיב עם CO באופן דומה. כאשר CO נקשר ל"המוגלובין המלאכותי", צבעו נעשה כהה יותר. האור הנפלט ממנו עובר דרך חיישן המזהה את כמות ה-CO. אחת הבעיות בחיישנים אלה היא, רגישות יתר הגורמת להתראה גם כאשר כמויות ה-CO באוויר אינן מסוכנות.

בגלאים החדשים יותר לגילוי CO, משתמשים בשיטה אלקטרוכימית. בשיטה זו, יוצרים תא חשמלי (סוללה), אשר מבוסס על תהליכי חימצון-חיזור. כתוצאה מהתהליכים המתרחשים, נוצר זרם חשמלי אשר מפעיל מערכת התראה.

הזרם שעובר בין שתי האלקטרודות בתא החיישן, פרופורציונאלי לריכוז ה-CO. במקרה זה, הגלאי יכול למדוד במדויק, עד כדי חלקים למיליון (ppm)\*, את ריכוז ה-CO, החל מכמויות זעירות של CO שלאורך זמן יכולות לגרום נזק מצטבר, ועד לריכוזים גבוהים שיכולים לגרום נזק מיידי. עדיין נערכים מחקרים במטרה לפתוח אזעקות מתוחכמות ורגישות יותר לגילוי פחמן חד-חמצני.

### מקורות:

דיעון כימיה טכנולוגיה חברה, גיליון מס' 80, 2000, "סיבה לאזעקה"  
כתבה מעיתון "הארץ", 15.1.02, "קן ציפורים חסם את הארובה וגרם לריכוז גז בדירת משפחת איל"

\* חל"מ (חלקי מיליון) או ppm-parts per million: נפח אחד של גז במיליון נפח אוויר. מדד מקובל למדידת ריכוזים נמוכים של גז.



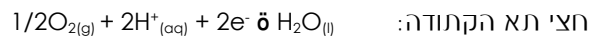
## שאלות למחשבה ודין

1. תנורי חימום המופעלים על גז עובדים על שריפת גז הבישול, שהוא תערובת של הגזים פרופאן  $C_3H_8(g)$  ובוטאן  $C_4H_{10}(g)$ .

א. נסחו את תגובת השריפה השלימה של גז הבוטאן.

ב. מהם התוצרים בשריפה לא שלימה של הגז?

2. בגלאי המבוסס על תגובת חימצון-חיזור מתרחשות התגובות הבאות:



התגובות מתרחשות על גביש פלטינה המשמש כזרז בתגובה בין CO וחמצן מהאוויר.

א. באיזה חצי תא מתרחשת תגובת חימצון ובאיזה תגובת חיזור?

ב. נסחו את התגובה הכוללת אשר מתרחשת בתא.

3. כאשר חמצן או פחמן דו-חמצני נקשרים להמוגלובין, נוצרת בתהליך שיווי משקל מולקולה המורכבת

מההמוגלובין וחמצן,  $\text{HbO}_2$  או המוגלובין ופחמן החד חמצני,  $\text{HbCO}$ .

א. נסחו את תהליכי שיווי המשקל ליצירת מולקולות אלה (מקובל לסמן מולקולת המוגלובין על-ידי Hb).

ב. על סמך המידע באירוע, שערו לאיזה מבין התהליכים הבאים קבוע שווי משקל גבוה יותר: תהליך התקשרות CO להמוגלובין או תהליך התקשרות חמצן להמוגלובין? הסבירו את השערתכם והשוו למידע באירוע, שלפיו כאשר הפחמן החד חמצני נקשר להמוגלובין שבכדוריות הדם האדומות הוא חוסם את קשירת החמצן להמוגלובין.

4. נבחרתם להיות חברים בוועדה בחברה המייצרת תנורי גז, נפט וסולר. תפקידכם להחליט האם לצרף

לתנורים המיוצרים בחברה גלאי CO. ציינו שיקולים בעד ונגד. התייחסו להיבטים מדעיים כלכליים וחברתיים.

5. הציעו דרכים למניעת תאונות דומות הנגרמות משאיפת פחמן חד-חמצני.

מומלץ להיעזר באתר:

[http://www.bnebeytcha.co.il/maamar\\_main.asp?maamar\\_id=263](http://www.bnebeytcha.co.il/maamar_main.asp?maamar_id=263)

(שימו לב בתחתית העמוד להודעה לעיתונות בעקבות מותם של בני משפחת איל).



מאמר מעובד

## חידת הכד מבגדד

במוזיאון בבגדד מונחים חפצים, אשר לפי אחת התיאוריות הם הסוללות העתיקות ביותר בעולם. עקב המלחמה המתחוללת באיזור, קיים סיכון כי אוצרות אלה יאבדו לנצח. בחפצים אלה טמון רמז, כי תרבויות האיזור שהעניקו לנו את הכתב ואת הגלגל, המציאו גם את הסוללות החשמליות, וזאת אלפיים שנה לפני שהכרנו מכשירים כאלה.

ה"סוללות" התגלו בשנת 1938 על ידי הארכיאולוג הגרמני וילהלם קוניג. הוא מצא צנצנת חימר בגובה של 13 ס"מ שבתוכה היה גליל נחושת שהקיף מוט ברזל. על הכלי ניכרו סימני שיתוך (קורוזיה)\*. בדיקות ראשוניות גילו, כי חומר חומצי כלשהו, כמו חומץ או יין, היה בכלי. קוניג פרסם את מסקנותיו - עבורו זו הייתה סוללה.

הסוללות של בגדד הן יחידות במינן. לא נמצאו ממצאים אחרים כאלה. רוב הארכיאולוגים אכן מסכימים שהמתקנים היו סוללות ומתארכים את גילן מ-250 לפני הספירה ועד 225 לספירה. לא ברור כיצד יכלו תושבי האיזור הקדמוניים, אשר לא היו ידועים בהישגיהם המדעיים, להבין את עקרונות החשמל. אחת ההשערות היא, שהם אכן לא הבינו. מה שברור בוודאות הוא, שהסוללות הבגדדיות יכלו לייצר זרם חשמלי.

לייצור זרם חשמלי דרושות שתי מתכות בעלות פוטנציאל חשמלי\*\* שונה ותמיסת אלקטרוליט (תמיסה המכילה יונים) כדי לשנע את האלקטרונים. מערך של סוללות מחוברות בטור יכול, תיאורטית, לייצר מתח חשמלי גבוה יותר, אולם לא נמצאו שום ממצאים שיוכיחו כי אכן כך היה.

