

## שריפה שלמה ושריפה בלתי שלמה

### כרטיס זיהוי של הפעילות

	<b>הפעילות משתלבת</b>
משאב האוויר, מערכות אקולוגיות.	<b>בנושא</b>
תהליכים הגורמים לזיהום האוויר כמו שרפת דלקים. חומרים שיכולים להזיק לאדם ולסביבה.	<b>ברעיון /תכנים</b>
תהליך שריפה, שריפה שלמה, שריפה בלתי שלמה, גזי חממה, פחמן דו חמצני, פחמן חד-חמצני, פיח, ערפיח, תופעת "אפקט החממה" התגברות "אפקט החממה"	<b>מושגים קרובים לנושא</b>
ניסוי במעבדה	<b>סוג הפעילות</b>
תצפית ופרשנות, הסקת מסקנות	<b>מיומנויות</b>
פעילות מקורס מורים מובילים במדעי הסביבה תשע"ב בריכוזה של רבקה משגב. עיבוד במסגרת המרכז הארצי למורי ביולוגיה ולמורי מדעי הסביבה.	<b>הפעילות מבוססת על</b>

### דפים לתלמיד

### דפים למורה

### רשימת כלים וחומרים

## שריפה שלמה ושריפה בלתי שלמה

### דפים לתלמיד

בניסוי נראה שריפה של גז ביסול בשני מצבים: שריפה שלמה - כשאספקת החמצן למבער היא מקסימלית, ושריפה חלקית - כשאספקת החמצן למבער היא חלקית. כדי שנוכל לראות חלק מתוצרי השריפה, נקרב ללהבה עדשה עמידה לחום גבוה.

### הוראות עבודה

#### חלק א

- א. הדליקו את המבער.
- ב. שימו לב לצבע הלהבה, ותארו אותה בשאלה 1 שבהמשך.
- ג. החזיקו את העדשה עם האטב וקרבו אותה אל הלהבה במרחק של כ- 10 ס"מ כדקה. אם חל שינוי על גבי העדשה תארו אותו בתשובה לשאלה 2 שבהמשך.

#### חלק ב

- ד. סגרו מעט את פתח כניסת האוויר במבער. חזרו על השלבים ב ו-ג.

#### לחלק א

1. תארו את צבע הלהבה.
2. האם חל שינוי על גבי העדשה לאחר שקרבתם אותה למרחק של כ- 10 ס"מ מהלהבה? אם חל שינוי תארו אותו.
3. מהו הנוזל שהתעבה על גבי העדשה?

#### לחלק ב

4. האם חל שינוי בצבע הלהבה? מהו השינוי?
5. תארו מה קרה על גבי העדשה?
6. א. מה היה המשתנה הבלתי תלוי בניסוי? איך שינינו אותו?  
ב. מה היה המשתנה התלוי בניסוי? איך מדדנו אותו? הסבירו מדוע דרך המדידה שנבחרה מתאימה למדידת המשתנה התלוי?  
ג. מה הייתה הבקרה בניסוי?  
ד. האם היו חזרות בניסוי?

7. א. מהם המגיבים בתהליך השריפה בשני חלקי הניסוי שערכנו?  
ב. הסבירו את ההבדל בתוצאות של שני חלקי הניסוי. התייחסו להבדל במגיבים, ולתוצרי השריפה. ציינו איזה תהליך התרחש בכל אחד מחלקי הניסוי.
8. האם נקבל את אותן תוצאות אם נשרוף חומר אחר?
9. היכן עוד מתקיימים תהליכי נשימה שלמה? מה ההבדל ביניהם?
10. על סמך הניסוי, מהי לדעתכם הסיבה להמלצה לאורר חדרים בהם דולקים תנורים כמו:  
תנורי גז ונפט המחממים עם אש פתוחה?
11. שריפות ענק ביערות מלוזות בפליטת פיח רב והרבה CO<sub>2</sub>.  
א. הסבר את פליטת הפיח בשריפת יערות.  
ב. מה עשויות להיות ההשפעות של שרפות כאלו על הסביבה.
12. הגז CO<sub>2</sub> הנפלט בשריפה מכונה גם "גז חממה", והוא תורם לקיומו של אפקט החממה.  
מהו אפקט החממה? ומהי חשיבותו?
13. שרפת יערות ושימוש בדלקים בתעשייה ובתחבורה גורמות לעלייה ברמת ה-CO<sub>2</sub> באטמוספירה, להתגברות אפקט החממה ולהתחממות כדור הארץ. הסבירו היגד זה, ואת תרומתו של כל אחד משני המרכיבים לעליית רמת ה-CO<sub>2</sub>.

