**איכות האוויר**

 **חוברת סיכום**

בחוברת זאת משולבים סיכומים המבוססים על מבניות מוט"ב ועל חוברות פנימיות שנערכו בבתי ספר שונים. אנו מודים לכל מי שתרם להכנת הסיכום.

**אוויר**

**מהו אוויר?**

כדור הארץ מוקף מעטה של גזים הקרוי אטמוספירה.

תערובת הגזים באטמוספרה מכונה "אוויר"

78% מהאוויר זהו גז החנקן(N2).

21% מהאוויר זהו גז החמצן(O2).

1% גזים שונים וביניהם פחמן דו- חמצני(CO2).

רב הגזים שבאוויר הם חסרי צבע וריח.

בנוסף לגזים אלו מצויים באוויר גם חומרים אחרים: אדי מים, חלקיקים של פיח ושל אבק ועוד.

עובייה של מעטפת הגזים סביב כדור-הארץ מגיע למאות קילומטרים, אבל האוויר שאנו נושמים נמצא רק בשכבה דקה יחסית (15 קילומטרים) בחלק התחתון של האטמוספרה שקרוב לכדור-הארץ.

**הרחבה**

מעטפת האוויר שמעלינו, האטמוספרה, אינה שכבה אחידה. כאשר אנחנו עולים ומתרחקים מפני כדור הארץ אנחנו מגלים שהרכב האוויר משתנה בהדרגה ושבאזורים שונים יש לאוויר האטמוספרה תכונות שונות. על פי התכונות השונות נהוג לחלק את האטמוספרה לארבע שכבות או קליפות של אטמוספרה.

חשוב לציין שאי אפשר לראות בעין את השכבות הללו. החלוקה הזו מתייחסת לאופי השונה של אזורים באטמוספרה כשעולים ומתרחקים מפני כדור הארץ.

השכבה הסמוכה לכדור הארץ – המגיעה לגובה 18-12 ק"מ מעל פני הקרקע נקראת **טרופוספרה**. בשכבה זו מתחוללים השינויים במזג האוויר וכן רוב מזהמי האוויר הנפלטים על פני כדור הארץ נותרים בשכבה זו. חשוב לציין שמרבית היצורים החיים מתקיימים רק בשכבה זו.

**הסטרטוספרה** מגיעה עד לגובה 50 ק"מ מעל פני האדמה וכוללת בתוכה את שכבת האוזון שלה תפקיד חשוב בסינון הקרינה האולטרה סגולה המגיעה מהשמש.

**מזהמי אוויר מקורם והשפעתם על האדם והסביבה**

. **זיהום אוויר** הוא מצב שבו יש באוויר תרכובות, בצורת גז, נוזל או חלקיקים מוצקים קטנים, בריכוז שיכול להשפיע לרעה על יצורים חיים או על חומרים ומתקנים בשימוש האדם.

מזהמים המגיעים לאוויר ישירות ממקור הזיהום נקראים **מזהמים ראשוניים** – למשל חלקיקי פיח ופחמן דו-חמצני הנוצרים בעת שריפה.

מזהמים אחרים הנקראים **מזהמים שניוניים-** אלו נוצרים מתהליכים שונים שבהם לוקחים חלק חומרים שנפלטו לאוויר. למשל תחמוצות חנקן ותרכובות פחמימניות הנפלטות ממפעלי תעשיה וכלי תחבורה עוברים בהשפעת קרינת השמש תהליכים כימיים שבמהלכם נוצר הגז אוזון (O3 )שהוא מזהם שניוני.

1. **פחמן חד-חמצני(CO)**

פחמן חד-חמצני הוא גז חסר צבע וריח, הנוצר בעיקר משרפת דלק עם כמות בלתי מספקת של חמצן (שרפה לא שלמה) במנועים של כלי רכב (לכן מתרכב עם הפחמן רק אטום חמצן אחד ולא שניים כמו בפד"ח).

**הנזקים**

החשיפה לפחמן חד-חמצני מסוכנת. הוא חודר דרך הריאות למערכת הדם ופוגע בהובלת החמצן בגוף. הפחמן החד חמצני נקשר להמוגלובין במקום החמצן, כך לא מגיע חמצן לתאי הגוף. חשיפה לכמויות קטנות של פחמן חד-חמצני גורמת לסחרחורות, לבחילות, לכאבי ראש, לפגיעה בערנות ועוד. חשיפה לכמויות גדולות, שיכולה להתרחש באזורים סגורים, עלולה לגרום להרעלה חריפה - לאובדן הכרה ואף למוות מחנק.