שאלה תמוהה נוספת היא, למה שימשו הסוללות? היו שהציעו, כי הסוללות שימשו למטרות רפואיות כמו הרגעת כאב. היוונים הקדמונים כתבו על דגים חשמליים המרגיעים כאבים באמצעות מגע עם כפות הרגליים. הסינים המציאו את הדיקור, בו השתמשו במשולב עם זרם חשמלי. עובדה זו יכולה להסביר את הימצאותם של עצמים דמויי מחט ליד חלק מן הסוללות.

מדענים אחרים מאמינים, כי הסוללות שימשו לציפוי אלקטרוליטי. בציפוי זה יוצרים שכבה דקה של מתכת אחת על פני השטח של מתכת אחרת הטובלת באלקטרוליט מתאים. למשל, בייצור תכשיטים מצפים מתכות בשכבה דקה של זהב או כסף כדי ליפות אותן. מגרעת בתיאוריה זו היא, שאין ממצאים של חפצים מצופים מן המקום והתקופה בהם נמצאו הסוללות.

רעיון אחר לשימוש בסוללות הוא שימוש למטרות דתיות. ההנחה היא, כי צבר של סוללות הוחבאו בתוך פסלי אלילים. אדם שנגע בפסל היה עשוי לקבל מכת חשמל וזאת לפי רצונו של כוהן הדת שהפעיל את הסוללה. בדרך זו שוכנע האדם בכוחו של הפסל, הכהן והדת.

מקור: <http://news.BBC.co.uk/2/hi/science/nature/28004257.stm>

\* שיתוך (קורוזיה) - תגובת חימצון חוזר של מתכות וסגסוגות עם חומרים מהסביבה. בהוצרות קורוזיה נפגע המבנה של השריף המתכתי בגלל הפיכת אטומי המתכת ליונים.  
\*\* פוטנציאל חשמלי - נטייה שונה של מתכות למסור אלקטרונים ולעבור חימצון.

## שאלות למחשבה ודין

1. מהו הנושא המרכזי המוצג במאמר? הציגו אותו ב- 3, 4 משפטים.
2. חברו שתי שאלות המתעוררות בעקבות קריאת המאמר.
3. התייחסו לקטע הבא הלקוח מתוך המאמר: "מדענים אחרים מאמינים, כי הסוללות שימשו לציפוי אלקטרוליטי. בציפוי זה יוצרים שכבה דקה של מתכת אחת על פני השטח של מתכת אחרת הטובלת באלקטרוליט מתאים". הסבירו את ההנחה של חוקרים אלה ותארו את התהליך.
4. לפי המידע שקראתם, הסבירו את פעולת הסוללה.
5. במאמר מתוארת דרך להפיכת אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית. מהי הדרך המתוארת? הביאו דוגמה נוספת לתהליך בו אנרגיה משנה את צורתה.
6. הסוללה המתוארת במאמר מבוססת על תא חשמלי המורכב מהאלקטרודות: נחושת וברזל.
  - א. רשמו ניסוחים לתגובות בשני חצאי התא.
  - ב. נמקו את בחירתכם.
  - ג. רשמו ניסוח של התהליך הכולל המתרחש בזמן פעולת התא.
7. מדענים אשר חקרו את פעולת התא, בדקו את תלות מתח התא במרחק בין האלקטרודות.
  - א. מה הם המשתנים, תלוי ובלתי תלוי, במחקר זה?
  - ב. אלו גורמים קבועים צריכים להישמר במחקר?
  - ג. הציגו שאלת חקר נוספת בהקשר לפעולת הסוללה.

## מכונית מימן – רעיון מצויין?!

בתום סידרה של ניסויים, שנערכו לאחרונה במסלול המבחן של "הונדה" ובכבישים ציבוריים ביפן, הכריזה יצרנית הרכב על הצלחה בפיתוח מנוע תא דלק מימן. דגם ה-FCX של הונדה מצויד במנוע תא דלק בעל 107 כ"ס, המאיץ את המכונית למהירות מרבית של 149 קמ"ש ומאפשר טווח נסיעה של 288 ק"מ בין תידלוק לתידלוק.

ברוב המכוניות הנעות היום בכבישים יש מנועים הפועלים על בנזין או סולר (מנוע שריפה פנימית). מנועים אלה הם אחד הגורמים העיקריים לזיהום אוויר ולאפקט החממה. בנוסף, מומחים מעריכים, כי אם לא תרד צריכת הדלק הכוללת, יאזלו משאבי הדלק בעולם בתוך חמישים שנה. מכאן החשיבות הטמונה במעבר למנוע הפועל על תא דלק מימן.

השימוש במימן במנוע מכונית מבוסס על תא דלק, המאפשר להפיק אנרגיה חשמלית ישירות ממימן וחמצן באמצעות תהליך כימי המתרחש בתוך כלי הרכב. תא הדלק פועל כתא חשמלי בו הופכת אנרגיה של תהליך כימי לאנרגיה חשמלית. בתא יש שתי אלקטרודות: אנודה – בה מתרחש תהליך החימצון, וקתודה – בה מתרחש תהליך החיזור. שתי האלקטרודות טבולות בתמיסה המוליכה יונים (אלקטרוליט) ומחוברות בעזרת מוליך חשמלי.

ההמלצה לעבור לשימוש בתאי דלק מימניים מבוססת על שלושה יתרונות מרכזיים: האחד – השימוש בדלק מימני אינו גורם לפליטת חומרים מזהמים לסביבה; השני – ניתן להפיק מימן ממקורות שונים, ללא חשש משימוש במשאב מתכלה, כמו החשש שקיים היום לגבי דלק מחצבי (נפט ופחם); השלישי – יעילותו של מנוע הפועל על דלק מימני. מתברר, שכמות מסוימת של דלק מימני מספקת כמות אנרגיה כפולה להנעת המנוע, בהשוואה לכמות דומה של בנזין.

החוקרים עדין מתלבטים בקשר לדרכים, שבהן ניתן להפיק את המימן הדרוש לתאי הדלק. דרך אפשרית להפקת המימן היא באמצעות אלקטרוליזה של מים. בדרך זו, מפרקים את המים למרכיבי, מימן וחמצן, באמצעות העברת זרם חשמלי. הבעיה היא המקור להפקת החשמל. אם לצורך הפקת החשמל, ייעשה שימוש בתחנות כוח הפועלות על שריפת דלק מחצבי, אין לכך יתרון, כיוון שהפקת החשמל בדרך זו פולטת מזהמים לסביבה ומגבירה את אפקט החממה. כדי למנוע זאת, אפשר לייצר חשמל בתחנות כוח הידרו-אלקטריות (פועלות על מים), תחנות רוח או תחנות גרעיניות – אך הן אינן זמינות בכל מדינה.

