

### נושא מס' 3. משאב האוויר

**מבוא:** הבעיה הסביבתית

האוויר הוא משאב חיוני לקיום החיים בביוספירה. הוא דרוש לתהליכי הנשימה והפוטוסינתזה ומשמש מעטפת המסננת ומגינה על היצורים בכדור הארץ מפני קרינה מזיקה. האוויר הוא גורם מרכזי בעיצוב האקלים והנוף על פני כדור הארץ. מאז המהפכה התעשייתית, משאב זה הולך ומזדהם. השימוש בטכנולוגיות להפקת אנרגיה, לייצור מוצרים ולהפעלת כלי תחבורה גורם לפליטת מזהמים לאוויר, הגורמים נזקים ישירים ועקיפים לאדם, לצמחים, לבעלי החיים ולסביבה הדוממת. האוויר הנקי הוא משאב מתכלה, וכדי להקטין את הפגיעה בו למען המשך קיום החיים על פני כדור הארץ, דרושה פעילות ברמה מקומית וגלובלית מטעם ממשלות, מוסדות, ארגונים ויחידים.

#### מטרות

התלמידים יפתחו הבנה של מושגים, עקרונות ותהליכים בנושא "משאב האוויר" ויהיו מסוגלים להשתמש בהם בהתמודדות עם בעיות בנושאי סביבה הקשורים לאוויר ובקבלת החלטות. התלמידים:

- יכירו את מבנה האטמוספירה, את הרכב האוויר ואת חשיבותו לקיום תהליכים בכדור הארץ.
- יבינו את הקשיים בהגדרה של אוויר מזוהם.
- יכירו ויתנסו בדרכי מדידה של מזהמים באוויר.
- יכירו את הגורמים ויבינו את התהליכים המעורבים בזיהום האוויר.
- יבינו את השפעותיהם המזיקות של מזהמים באוויר על האדם, על מערכות אקולוגיות, על מבנים וחומרים.
- יבינו את התופעות הכלל-עולמיות הקשורות בזיהום אוויר (התדלדלות האוזון, אפקט החממה, גשם חומצי).
- יכירו את מגוון הדרכים והאמצעים בתחומים שונים (טכנולוגיה, חקיקה, ניהול סביבתי, חינוך והסברה) להתמודדות עם זיהום האוויר ונזקיו.

#### מושגי-קדם

ההנחה היא שמושגי-הקדם הנחוצים ללימוד הנושא "משאב האוויר" נלמדו במסגרת נושא החובה "מערכות אקולוגיות ומגוון ביולוגי" ובמסגרת מקצועות אחרים בתחומי מדעי החומר, מדעי החיים ומדעי כדור הארץ. בשעת הצורך יש לחזור עליהם. המושגים הם אלה:

יסוד, מולקולה, תרכובת, תערובת, חומר אורגני, חומר אנאורגני, חומצה, תחמוצת, דרגת הגבה (pH), חמצון, חיזור, אנרגיה (מקורות, סוגים, המרות), פעפוע (דיפוזיה), אוויר, אקלים, לחות, משקעים, טמפרטורה, רוחות, קרינה (בליעה, החזרה, פליטה), מזג אוויר, טופוגרפיה, מחזורי חומרים, נשימה (חמצנית אל-חמצנית), מערכת נשימה, קנה, סימפונות, ריאות, נאדיות, המוגלובין, פוטוסינתזה, פירוק ביולוגי, חיידקים, מפרקים.

פירוט התכנים והמושגים (רמה רגילה)