הסכנה העיקרית לפגיעה מפחמן חד-חמצני היא בבית. כיוון שגז זה חסר צבע, חסר ריח וחסר טעם - אנו עלולים לא לחוש בו, כאשר הוא נפלט ממכשירים ביתיים, כגון: תנורים לחימום או בישול, המבוססים על שרפה של דלק או של גז. לכן, חשוב מאוד להקפיד שחלונות יהיו פתוחים, כאשר מכשירים אלה פועלים ויש לבדוק מדי פעם שמערכות החימום וההסקה בבית תקינות.

1. **תחמוצות חנקן (NOx)**

שרפת דלק במנועים של כלי רכב , תעשייה ובתחנות כוח יוצרת טמפרטורות גבוהות מאוד (3000-1600 מעלות צלזיוס). בטמפרטורות אלה החנקן שבאוויר מגיב עם החמצן שבו, והתוצאה היא תרכובות של חנקן עם חמצן - תחמוצות חנקן.

**הנזקים :**

1. פגיעה במערכת הנשימה של האדם ובע"ח.
2. פגיעה בחקלאות (צמחייה).
3. תחמוצות חנקן יוצרות גשם חומצי. (על הנזקים של הגשם החומצי יפורט בהמשך)
4. בריכוזים גבוהים יכולות תחמוצות החנקן לחדור למערכת הדם ולהתחבר להמוגלובין ובכך למנוע אספקת חמצן סדירה לגוף.
5. תחמוצות חנקן משתתפות ביצירת ערפיח פוטוכימי ויצירת המזהם השניוני אוזון.

 **3. תחמוצות גופרית- SOX**

תחמוצות גופרית נוצרות באופן טבעי בהתפרצויות של הרי געש. ובשרפת פחם ודלק המכילים גופרית: בחומרים אלה משתמשים בעיקר בתחנות כוח, בבתי זיקוק, ומפעלי תעשייה שונים.

**הנזקים**

1. פגיעה בריאותית – צריבה בעניים ופגיעה במערכת הנשימה .
2. תחמוצות גופרית יוצרות גשם חומצי. (נזקים של הגשם החומצי בהמשך)
3. תחמוצות גופרית הן אחד הגורמים העיקריים ליצירת הערפיח העירוני (ראו בהמשך).

כיום משתדלים להשתמש בסוגי דלק ופחם, שכמות הגופרית בהם נמוכה (דלי גופרית), או בגז טבעי. ואכן, פליטת תחמוצות הגופרית לאוויר פחתה, אם כי הבעיה לא נפתרה לגמרי.

1. **אוזון**

מולקולה אחת של אוזון מורכבת משלושה אטומים של חמצן (O3).

הגז אוזון נמצא באופן טבעי גבוה באטמוספרה ב"שכבת האוזון". האוזון מונע חדירת קרינת העל-סגולה(UV) המגיעה מהשמש ומסוכנת ביותר. (מידע על תופעת התדלדלות שכבת האוזון בהמשך)

אוזון כמזהם

כאשר **אוזון נמצא סמוך לפני כדור-הארץ** - כלומר, באוויר שאנו נושמים - הוא **מזהם אוויר** רעיל!

היווצרות האוזון: האוזון הוא מזהם שניוני הנוצר כתוצאה מתגובות כימיות שעוברים תחמוצות חנקן ופחמימנים בחשיפה לקרינת שמש.

**נזקי האוזון:**

1. גירוי ניכר בעיניים ובאף.

2. פגיעה במערכת הנשימה-פגיעה ביעילות פעולת הריאות, הגברת אסטמה, הגברת רגישות למזהמים שונים במערכת הנשימה.

5.**פחמימנים** (הרחבה)

פחמימנים הם תרכובות של מימן עם פחמן. מקורם של רוב הפחמימנים באוויר הוא טבעי: כאשר יצורים חיים מתים, משתחרר גז מתאן, והוא המקור העיקרי לפחמימנים באוויר.