דרך נוספת להפקת מימן היא מיבולים שונים. למשל, שימוש באתנול (האלכוהול הנמצא בייין),  $C_2H_5OH_{(g)}$  אשר מופק מגידולי תירס. בתגובה של האתנול עם קיטור מתקבל מימן ופחמן דו-חמצני. הטכנולוגיה לביצוע תהליך זה עדיין אינה מפותחת דיה.

החיסרון העיקרי בשימוש בתאי המימן מתייחס לאיחסון ולהובלה של המימן. מימן הינו גז קל ודליק מאוד. לכן, יש לאחסנו במיכלים מיוחדים, העמידים בלחץ של 500 אטמוספרות. כמו כן, עדיין לא ברור כיצד ניתן להעביר את המימן בצנורות ללא חשש מדליפה.

השימוש במימן כדלק עדיין מהווה אתגר טכנולוגי וייתכן כי בסופו של דבר הוא לא יהווה את "תרופות הפלא" לכל בעיות האנרגיה שאנו מנסים לפתור, אך בהחלט יש לצפות להתפתחויות בנושא.

#### מקורות

ליפשיץ, ר. (1995). תאי דלק, האם הם הפתרון המיוחל לתדלוק מכונות העתיד? גליליאו, גיליון 8, 26-29.  
מ. ל. וולד. סינטיטיק אמריקן - ישראל, משק המימן בסימן שאלה. אוקטובר 2004 67-62.

<http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-28955411>  
<http://www.lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=11751>

## שאלות למחשבה ולדין

1. א. מהי הבעיה הסביבתית הנגרמת מכלי רכב המונעים על בנזין או סולר? פרטו.  
ב. מה ניתן לעשות כדי להפחית את הבעיה?
2. א. מהם החומרים הנקלטים (המגיבים) בתא הדלק ומה נפלט ממנו (התוצר)?  
ב. מהם היתרונות ומהם החסרונות של חומרים אלו?  
ג. בתא דלק מתרחשת תגובת חימצון-חיזור. מהו החומר המחזור ומהו המחמצן בתהליך? רשמו את חצאי התגובות.  
ד. רשמו את התהליך הכולל המתרחש בתא דלק מימני.  
ה. כיצד התגובה המתרחשת במנוע דלק גורמת להפעלת המנוע?
3. א. במאמר מוזכר את אנולי כחומר המתאים לשמש מקור להפקת מימן. נסחו את תהליך היווצרות המימן מאתאנול.  
ב. מהם החסרונות של השיטה?
4. א. במאמר מוזכר את אנולי כחומר המתאים לשמש מקור להפקת מימן. נסחו את תהליך היווצרות המימן מאתאנול.  
ב. ציינו שתי דרכים להפחית את החסרונות של השיטה.  
ג. משתמשים באנולי כחומר מתאם לשמש מקור להפקת מימן. מדוע לדעתכם לא משתמשים באנולי כחומר מתאם לשמש מקור להפקת מימן?
5. נראה, שעדיין לא נמצא פתרון לבעיה של האחסון של המימן. מדוע לדעתכם ממשכים בכל זאת להמשיך ולפתח פתרונות לאחסון המימן?
6. השימוש בטכנולוגיית תאי המימן כבר אינה עתידית והדרך להפיכת טכנולוגיית מנועי המימן למציאות מסחרית הופכת למציאותית יותר מיום ליום. חפשו באתרי אינטרנט ידיעה עם מידע עדכני נוסף על השימוש בתאים אלה.

## ניקוי מולקולרי – פתרון גאוני לזיהום סביבתי

אחד מאפיקי המחקר, אשר תופסים תאוצה בשנים האחרונות, הינו "כימיה ירוקה". מטרת המחקרים בתחום זה היא לפתח תהליכי ייצור חדשים המפחיתים פליטה של מזהמים לסביבה. ההנחה היא, שעדיף למנוע יצירת פסולת מזהמת מאשר לנקות אותה לאחר שנוצרה.

במסגרת מחקר למציאת פתרונות לטיהור מי שפכים מחומרים מזהמים, פותחו זרזים הנקראים: Tetra-Amido-Macrocylic-TAML. מולקולות אלה מזרזות תגובות המסוגלות לפרק מזהמים שונים באמצעות מי חמצן או חומרים מחמצנים אחרים. בדרך זו, ניתן לפרק מיגוון רחב של מזהמים, כגון חומרי צבע והדברה, שמהווים איום חמור על בריאות האדם.

לפני שנים נהגו לטהר את מי השתייה באמצעות חימצון עם כלור. תהליך טיהור זה אמנם זול ופשוט אך מתברר שהוא עלול ליצור כמה מזהמים קשים אשר בחלקם מסרטנים (כמו דיוקסין).

בתהליכי חימצון טבעיים משתתפים חמצן ומי חמצן, אשר משמשים כמחמצנים, אולם פעולתם דורשת השתתפות של אנזימים<sup>1</sup>, אחרת התהליכים איטיים מאוד.

במשך עשרות שנים ניסו כימאים לבנות מולקולות מלאכותיות קטנות, שיוכלו לחקות את פעולות מולקולות האנזימים הגדולות. הבעיה הייתה פיתוח מולקולות אשר תהיינה עמידות בפני התגובות ההרסניות שהן בעצמן מזרזות. כל תגובה כימית, שבה מעורב חמצן, עשויה להיות הרסנית מפני שהקשרים אשר החמצן יוצר עם יסודות אחרים (במיוחד עם מימן) הם קשרים חזקים מאוד.