| תת-נושא                     | התכנים  | המושגים  |
|-----------------------------|---|--|
| משאב האוויר:<br>הרכב וחיבות | <ul style="list-style-type: none"> <li>הרכב האוויר באטמוספירה של כדור הארץ, מקור החומרים שבאוויר, השתנות הרכב האוויר בשכבות השונות של האטמוספירה.</li> <li>חיבות חומרים שבאוויר לקיומם של החיים (נשימה, פוטוסינתזה) ושל תהליכים בסביבה הדוממת (עיצוב הנוף והאקלים).</li> </ul>  | <p>אטמוספירה,<br/>טרופוספירה,<br/>מזוספירה,<br/>סטרטוספירה,<br/>תרמוספירה,<br/>יונוספירה.</p>  |
| הגורמים לבעיה<br>הסביבתית   | <ul style="list-style-type: none"> <li>גורמים עיקריים לזיהום האוויר בסביבה החיצונית ובבתים: גורמים טבעיים (הרי געש, סופות חול, גרגירי אבקה), גורמים תוצר האדם (מפעלים, תחנות חשמל, כלי רכב, אתרי פסולת, מחצבות, הסקה ביתית, בישול, עישון).</li> <li>מזהמי אוויר נפוצים ומקומות היווצרותם: תחמוצות פחמן (CO, CO<sub>2</sub>), תחמוצות גפרית (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>), תחמוצות חנקן (NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO), נדיפות (VOC); פחמימנים, מתן, כלורו-פלורו-קרבוניס (CFC), חלקיקים מוצקים; אבק, גרגירי אבקה, עטרן, עופרת, מחמצנים; אוזון.</li> <li>הבחנה בין מזהם ראשוני ומזהם משני.</li> <li>הקשר בין תנאי מזג אוויר (רוחות, טמפרטורה, משקעים, טופוגרפיה) ובין רמת זיהום האוויר.</li> </ul>   | <p>דלק מחצבי (פוסילי),<br/>זיהום אוויר,<br/>מזהמים ראשוניים,<br/>מזהמים משניים,<br/>תרכובות אורגניות<br/>נדיפות, חלקיקים<br/>מוצקים, חומרים<br/>מחמצנים, עישון<br/>פסיבי, עשפל, פלומה,<br/>שרפה.</p> <p>אטמוספירה יציבה.</p> |
| הנזקים לאדם<br>ולסביבה      | <ul style="list-style-type: none"> <li>תחלואה ותמותה באדם: מחלות בדרכי הנשימה, הרעלות כתוצאה משאיפה של גזים רעילים (כגון: חד-תחמוצת הפחמן, כלור, נגזרות ארסן).</li> <li>השפעות הגשם החומצי: נזקים לצמחייה, פגיעה במערכות אקולוגיות מימיות.</li> <li>נזק לחומרים, מבנים, אתרים היסטוריים.</li> <li>עלויות חברתיות כתוצאה מהנזקים.</li> <li>דלדול שכבת האוזון הסטרטוספרי, ההשפעות על מערכות החיים על פני כדור הארץ.</li> <li>התחממות האטמוספירה (התגברות אפקט החממה), ההשלכות על מערכות שונות על פני כדור הארץ.</li> </ul>  | <p>גשם חומצי.<br/>עלויות חיצוניות.<br/>"חור באוזון", קרינת UV (על-סגולה).<br/>אפקט (תוצא) חממה,<br/>גזי חממה, קרינת IR (תת-אדומה).</p>   |
| דרכי התמודדות               | <ul style="list-style-type: none"> <li>הדרכים העיקריות להפחתת זיהום האוויר: <ul style="list-style-type: none"> <li>אמצעים טכנולוגיים כגון: מסננים בארובות, ממיר קטליטי במנוע הרכב, דלקים דלי-גופרית, תחליפים לכלורו-פלואורו-קרבוניס.</li> <li>אמצעי ניטור: מה בודקים והיכן?</li> <li>חוקים ותקנות: חוקים הקשורים לזיהום האוויר בישראל, חוק רישוי עסקים, חוק למניעת מפגעים, תקנים למזהמים נפוצים ומשמעות של חריגה מהתקן.</li> <li>תכנון וניהול: תכנון שימושי קרקע, הפרדה בין אזורי מגורים ומקורות זיהום פוטנציאליים (תחבורה, מפעלים וכדומה), ניהול אמצעי תעבורה (תחבורה ציבורית).</li> <li>אמנות והסכמים בינלאומיים: הגבלת הפליטה של גזי חממה, הגבלה ומניעה של שימוש בחומרים הפוגעים בשכבת האוזון.</li> <li>חינוך והסברה כגון: עידוד לחיסכון באנרגיה, שימוש בתחבורה ציבורית, שימוש בתרסיסים המכילים תחליפים לחומרים הפוגעים בשכבת האוזון.</li> </ul> </li> </ul> | <p>ניטור, ממיר קטליטי,<br/>סמן ביולוגי<br/>(אינדיקטור).<br/>חוק, תקנה.<br/>אמנה.</p>   |