פעילות האדם יוצרת סוגים רבים של פחמימנים, ביניהם חומרים העלולים להזיק לבריאות. פחמימנים אלה נוצרים בעיקר משרפה לא שלמה (שרפה עם כמות בלתי מספקת של חמצן) של דלק במנועי רכב או מהתאדות של דלק. צינור הפליטה (ה'אגזוז') של מכוניות, למשל, פולט יותר מ200- פחמימנים שונים! גם תעשיות של פלסטיק, של צבעים ושל חומרים כימיים פולטות פחמימנים.

**הנזקים**

חלק מהפחמימנים הנפלטים לאוויר מכלי רכב וממקורות נוספים, עלולים להגביר את הסיכוי לחלות בסרטן ובמחלות קשות אחרות.

בנוסף, פחמימנים משתתפים ביצירה של האוזון המזיק- אשר גם לו השפעה שלילית על בריאותנו.

 6. **חלקיקים (הרחבה)**

זיהום האוויר הנראה מורכב מחלקיקים זעירים, הנישאים באוויר, שוקעים על עצמים בסביבה ונשאפים אל ריאותינו.

המקורות לחלקיקים הם מגוונים. ישנם מקורות **טבעיים** (כגון: סופות חול או אבקת פרחים), ויש חלקיקים המגיעים אלינו כתוצאה **מפעילויות האדם** (כגון: מחצבות, עשן מתנורי הסקה ביתיים ומתעשייה, שרפת דלק בכלי רכב ועוד).

**הנזקים**

החלקיקים חודרים אל גופנו דרך מערכת הנשימה, והם עלולים לגרום לגירויים ולקשיים בנשימה. החלקיקים הקטנים ביותר הם המסוכנים ביותר לבריאות, כי הם חודרים עמוק יותר למערכת הנשימה. אנשים בקבוצות סיכון הם, למשל: חולי קצרת (אסתמה), שהם רגישים במיוחד לחלקיקים באוויר.

**7.עופרת(הרחבה)**

רוב העופרת שבאוויר מקורה ברכב מנועי, ויתר העופרת מגיעה אל האוויר מן התעשייה. בעבר היו מוסיפים לדלק עופרת, כדי לשפר את תכונותיו. כיום, בעיקר תודות לטכנולוגיות חדשות, הופחתה תכולת העופרת בדלק, וכמות העופרת באוויר פחתה בצורה ניכרת.

**הנזקים**

ילדים רגישים לפגיעה מעופרת הרבה יותר ממבוגרים. ואכן, העופרת היא מזהם אוויר המזיק במיוחד לתינוקות ולילדים בגיל הרך.

חשיפה לחומר זה, אפילו לכמויות קטנות יחסית, עלולה לגרום להרעלת עופרת, והתוצאות עלולות להיות קשות: פגיעה במערכת העצבים, במערכת הדם ובכליות, פגיעה בייצור תאי דם אדומים, במח העצמות ועוד. בנוסף, חשיפה לעופרת עלולה להגדיל את הסיכויים לחלות בסרטן.

**טבלה מסכמת של סוגי המזהמים:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| סוג המזהם | נזק לבריאות | נזק לסביבה | מקור |
| חלקיקים (הרחבה) | סיכון למחלות נשימה ותופעות אלרגיה. | פגיעה בצמחים, הקטנת קצב הפוטוסינתזה והצמיחה. | תעשייה, כלי תחבורה, סופות, התפרצות הרי געש. |
| תחמוצות גופרית | גירוי העניים ודרכי הנשימה, מחלות נשימה, פגיעה בתפקודי הריאות. | גשם חומצי, פגיעה בצמחים , באגמים ויצורים ימיים. שחיקה של מבנים ופסלים משיש. | שריפת דלק בכלי תחבורה ותעשיה. הרי געש. |
| תחמוצות חנקן | החמרת מחלות בדרכי הנשימה, פגיעה בתפקודי הריאות. | גשם חומצי, פגיעה בצמחים , באגמים ויצורים ימיים. שחיקה של מבנים ופסלים משיש. | כלי תחבורה ותעשייה. |
| אוזון | גירוי העניים ודרכי הנשימה, מחלות נשימה, פגיעה בתפקודי הריאות, ומחלות לב. | פגיעה בצמחים, ירידה בצמיחה, פגיעה במבנים, דהיית צבעים. | נוצר מכלי תחבורה בעקבות תגובה פוטוכימית של מזהמי אוויר כמו תחמוצות חנקן ופחממנים בנוכחות קרינת שמש. |
| פחמן חד-חמצני | בריכוזים נמוכים-בחילה, סחרחורת, פגיעה בערנות. בריכוזים גבוהים- מוות מחנק פגיעה בהובלת חמצן בגוף. | פגיעה בצמחים ובבע"ח | שריפה בלתי שלמה של דלקים במכוניות, תנורי נפט ותעשיה. |
| פחממנים(הרחבה) | גרוי מערכת הנשימה, דמעות , מחלות סרטן. | CFC ודומיהם גורמים לפגיעה בשכבת האוזון | תעשיה ושריפה בלתי שלמה של דלקים |
| חלקיקי עופרת(הרחבה) | פגיעה בדרכי הנשימה, נזק למערכת העצבים, מחלות סרטן. | פגיעה בבע"ח. | כלי תחבורה ותעשייה |