בחקר מבנה של אנזימים טבעיים נמצא, כי כדי ליצור זרז פעיל יש צורך בהצבת אטום ברזל בלב מערך של קבוצה אורגנית כדי שתעמוד בתגובה החריפה שעלולה להיווצר משפעול מי החמצן. הפתרון נמצא באמצעות בניית זרז מלאכותי, אשר במרכז המולקולה שלו אטום ברזל המוקף בארבעה אטומי חנקן במבנה דמוי ריבוע. אטומי החנקן קשורים לאטום הברזל, הגדול מהם בהרבה, באמצעות קשרים קוולנטיים. האטומים הקטנים, המקיפים את אטום המתכת המרכזי במבנה מסוג זה, קרויים ליגנדים. הליגנדים מחוברים זה לזה כך שהם יוצרים טבעת חיצונית. טבעת זו משמשת מעין חומת מגן מפני התגובה החריפה של מי החמצן. ככל ש"החומה" מחזיקה מעמד זמן רב יותר – הזרז יעיל יותר. אולם, חשוב מאוד שהזרז המלאכותי גם יתפרק ולא יצור בעיית זיהום חדשה של מי השפכים. לכן, יצרו זרזים כאלה אשר זמן הפירוק שלהם נע בין כמה דקות לכמה שעות. מנגנון הפעולה של זרזים אלה עדיין לא ברור. אחת ההשערות היא, שהמטען החיובי של אטום הברזל שנוצר בשלבי פעולת הזרז, מאפשר למולקולה להשמיד את המזהמים.

הזרזים נבדקו ונמצאו יעילים ביותר. כך למשל, כאשר הם הוכנסו לשפכים של מפעלי נייר, הם הבהירו את צבע המים והורידו את רמת החומרים המסוכנים. החוקרים מקווים, שבעתיד ישמשו הזרזים לטיהור מי שתייה ולסילוק זיהומים מהתקפות של טרור ביולוגי.

מקור:

קפאן, א. (2006). מולקולות ירוקות קטנות, סינטיטיק אמריקן ישראל, יולי, 52-59.



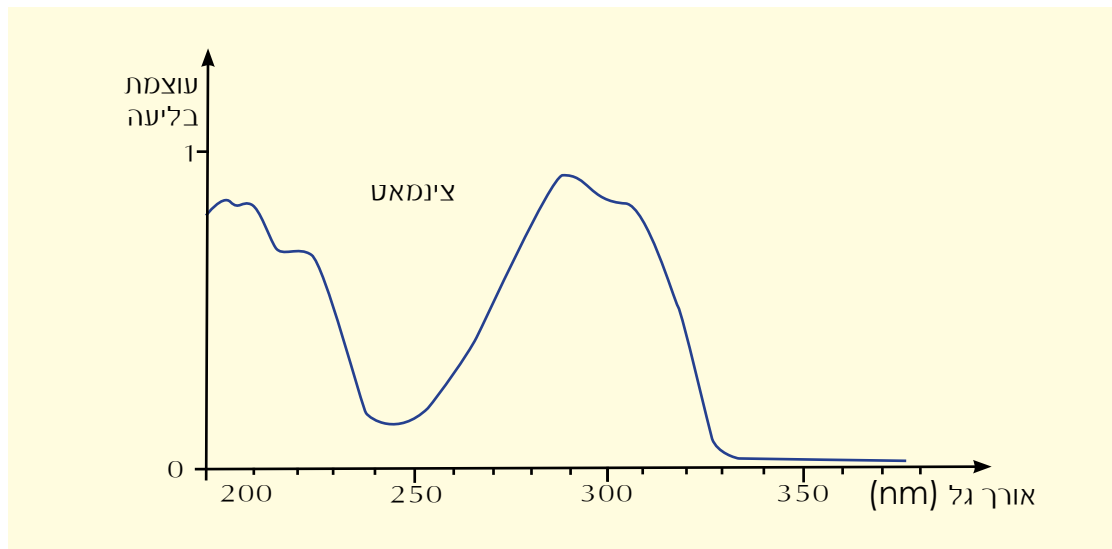
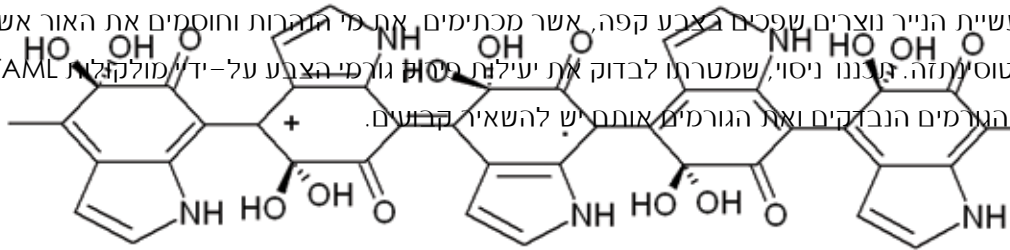
\* אנזים – חלבון המשמש כזרז של תהליכים כימיים ביצורים חיים.



## שאלות למחשבה ודין

1. נסחו שתי שאלות המתעוררות בעקבות קריאת המאמר.
2. מה המשותף לחמצן, כלור ומי חמצן? נמקו את תשובתכם במונחי חימצון-חיזור.
3. טיהור מים באמצעות כלור גורם ליצירת מזהמים קשים. טיהור באמצעות מי חמצן לא גורם לכך.
  - א. תוצרי הפירוק של מי חמצן הם מים וחמצן. נסחו את התהליך וציינו מי המחזר מי החמצן בתהליך.
  - ב. תהליך פירוק מי החמצן איטי ולכן יש צורך בזרזים. מדוע לדעתכם, מנסים המדענים ליצור את מולקולות ה-TAML ולא ליצור אנזימים דומים לאלו הטבעיים?
4. נגזרת של מי חמצן, בה אחד מאטומי המימן מוחלף בקבוצה כימית המורכבת מאטום פחמן מרכזי הקשור לשלוש קבוצות מתיל ( $\text{CH}_3$ ), מסוגלת לנטרל חיידקים כדוגמת חיידקי האנטרקס.
  1. ציירו נוסחת מבנה לנגזרת זו.
  2. אלו יישומים יש לגילוי זה?