**פירוט התכנים והמושגים (רמה מוגברת)**

| תת-נושא   | תכנים   | מושגים  |
|---|---|---|
| <p align="center"><b>הרכב משאב האוויר</b></p>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>● השתנות הרכב האטמוספירה של כדור הארץ מאז היווצרותו.</li> <li>● השינויים בלחץ האוויר ובטמפרטורה עם העלייה בגובה בשכבות האטמוספירה.</li> </ul>  | <p>מפל טמפרטורה.</p>  |
| <p align="center"><b>הגורמים לבעיה הסביבתית</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● התהליכים הכימיים והפיזיקליים הגורמים לזיהום האוויר: שרפה, פירוק ביולוגי, תהליכים פוטוכימיים, התנדפות.</li> <li>● הקשר בין הרכב דלקים (בנזין, סולר, מזוט) ופעולת מנועים (בנזין, דיזל) לבין פליטת מזהמים.</li> <li>● תהליכים אטמוספריים ותנאים טופוגרפיים המשפיעים על מידת הפיזור והסילוק של מזהמים באוויר.</li> <li>● הבדלים בין מדינות מתפתחות ומדינות מפותחות בסוגי המזהמים ובכמויות הפליטה לאוויר.</li> </ul>  | <p>ערפיח (עשפל) פוטוכימי, ערפיח (עשפל) תעשייתי, שרפה שלמה, שרפה בלתי שלמה, תהליך פוטוכימי.</p> <p>אינוורסיית רום, אינוורסיית קרקע.</p> <p>מדינה מפותחת, מדינה מתפתחת.</p> |
| <p align="center"><b>הנזקים לאדם ולסביבה</b></p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● הבנת התהליכים הכימיים, הפיזיקליים, הביולוגיים והחברתיים הקשורים לנזקי זיהום האוויר:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- השפעת מזהמים (כגון: חד-תחמוצת הפחמן, עופרת, אוזון, גרגירי אבקה) על מערכות בגוף האדם, נזקים בריאותיים אקוטיים וכרוניים.</li> <li>- היווצרות הגשם החומצי והשפעת החומציות על תהליכים בצמחים ועל מערכות אקולוגיות ביבשה ובמים.</li> <li>- תהליכי חמצון וקורוזיה.</li> <li>- פירוק האוזון הסטרטוספרי על ידי הלונים וכלור-פלוואורו-קרבוניס.</li> <li>- קרינת uv והשפעותיה המזיקות על מערכות חיים.</li> <li>- המודלים המוצעים להסבר פעולתם של גזי החממה בהגברת אפקט החממה והתחממות כדור הארץ.</li> <li>- עלויות כלכליות הנובעות מנזקי זיהום האוויר, כגון הוצאות בריאותיות, אבדן ימי עבודה, פגיעה בדגה ובגידולים חקלאיים, נזק למבנים ולחומרים.</li> </ul> </li> </ul> | <p>קורוזיה.</p> <p>עלויות חברתיות, עלויות חיצוניות.</p>   |
| <p align="center"><b>דרכי התמודדות</b></p>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● הכרה והבנה של העקרונות, התהליכים ודרכי הפעולה להפחתת זיהום האוויר:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- אמצעים טכנולוגיים: הכרת עקרונות פעולה של אמצעים טכנולוגיים להפחתת הזיהום (כגון: מסננים, קולטנים, ממיר קטליטי), השוואה בין חלופות שונות, לדוגמה השוואה בין מנועים שונים (מימן, חשמל, גז).</li> <li>- חוקים ותקנות: השלכות כלכליות-חברתיות, התקינה בנושא מזהמי אוויר, אמצעי הבקרה והאכיפה.</li> <li>- תכנון וניהול: השיקולים השונים בתכנון פרויקטים בעלי השלכות על איכות האוויר (לדוגמה בתחום התחבורה), תסקירי השפעה על הסביבה, מסחר ברישיונות זיהום.</li> <li>- אִמְנוֹת והסכמים: ההבחנות בין מדינות מפותחות ומדינות מתפתחות בעת חיבור אמנות והסכמים בין-לאומיים.</li> </ul> </li> </ul>  | <p>מסננים, קולטנים.</p>   |

## הצעות לפעילויות

- מדידות פשוטות של מזהמים באוויר במקומות שונים בסביבה (כגון: צומת סואן, חניון, אזור תעשייתי, שכונת מגורים, שדה פתוח).
- ניתוח כמותי של נתוני פליטות מזהמים לאוויר שנאספו מתחנות ניטור.
- ניתוח של מחקרים ושל אירועים מקומיים וגלובליים בתחום נזקי זיהום האוויר.
- ניסויים לבדיקת השפעות של תחמוצות גופרית ומזהמים אחרים על צמחים.
- שימוש בחזזיות כאינדיקטורים ביולוגיים לזיהום אוויר.
- סיורים בתחנת ניטור, בתחנת חשמל, במפעל המשלב טכנולוגיות לצמצום הזיהום, במכון לרישוי רכב.