## דפים למורה

### מטרת הפעילות

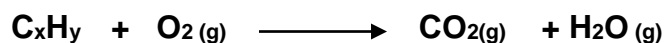
- הכרת תהליכי שריפה: שריפה שלמה ושריפה בלתי שלמה.
- בעקבות ביצוע הניסויים ניתן לקיים דיון שיעסוק באבחנה ברורה בין תצפית למסקנות; מה ניתן ומה לא ניתן להסיק מתוצאות ניסוי.
- להבין את הקשר בין תהליך שריפה ל: זיהום אויר, גזי חממה, פחמן דו-חמצני, פחמן חד חמצני, פיח, ערפיח, תופעת "אפקט החממה" התגברות "אפקט החממה".

### שיטת העבודה

בניסוי נבדקת שרפת גז בישול בשני מצבים: שריפה שלמה - כשאספקת החמצן למבער היא מקסימלית, ושריפה חלקית - כשאספקת החמצן למבער היא חלקית. כדי שהתלמידים יוכלו לראות את תוצרי השריפה, לוכדים אותם בניסוי בעזרת עדשה (עליה מצטברים אדי המים והפיח הנוצרים כתוצאה משריפת הגז).

### רקע עיוני/מדעי

שריפה היא תגובה כימית של חומר (דלק) עם חמצן -  $O_2(g)$  המתרחשת תוך פליטת אנרגיה בצורה של אור וחום. בתהליכי שריפה רבים חומר הבעירה הוא אורגני. כלומר חומר הבעירה הוא תרכובות המכילות בעיקר אטומי פחמן - C ומימן - H (לפעמים בנוסף גם חמצן - O, חנקן - N, גופרית - S ועוד). בתהליך שריפה שלמה, כמות החמצן מספיקה לשריפת כל החומר והתוצרים תמיד יהיו גז פחמן דו חמצני ( $CO_2(g)$ ) ואדי מים ( $H_2O(g)$ ):



הפקת האנרגיה בגופנו, הנעשית בתהליך הנשימה התאית, היא דוגמה לשריפה שלמה, ונפלטים בה פחמן דו-חמצני ואדי מים.

כאשר כמות החמצן אינה מספקת, תהליך השריפה אינו מלא, ונוצרים גם תוצרים חלקיים (כפי שרואים בנוסחה). תוצרים אלו ידועים כמזהמי אוויר.



**פיח** - C (s) הפיח, המורכב מאטומי פחמן בלבד, הוא למעשה אבקת פחם הנפלט כתוצאה מבערה לא מושלמת של חומר אורגני, שכתוצאה ממנה נותרים גרגרי פחמן זעירים שלא הפכו לפחמן דו-חמצני. צבעו של הפיח שחור. והוא נוצר בעיקר משרפת דלק במנועים ובתחנות כוח ומשרפת פחם או עץ בתנורי הסקה.

זהו אחד החומרים שמתתפים בתופעת "ערפיח לונדון".

**פחמן חד חמצני** -  $CO_2(g)$  זהו גז חסר צבע ורעיל מאד. פעילות האדם התורמת לפליטתו לאוויר כוללת שרפת עצים להסקה, שרפת דלק לתחבורה ותהליכים תעשייתיים. עשן הסיגריות מכיל גם הוא כמות גדולה של פחמן חד-חמצני. הוא נקשר להמוגלובין בדם במקום מולקולות החמצן ולכן לא מאפשר העברת חמצן הדרוש לנשימה אל תאי הגוף. אם נושמים גז זה בריכוזים גבוהים בזמן שריפה מתים מחנק.

**הפחמן הדו חמצני** -  $CO_2$  נמצא באוויר אמנם בריכוזים נמוכים (0.035%), אך הוא חיוני לחיים על פני כדור הארץ. הצמחים קולטים אותו מהאוויר ובתהליך הפוטוסינתזה הם בונים ממנו תרכובות אורגניות החיוניות לקיומן. ל- $CO_2$  יש גם חשיבות רבה ביותר כגז חממה, והוא תורם לקיומו של אפקט החממה.