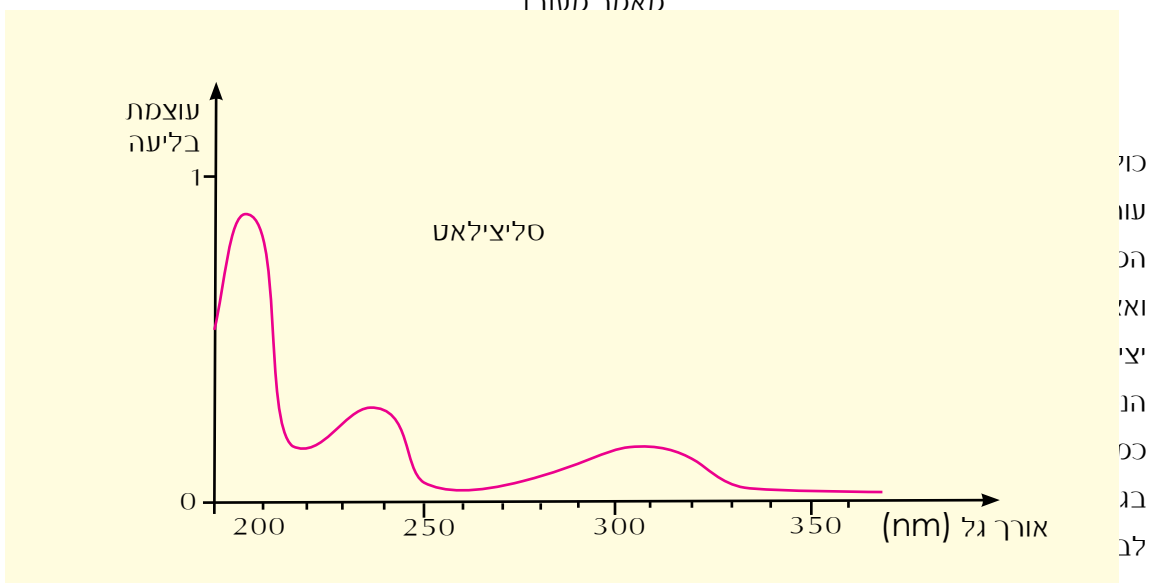
5. בתעשיית הנייר נוצרים שפכים בצבע קפה, אשר מכתימים את מי הנהרות וחוסמים את האור אשר דרוש לפוטוסינתזה. מצננו ניסוי, שמטרתו לבדוק את יעילות גורמי הצבע על-ידי מולקולת TAML. פרטו את הגורמים הנבדקים ואת הגורמים אומם יש להשאר קבועים.







### מאמר מעורר



לשמש ואילו בכחי עור הוא נוצר כל הזמן. כמוות המלנין הנוצרות אצל בהירי עור, גם לאורך חשיפה לשמש, היא מעטה באופן יחסי והמלנין מתפזר רק בשכבות התחתונות של האפידרמיס\*. לעומתם, אצל כהי עור נמצאת כמות גדולה בהרבה של מלנין, המפוזר בכל שכבות האפידרמיס. הבדל נוסף הוא, שכהי העור מסוגלים לייצר מלנין מסוג מיוחד (אאומלנין), שהוא יעיל יותר בחסימת קרני השמש מאשר המלנין הנוצר בעור הבהיר. כ-10% מבהירי העור, כלל אינם מסוגלים לייצר מלנין ולאחר חשיפה לשמש הם יאדימו ולא ישתזפו.

המלנין בולע חלק מהקרינה האולטרה סגולה, UV, ובכך הוא מגן עלינו מנזקי קרינה, כגון הזדקנות העור וסרטן עור. נמצא, כי באיזור קו המשווה, אנשים שהם כהי עור, כמעט אינם חולים בסרטן עור לסוגיו. לעומתם, אצל בני הגזע הלבן החיים בהוואי מצוי השיעור הגבוה ביותר של סרטן העור בארצות הברית.

כאשר אנו נחשפים לשמש, מגבירים המלנוציטים את ייצור המלנין ועורנו נעשה כהה יותר – לתופעה זו אנו קוראים שיזוף. השיזוף מתרחש בשני שלבים: שיזוף ראשוני, שהוא קצר מועד ועליו אחראי המלנין, נמצא סמוך לפני השטח של העור. שיזוף זה נגרם בעיקר על ידי קרני UVa שאורך הגל שלהם הוא 320-400 ננומטר\*\*. השלב השני הוא השיזוף הקבוע, הממושך יותר, שנגרם כתוצאה מחשיפה לקרני UVb (אורכי גל 290-320 ננומטר), המעודדות בנייה של מלנין חדש ופיזורו בכל שכבות העור. כדי להגן על עורנו מפני קרינת השמש, נפוץ לאחרונה השימוש בתכשירים מסנני קרינה אשר תפקידם הוא לבלוע את הקרינה לפני הגעתה למלנין שבעור. בתחילה סברו, שרק קרינת UVb אחראית לשיזוף ועל כן השתמשו בתכשירים אלו בחומרים הבולעים רק קרינה זו, ביניהם החומרים Cinnamate ו-Salicylate.

בייצור תכשירים מסנני קרינה, בנוסף לבחירת החומרים בולעי קרינה, יש גם חשיבות לכמות החומר

\* אפידרמיס - השכבה החיצונית של העור  
\*\* ננומטר -  $10^{-9}$  מטר

אשר יש למבוח כדי שיתפקד כמסנן קרינה, למידת עמידותו במים, לתופעות לוואי א גרמות לעור עקב השימוש בו ולהשפעה שלו על בגדים. לכל אחד מהחומרים: Cynnamate ו - Salicylate, יש יתרונות וחסרונות בתחומים שהוזכרו. בשנים האחרונות, מוסיפים לתכשירי ההגנה מפני קרינת השמש גם חומרים בולעי קרינת UVa כגון: Benzophenones.

רעיון מדעי מעניין התפרסם לפני כעשור, ולפיו כמות גבוהה של מלנין בעור מעידה על אינטליגנציה גבוהה. טענה זו מתבססת על כך שתרכובת המלנין מצויה לא רק בעור אלא גם במוח. רעיון זה שנוי במחלוקת, כיוון שתפקיד המלנין במוח אינו ידוע. לעומת זאת, נחקר רבות המנגנון האחראי לייצור מלנין, הגורם להבדלים בצבע העור.