**תופעות של זיהום אוויר**

**ערפיח לונדון(ערפיח עירוני)**

ערפיח= ערפל ופיח

ערפיח נוצר מצרוף של ערפל כבד ומזהמים הנפלטים בתעשייה בהם תחמוצות גופרית וחלקיקי עשן ופיח.

הסכנה מזיהום ע"י ערפיח חמורה במיוחד כאשר לערפל אין אפשרות להתפזר בקלות, כתוצאה מתופעה של מזג האוויר שנקראת **אינברסיה.(** אינברסיה=היפוך= ההפך מהמצב הרגיל.)

מצב של אינברסיה נוצר בדרך כלל בעמקים או באזור מישורי המוגבל בהרים. האינברסיה מתרחשת בעיקר בחורף, כאשר האוויר הקר אינו יכול לעלות וגם אינו יכול לנוע לצדדים. כאשר שכבת האוויר הקרובה לקרקע מזוהמת, במצב של אינברסיה אין תנועת אוויר אנכית – נוצר מצב של שתי שכבות אוויר שאינן מתערבבות זו בזו ובעיית הערפיח מחריפה.

המקרה המפורסם הראשון של תופעת הערפיח התרחש בשנת 1952 בלונדון .כתוצאה מהערפיח נגרמו, בנוסף להגבלת ראות חמורה, קשיי נשימה חמורים בעיקר בקרב מבוגרים וחולים. הערפיח בלונדון גרם למותם של 4000 איש במהלך ימי הערפיח ובהחמרה במצב הבריאותי של אלפים רבים אחרים.

**ערפיח פוטוכימי**

זוהי תופעה של זיהום אוויר הנראת כאובך חום-אפור המאפיין אזורים עירוניים המאוכלסים בצפיפות, אשר בהם תנועת כלי רכב רבה. הערפיח הפוטוכימי נוצר מתגובה בין מזהמים כגון פחמימנים ותחמוצות חנקן **בנוכחות קרינת שמש**, תגובה המובילה ליצירת חומרים מחמצנים כמו הגז אוזון.

**פתרונות טכנולוגיים לצימצום בעיית זיהום האוויר**

**ממיר קטליטי**

**ממיר קטליטי**-

 בשנים האחרונות שיפרו את מנועי כלי הרכב ע"י שימוש ב**"ממיר קטליטי",** הממיר הקטליטי, מתקן הממוקם בצינור הפליטה של המכונית, גורם לגזים המזהמים החודרים לתוכו (פחמן-חד-חמצני, תחמוצות חנקן ופחמימנים), לעבור תהליך מזורז של חמצון לקבלת פד"ח , חנקן ואדי מים שאינם מזהמים את האוויר.

**דלק דל-גופרית**-

שימוש בדלק המכיל אחוז נמוך של גופרית ישפיע על רמת תחמוצות הגופרית הנפלטות מתחנות כוח ומפעלי תעשייה. דלק המכיל 1% גופרית נקרא דלק דל-גופרית, ודלק המכיל 0.5% גופרית נקרא דלק דל-דל גופרית. בארץ קיימת מערכת בקרה הקובעת מתי תחנות הכוח חייבים לעבור מסוג דלק לסוג אחר. כאשר תנאי מזג האוויר מגבירים את הסכנה לזיהום אוויר, השירות המטאורולוגי מזהיר על כך, והיחידות לאיכות הסביבה נותנות הוראה לעבור לדלק דל גופרית.