**אפקט החממה** הוא תהליך בו אנרגיית חום מקרינת השמש המוחזרת מהאדמה נלכדת בשכבת גזים שבאטמוספירה (גזי חממה) ולא מוחזרת לחלל. זוהי תופעה טבעית היוצרת תנאי טמפרטורה נוחים, המאפשרים חיים על פני כדור הארץ.

בתהליכי שריפה נפליטים לאטמוספירה גזים שונים ביניהם פחמן דו חמצני, אדי מים תחמוצות חנקן. גזים אלה נקראים "גזי חממה".

כאשר עולה ריכוז ה- $CO_2$  באטמוספירה, כתוצאה מתהליכי שריפה מרובים (תעשייה, תחבורה, ועוד) שכבת הבידוד של כדור הארץ גדלה, וחום לא יכול להיפלט לחלל. תופעה זאת נקראת **התגברות אפקט החממה**, וכתוצאה ממנו הטמפרטורה בכדור הארץ עולה. להתגברות אפקט החממה יש השפעות סביבתיות שליליות רבות, והמדינות המתקדמות מנסות להילחם בה בדרכים שונות.

## הערות והמלצות למורה

- יש לשים לב שבחלק הראשון של הניסוי התלמידים מקבלים להבה כחולה, ושאינן עשן.
- בשלב השני של הניסוי (שריפה חלקית), תלמידים מסבירים את השינוי בצבע הלהבה בכך שנגמר הגז במבער. **זוהי תפיסה שגויה!** צבע הלהבה הצהוב כתום מעיד על חוסר חמצן בתהליך.
- כשמסבירים על שריפה של חומרים אורגניים רצוי להסביר על תהליך הנשימה התאית, נשימה ארוכות ואנארוכית כתהליכי "שריפה" חימצון בגופם של יצורים חיים.
- ניתן לבצע את הניסוי כהדגמה לתלמידים (מחשש מהעיסוק באש ע"י התלמידים...)
- בשאלה 6 יש הזדמנות לדון על חזרות בניסוי. בניסוי עצמו אין חזרות, אך אם תלמידי הכתה בצעו את הניסוי ניתן להתייחס לתוצאות התלמידים השונים בכיתה כאל חזרות. במקרה כזה יש לסייג תוך ציון שמידת הפתיחה או הסגירה של פתח האוויר השתנה ממבער למבער, אך המגמה הייתה צריכה להיות דומה.
- ברשת האינטרנט ניתן למצוא כתבות ופעילויות הקשורות לפגיעה/מוות בשל תנורי גז (שאלה 11).  
להלן 2 דוגמאות: [כתבה](#) ; [פעילות](#).

## תשובות לשאלות

### לחלק א

1. תארו את הלהבה.  
יש לשים לב שבתצפיות התלמידים מתייחסים לצבע הלהבה, צבע הלהבה צריך להיות כחול וללא עשן.
2. האם חל שינוי על גבי העדשה כשקרבתם אותה למרחק של כ- 10 ס"מ מהלהבה? אם חל שינוי תארו אותו.  
אדים התעבו על גבי עדשת הזכוכית.
3. מהו הנוזל שהתעבה על גבי העדשה?  
אדי מים שנוצרו בתהליך השריפה.
4. האם חל שינוי בצבע הלהבה? מהו השינוי?  
צבע הלהבה הפך לכתום צהוב ובקצה הלהבה עשן שחור.
5. תארו מה קרה על גבי העדשה?  
הצטברות חומר מוצק שחור.
6. א. מה היה המשתנה הבלתי תלוי בניסוי? איך שינינו אותו?  
המשתנה הבלתי תלוי בניסוי היה כמות החמצן שסופקה לתהליך השריפה. שינינו אותו על ידי הקטנת הפתח לכניסת האוויר במבער הבונזן.  
ב. מה היה המשתנה התלוי בניסוי? איך מדדנו אותו?  
המשתנה התלוי בניסוי היה מידת השריפה של הגז. מדדנו אותו על פי צבע הלהבה, על פי אדי המים ועל פי הפיח השחור שהם חלק מתוצרי הבערה.  
ג. מה הייתה הבקרה בניסוי?  
הבקרה בניסוי היא על בסיס השוואה בין שני הטיפולים.  
ד. האם היו חזרות בניסוי?  
לא היו חזרות על הניסוי (אלא אם כן הניסוי נעשה על ידי כמה קבוצות תלמידים - ראו הערה למורה).