#### מקורות:

[http://www6.snunit.k12.il/heb\\_journals/galileo/008042.html](http://www6.snunit.k12.il/heb_journals/galileo/008042.html)

<http://www.matar.ac.il/zmanim/sun/sun6.asp>

<http://www.iskin.co.il/Index.asp?ArticleID=91&CategoryID=83&Page=1>

<http://www.tightrope.it/nicolaus/link%2023.htm>

<http://dermatology.about.com/cs/skincancers/a/uvaabsorb.htm>

<http://www.factmonster.com/ipka/A0193630.html>

להרחבה על מסנני קרינה:

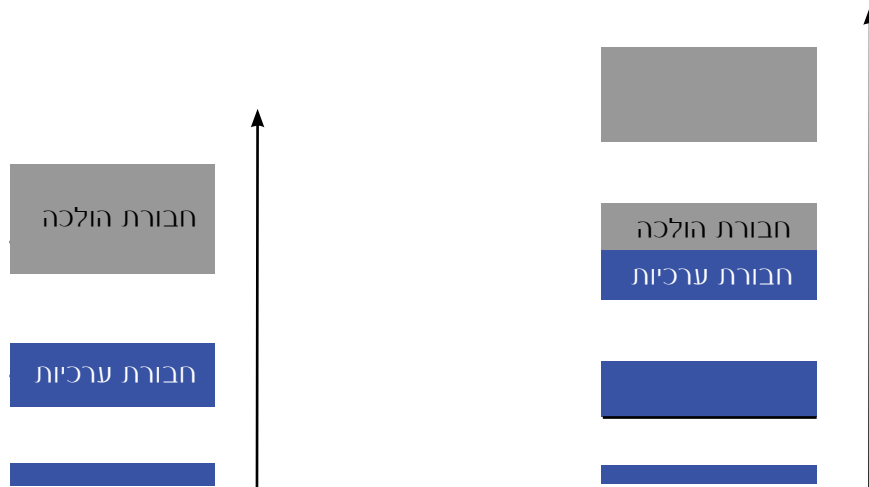
<http://www.factmonster.com/ipka/A0193630.html>

## שאלות למחשבה ודין

1. א. מהו שיזוף? האם השיזוף הוא בריא לעור? הסבירו.  
ב. איזה סוג של שיזוף מסוכן יותר: הראשוני או הקבוע? נמקו.
2. א. איזו קרינה מסוכנת יותר לעור: קרינת UVa או קרינת UVb? הסבירו.  
ב. בישראל גבוה יחסית מספר האנשים החולים בסרטן העור. נסו לשער מדוע.
3. קרינת השמש עלולה להזיק כאשר נחשפים אליה לזמן ארוך, אך לקרינה גם חשיבות ביולוגית להפעלת מנגנון ליצירת ויטמין D החיוני לבניית עצמות.  
א. הסבירו מדוע לאנשים החיים באיזורים הצפוניים עור בהיר, שיער בהיר ועיניים בהירות.  
ב. הסבירו מדוע בני אדם בעלי עור שחור, הנוודים לארצות צפוניות, עלולים לחלות במחלה הנקראת רככת.  
4. המלנין הוא פולימר המקנה לעורנו צבע כהה. לפניכם נוסחה של מלנין:

- א. סמנו על פני המולקולה את החלקים האחראים להופעת צבע עור כהה.  
ב. באילו תחומי אורך גל בולע חומר שחור? הסבירו.
5. לפניכם ספקטרום בליעה של שני מסנני הקרינה אשר הזכרו במאמר:





- א. באילו תחומים של אורכי גל בולע כל אחד מהחומרים? (התייחסו גם לעוצמת הבליעה).  
 ב. איזה מבין מסנני הקרינה מגן טוב יותר מפני קרינת UVb? נמקו.

6. חברה המייצרת מסנני קרינה ביצעה את הניסוי הבא:

- על גבו של כל אחד ממשותפי הניסוי סומן מלבן. חצי מהמלבן נמרח במסנן קרינה והחצי השני לא. כל המלבן הוקרן במנורת UV במשך זמן קצוב.  
 א. מה הייתה שאלת החקר אותה רצו לבחון בניסוי?  
 ב. אילו גורמים נוספים הייתם מציעים לחברה המייצרת את מסנן הקרינה לבדוק?  
 ג. האם היית משתתף/פת בניסוי כזה? נמק/י.

## כוח ממוזער - סוללות ננומטריות בפעולה

קשה מאוד לתאר את חיינו היום ללא הסוללות החשמליות. סוללות רגילות מאבדות בשנה בין 7 ל-10 אחוזים מכוחן לפעול גם כשאין פעילות. כדי להקטין תופעה זו, יוצרים מחיצה בין האלקטרודות לתמיסת האלקטרוליט בסוללה, דבר הגורם ליצירת סוללות גדולות ומגושמות. הדבר מהווה בעיה במיוחד בסוללות המשמשות לצרכים צבאיים ורפואיים.

לאחרונה, יוצר אב טיפוס של ננו-סוללה, שמשתמשת - מיזעור מקורות הכוח למימדיהם של הרכיבים האלקטרוניים. מלבד גודלה המזערי, לסוללה הננומטרית יש יתרונות נוספים: חיי המדף שלה ארוכים במיוחד, היא איננה מאבדת מכוחה והיא יכולה להישאר במצב "רדום" במשך 15 שנה לפחות ולספק מיד עם הפעלתה מחדש אנרגיה בעוצמה גבוהה.

איך הושגו היתרונות הללו? מה מיוחד בסוללות החדשות?

הסוללה הננומטרית מאופיינת בשילוב טכנולוגיות: הטכנולוגיה הקלאסית ליצור סוללות, הטכנולוגיה לייצור שבבי סיליקון וטכנולוגיה לייצור עדשות מיקרו נזליות במצלמות הטלפונים הניידים.

הרעיון לפיתוח הסוללות הננומטריות הגיע מתעשיית מצלמות הטלפון, שבהן פועלות עדשות מיקרו נזליות. אלה עדשות, שעשויות מטיפות קטנות של נוזל שהמצב שלהן משתנה כתגובה למתח חשמלי. עקב שינוי המתח, המשטח עובר מצב שבו הוא הידרופובי במידה קיצונית (תכונה זו קרויה על הידרופוביות\*) למצב הידרופילי. תופעה זו נקראת הרטבה חשמלית\*\* (electrowetting).

בעזרת טכנולוגיה, אשר פותחה על בסיס היכרות בת עשרות שנים עם צורן,  $Si_{(s)}$ , בתעשיית שבבי המיקרואלקטרוניקה, ניתן לייצר היום עמודים על-הידרופוביים ברוחב ננומטרי\*\*\*, הניתנים להרטבה חשמלית.

הסוללות המקובלות כיום בנויות משתי אלקטרודות הנתונות בתמיסת אלקטרוליט. סגירת המעגל החשמלי מתאפשרת הודות למעבר אלקטרונים מהאנודה לקתודה דרך תמיסת האלקטרוליט.