7. א. מהם המגיבים בתהליך השריפה בשני חלקי הניסוי שערכנו?  
המגיבים הם חומר הבעירה שהוא גז הבישול (בוטאן) וחמצן.
- ב. הסבירו את ההבדל בתוצאות של שני חלקי הניסוי. התייחסו בתשובתכם להבדל במגיבים, ולתוצרי השריפה. ציינו איזה תהליך התרחש בכל אחד מחלקי הניסוי.
- בחלק א': המגיבים היו: גז וחמצן בכמות מספקת. התוצרים הם פחמן דו חמצני ואדי מים. הלהבה הייתה כחולה והשתחרר חום. העובדה שהלהבה הייתה כחולה ולא הצטבר פיח רומזת שהיה די חמצן והתרחש תהליך שריפה שלמה.**
- בחלק ב': המגיבים היו גז וחמצן בכמות מופחתת. התוצרים הם אדי מים, פחמן חד חמצני, ופיח. הצטברות הפיח והלהבה הצהובה מעידים על כך שהתרחש תהליך שריפה בלתי שלמה.**
8. האם נקבל את אותן תוצאות אם נשרוף חומר אחר?  
התוצאות תהיינה אותן תוצאות אם נשתמש במקורות דלק אחרים כמו למשל: עצים, פסולת, נפט.
9. היכן עוד מתקיימים תהליכי נשימה שלמה? מה ההבדל ביניהם?  
תהליך נשימה אירובי הוא תהליך שריפה שלמה. ההבדל הוא שבגופם של יצורים חיים אין זה מתבטא בלהבה אלא רק בפליטת חום. תהליכי נשימה בתנאים אנארוביים הם תהליכי שריפה לא שלמה ותוצריהם מכילים חומרים רעילים כגון: גז מתאן, גז אמוניה ועוד.
10. על סמך הניסוי, מהי לדעתכם הסיבה להמלצה לאוורר חדרים בהם דולקים תנורים כמו: תנורי גז ונפט המחממים עם אש פתוחה?  
הסיבה להמלצה היא להעשיר את החדר בחמצן, ולהקטין את הצטברות הגזים פחמן דו חמצני וחד חמצני.
11. שריפות ענק ביערות מלוות בפליטת פיח רב, הגורם ל"ערפיח".  
א. הסבר את פליטת הפיח בשריפת יערות.  
ב. מה עשויות להיות ההשפעות של שרפות כאלו על הסביבה.  
א. פיח הוא תוצר של שריפה לא שלמה. כנראה בשרפת יער אין די חמצן להשלמת הבעירה.  
ב. שרפות אלו גורמות לזיהום אויר וזיהום קרקע.
12. הגז CO<sub>2</sub> הנפלט בשריפה מכונה גם "גז חממה", והוא תורם לקיומו של אפקט החממה. מהו אפקט החממה? ומהי חשיבותו?  
אפקט החממה הוא תהליך הילכדות באטמוספירה של אנרגיית חום המוחזרת מכדור הארץ. אפקט החממה הוא תופעה טבעית. הוא יוצר תנאי טמפרטורה נוחים, המאפשרים חיים על פני כדור הארץ.

**13. שרפת יערות ושימוש בדלקים בתעשייה ובתחבורה גורמות לעלייה ברמת ה- $CO_2$**   
באטמוספירה, **להתגברות אפקט החממה ולהתחממות כדור הארץ.** הסבירו היגד זה,  
ואת תרומתו של כל אחד משני המרכיבים לעליית רמת ה- $CO_2$ .  
הגברה של אפקט החממה נגרמת כנראה בשל העלייה בריכוז ה- $CO_2$  ובשל העלייה  
במזהמים אחרים באטמוספירה. כריתת יערות גורמת לכך שפחות  $CO_2$  ייקלט  
מהאטמוספירה על ידי הצמחים, ושימוש בדלקים בתעשייה ובתחבורה הם תהליכי שריפה  
בהם נפלטת כמות משמעותית של  $CO_2$ . כמויות ה- $CO_2$  המצטברות באטמוספירה  
מגדילות את שכבת הבידוד של כדור הארץ, חום לא יכול להיפלט לחלל והטמפרטורה  
בכדור הארץ עולה.

### **רשימת כלים וחומרים**

מבער גז (מקור לחומר אורגני לבערה – גז בישול)  
שתי עדשות עמידות לחום גבוה (אש ישירה)  
אטב מעץ