הסוללה הננומטרית בנויה ממשטח צורן,  $Si_{(s)}$ , שאליו מחוברות אנודה של אבץ,  $Zn_{(s)}$  וקתודה של מנגן דו-חמצני,  $MnO_{2(s)}$  כדי לשמור על הסוללות לתקופה ממושכת, מפרידים את האלקטרוליט מן האלקטרודה בעזרת ממברנה ננומטרית בעלת נקבוביות בגודל 20 מיקרון\*\*\* ודפנות דקות ברוחב 600 ננומטר בצורה של חלת דבש. הממברנה עשויה צורן,  $Si_{(s)}$ , מצופה שכבת צורן דו-חמצני,  $SiO_{2(s)}$  ופולימר של פחמן פלואורי. הממברנה ממוקמת על האלקטרודות ומשמשת כחיץ בין לבין תמיסת האלקטרוליט

\* על הידרופוביות - "התכרות" של טיפות מים עקב יצירת קשרי מימן בין לבין עצמן ואי יצירת קשרים עם המשטחים השומניים על גבי משטחים על הידרופוביים הטיפות מתכרות באופן מושלם ובכך מקטינות את האינטראקציה עם המשטחים.

\*\* הרטבה חשמלית - electrowetting - עקב שינוי במתח החשמלי, משטח שהוא הידרופובי בצורה קיצונית הופך להיות

\*\*\* ננומטר =  $10^{-9}$  מטר. מיקרון =  $10^{-6}$  מטר.

$ZnCl_2(aq)$  אבץ כלורי, הנמצאת מעליה \*\*\*\*. ציפוי הממברנה בפולימר של הפחמן הפלואורי יוצר משטח הידרופובי ביותר וגורם לטיפות האלקטרוליט "להתכדר". במצב זה נמנעת האינטראקציה בין האלקטרוליט לממברנה, הנוזל אינו יכול לעבור דרכה אל האלקטרודות והסוללה איננה פעילה. כאשר רוצים להפעיל את הסוללה, משתמשים בהרטבה חשמלית: מפעילים מתח חשמלי על פני הנוזל, המשטח ההידרופובי הופך להיות הידרופילי והטיפות משתטחות. תהליך זה מאפשר לאלקטרוליט לחדור דרך הממברנה, לכסות את האלקטרודות, ורק אז נוצר מגע חשמלי בין האלקטרודות והסוללה מופעלת.

#### מקורות:

צירלס קצ'וי (2006). כוח ממוזער, סינטיטיק אמריקן ישראל, חוברת יוני-יולי.

[http://www.hayadan.org.il/BuildaGate4/general2/data\\_card.php?U=no&SiteName=hayadan&ItemID=503990911&ValuePage=Product](http://www.hayadan.org.il/BuildaGate4/general2/data_card.php?U=no&SiteName=hayadan&ItemID=503990911&ValuePage=Product)

## שאלות למחשבה ודין

1. הסבירו מדוע בחרו מפתחי הסוללות הננומטריות לשלב טכנולוגיה של ייצור מוליכים למחצה, למרות שהסוללה פועלת באמצעות תגובות דומות לאלו של סוללה רגילה?
2. פרטו את התכונות הייחודיות לסוללות הננומטריות.
3. הסבירו כיצד פועלת הסוללה הננומטרית.
4. א. הסבירו מה גורם לטיפות מים "להתכדר" על משטח הידרופובי.  
ב. לפניכם מספר חומרים היכולים לשמש כמשטחים (או לצפות משטחים) בסוללה ננומטרית. באלו מהם תתרחש התופעה של "התכדרות" טיפות המים ובאלו מהם טיפות המים "ישתטחו"? הסבירו.  
שמן מאכל, צורן דו חמצני -  $SiO_2(s)$ , פוליאיתילן -  $(C_2H_4)_n$  כלורופורם -  $CHCl_3$ .
5. בעזרת הסכימה הבאה, רשמו הערכות אלקטרונים לאטום הצורן. הוסיפו את סימולי האורביטלים המתאימים.

\*\*\*\* ציור של תבנית הסוללה הננומטרית תוכלו לראות במאמר המקורי. פולימר פחמן פלואורי:  $(C_2F_2 - C_2F_2)_n$  פולימר הדומה במבנהו לטפלוין.

6. א. במאמר מוזכרים מספר יסודות ותרכובות הקשורים בייצור סוללות ננומטריות. מיינו אותם למוליכים, מבודדים, ומוליכים למחצה – והסבירו את בחירתכם.  
ב. לפניכם שתי דיאגרמות פסים. התייחסו לשני היסודות המוזכרים במאמר והתאימו לכל אחד מהם את הדיאגרמה המתאימה. נמקו את בחירתכם.

דיאגרמה 2

דיאגרמה 1

7. היכנסו לאתר הבא:

<http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-2998563,00.html>

קראו את החלק הראשון של המאמר (עד הפסקה "ליצור כנף מושלמת") וענו על השאלות הבאות:  
א. מהי הננוטכנולוגיה ובמה היא עוסקת?  
ב. על פי המאמר, אילו חידושים ניתן יהיה להשיג בטכנולוגיה זו?

### **חומר לקריאה נוספת להעשרה:**

תופעת הרטבה החשמלית – electrowetting

<http://bios.ewi.utwente.nl/research/micronanofluidics/oldmicro-nanofluidicsprojects/electrowetting.doc/index.html>

### **אתרים כלליים בנוטכנולוגיה:**

<http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-2998563,00.html>  
<http://biotech.ort.org.il/scripts/frame.asp?pc=198901146>

## מיצוי DNA מעצמות - במקום טביעת אצבעות

במכון לרפואה משפטית נהוגה שיטה למיצוי DNA מעצמות לצורך פענוח מעשי פשע. השיטה איפשרה להבדיל בין אנשים שונים שנהרגו באותו אירוע ולזהות אותם. אבל כשעלה צורך לזהות גנטית עצמות ברמת שימור ירודה, כמו עצמות של אנשים שמתו עשרות שנים לפני הזיהוי והוצאו מקברן לצורך בדיקה, התבררו מגבלות השיטה. מקטעי ה-DNA שהתקבלו בבדיקה היו קצרים מדי ופגועים, באופן שלא איפשר את זיהוי המתים.

כדי שאפשר יהיה לקבוע באופן אמין את רצף ה-DNA בעצמות, הוא צריך להשתמר בצורתו המקורית. אבל כשאדם (או כל יצור אחר) מת, ה-DNA שלו מתפרק ומשתנה בחלוף הזמן. לכן כמות ה-DNA שאפשר להפיק מעצמות עתיקות מעטה. קצב הפירוק של ה-DNA מהיר יותר בנוכחות חמצן, לחות גבוהה, חום ותקיפה של חיידקים ופטרייות. לכן, בתנאי האקלים השוררים במרבית שטחי ישראל, עלול להיגרם למולקולת ה-DNA נזק רב עם הזמן. לעתים הנזק רב כל כך, שכבר אחרי 50 שנות קבורה קשה ביותר לקבוע מהו הרצף המקורי של ה-DNA.

פרופ' סטיב וינר ממכון ויצמן למדע, פירסם לפני כ-20 שנה מאמר, שבו דיווח כי במינרלים שהתגבשו לסלעים נמצאו צברי עצמות (Bones crystals) בממדים של ננומטרים<sup>\*</sup>, שתכולתם המולקולרית אינה נפגעת גם כשטוחנים את העצמות לאבקה. בתוך צברים אלו, נמצאו מולקולות של החלבון קולגן שלא נפגעו גם כשאבקת העצם טופלה באקונומיקה. לעומת זאת, כל החומר האורגני, שהיה מחוץ לצברי המינרל, הושמד בתוך זמן קצר. צפיפות המולקולות המצויות בצברים רבה כל כך, שאפילו חלקיקי האקונומיקה לא הצליחו לחדור לגביש ולא פגעו בקולגן.

על בסיס זה, נערך מחקר במכון ויצמן, אשר בחן האם בתוך הצברים המרכיבים את העצמות לכודות גם מולקולות ה-DNA ולא רק קולגן. השערת המחקר הייתה, שמכיוון שאקונומיקה מפרקת בתוך זמן קצר את כל ה-DNA שבא אתה במגע, היא תהרוס את כל ה-DNA הזר שנספח לעצם לאחר המוות. גם ה-DNA הפגוע בעצם, שנחשף לאורך השנים לתנאי סביבה הרסניים, ייפגע בעקבות החשיפה לאקונומיקה. ההנחה הייתה, שרק ה-DNA הלכוד בצברי העצמות מוגן גם מהשפעת הסביבה וגם מהאקונומיקה וחילוץ מתוכם יאפשר קבלת תוצאות אמינות. ההשערה נבדקה תחילה בעצמות טריות של פרה וחזיר. כדי לבחון אם בעצמות לכוד ה-DNA ואם הוא יכול להיפגע על ידי אקונומיקה, חסכו העצמות הטריות לאבקה ונחשפו לאקונומיקה. בבדיקה של צברי עצמות של פרה וחזיר בסלעי מינרלים, התקבל DNA, שהרצף שלו מתאים ל-DNA שמקורו בעצמות טריות של פרה וחזיר. כדי להוכיח שהאקונומיקה לא פגעה ב-DNA הלכוד בגושי המינרל, מוצה גם ה-DNA מכלל העצם של אותם בעלי חיים בשיטות המקובלות למיצוי DNA מעצמות. התברר, שרצפי ה-DNA מכלל העצם היו זהים לאלו שהתקבלו מתוך צברי עצמות בסלעי מינרלים.

\* ננומטר -  $10^{-9}$  מטר



כך הוכיחו החוקרים, כי האקונומיקה אינה חודרת את צברי העצמות בסלעי המינרלים ואינה פוגעת ב-DNA הלכוד בהם.

במאמר, שפירסמו בספטמבר 2005 בכתב העת המדעי PNAS, דיווחו החוקרים, כי שיטה חדישה זו למיצוי DNA מקורי שהשתמר בצברים של עצמות עתיקות, פותחת פתח לקבלת מידע גנטי אמין. השיטה החדשה תאפשר לבצע שיחזור של האבולוציה, יחסים בין אוכלוסיות, ומחלות בבעלי חוליות, כולל בני אדם. השיטה גם תאפשר לחוקרים בתחום הרפואה המשפטית להפיק מידע איכותי מעצמות, שעד כה היה קשה עד בלתי אפשרי להסתמך עליהן לצורך בירור שאלות משפטיות.

#### מקורות

שפירא ר. (2006). פותחה שיטה לבדוק DNA בן אלפי שנים. עיתון הארץ. מקור:

[http://www.bambili.com/bambili\\_news/katava\\_main.asp?news\\_id=15139&sivug\\_id=5](http://www.bambili.com/bambili_news/katava_main.asp?news_id=15139&sivug_id=5)  
Salomon, M., Tuross, N. Arensburg, B & Weiner, S. (2005). Relatively well preserved DNA is present in the crystal aggregates of fossil bones. Proceedings of the National Academy of Science (PNAS), 102 (39), 13783-13788. <http://www.pnas.org/>

## שאלות למחשבה ודין

1. במאמר מוזכרת שיטה מסוימת לחילוץ וזיהוי DNA מעצמות. באילו תנאים השיטה טובה לשימוש בזיהוי DNA ומהן מגבלותיה?
2. על פי המאמר שקראתם ציינו מהם הגורמים המזרזים פירוק של DNA.
3. א. הקולגן הינו חלבון נפוץ בגוף האדם. ציינו מספר מקומות בגוף האדם בהם מצוי חלבון זה.  
ב. מולקולות הקולגן מורכבות בעיקר מהחומצות האמיניות גליצין, אלנין, ופרולין. רשמו את נוסחות המבנה של המולקולות של חומצות אמיניות אלו.  
ג. האם לדעתכם הקולגן מסיס במים? הסבירו את תשובתכם.
4. אקונומיקה,  $\text{NaOCl}_{(aq)}$ , נתרן תת-כלוריתי, הינה תמיסה מימית המשמשת כחומר מחמצן חזק.  
א. הסבירו מדוע האקונומיקה היא מחמצן חזק.  
ב. מדוע, על פי הכתוב במאמר, לא נפגע הקולגן גם כשאבקת העצם טופלה באקונומיקה?
5. תארו בסכימה את שלבי המחקר המתוארים במאמר והסבירו כל שלב. התייחסו להשערה, למהלך המחקר ולמסקנותיו.
6. להלן קטע מרצף ה-DNA שהתקבל מעצמות של פרה במחקר זה:

GAATTACCTACGCAAGGGGTAATGTACATAACATTAAGTAATAATT

- א. בתהליך התעתוק נוצרת מולקולת RNA שליח. רשמו את שרשרת הבסיסים המתקבלת (שימו לב שבמולקולות ה-RNA הבסיס תימין אינו מצוי).
- ב. בתהליך התרגום מתקבלת שרשרת פוליפפטידית. רשמו את שרשרת החומצות האמיניות הנוצרות (שימו לב שתהליך התרגום מתחיל רק עם קוד פתיחה (AUG)).























