**שימוש במקורות אנרגיה לא מזהמים**

ניתן להפיק אנרגיה תוך ניצול מקורות אנרגיה שאינם מזהמים כמו אנרגית שמש, אנרגית רוח, ואנרגיה של מים זורמים. הפקת אנרגיה ממקורות אלו אינה כרוכה בפליטת פד"ח ומזהמים נוספים שנפלטים בשרפת פחם ונפט .

הפקת אנרגיה מגז טבעי אומנם כרוכה בשחרור פד"ח אבל היא יעילה יותר, כמות הפד"ח הנפלטת קטנה יותר ונפלטים פחות חומרים מזהמים אחרים.

 **ארובות**

 בניית ארובות גבוהות, מעל גובה "שכבת האינברסיה" מצמצמת זיהום אוויר מתחנות כוח ומפעלים.

**פתרונות נוספים-חקיקה וחינוך**

בישראל קיימים חוקים ותקנות אשר מטרתן להביא לשיפור איכות האוויר. בשנת2011 נכנס לתוקפו חוק אוויר נקי המסדיר את הטיפול בגורמי זיהום אוויר בארץ. נקבעו תקנים הקובעים מה הריכוז המרבי המותר של מזהמים באוויר הפתוח ותקנים המגדירים כמות הגזים הנפלטים. קיים מערך ניטור המונה יותר ממאה תחנות המאפשר פיקוח ואכיפה של התקנים.

**תופעות של זיהום אוויר כלל עולמיות**

לעיתים, זיהום הנגרם בעקבות מעשה אדם במדינה אחת יגרום לפגיעה במדינה אחרת, קרובה או רחוקה. גם אם מדינה מקפידה שלא לפלוט מזהמים, עדיין היא עלולה להיפגע מתופעות מסויימות, הנגרמות כתוצאה מזיהום אוויר.

**דוגמאות לתופעות כאלה הן הגשם החומצי , התדלדלות שכבת האוזון ואפקט החממה**

**"גשם חומצי"**



**היווצרות הגשם החומצי**

כאשר טיפות הגשם עוברות באוויר, מתמוססים בהן גזים שונים כמו פחמן דו-חמצני וכן מזהמי אוויר נוספים כמו תחמוצות חנקן(NOX) ותחמוצות גופרית (SOX ) היוצרים חומצה. כאשר דרגת ה-PH של מי הגשם קטנה מ-5.5 נוצר גשם חומצי.

ככל שגדל היקף התיעוש ומתרבה השימוש בכלי רכב, כך גדלות כמויות של תחמוצות הגופרית והחנקן הנפלטות לאוויר וכתוצאה מכך גדלה כמות הגשם החומצי.

**הנזקים לאדם ולסביבה:**

1**. פגיעה במקורות מים**, פגיעה באגמים ותמותת דגים, הרעלת מי תהום עקב חילחול של מים חומציים ורעילים לתוך שכבת מי התהום.

2. **פגיעה בפוריות של שטחים חקלאיים ופגיעה ביבולים חקלאיים** - החמצת קרקעות חקלאיות – וע"י כך הפחתת כמות המזון.

3**. פגיעה בעצים, בצמחייה וביערות** - היווצרות "כוויות" על העלים.

4. **פגיעה במבנים ארכיאולוגיים ובפסלי שיש** עד כדי התפוררותם. החומצה מגיבה עם החומרים מהם עשויים קירות המבנים והפסלים העתיקים והורסת אותם.

**הגז פחמן דו חמצני ואפקט החממה**

CO2 הוא גז שהמולקולות שלו מורכבות משני אטומי חמצן הקשורים לאטום פחמן אחד.

**תהליכים שבהם משתתף פד"ח:**

תהליכים טבעיים – פחמן דו חמצני נוצר וניפלט בתהליכי שריפה ובתהליך הנשימה.

הגז פד"ח נקלט בתהליך הפוטוסינתזה

תהליך הקשור לפעולות האדם – פליטת פחמן דו – בשריפת חומרי-דלק לצורך הפקת אנרגיה בתחנות כוח, כלי תחבורה ומפעלים.

**עלייה בריכוז פד"ח באטמוספרה**

במאתיים השנים האחרונות חלה עלייה בריכוז הפד"ח באטמוספרה בקצב גובר, כך שכמות הפד"ח באטמוספרה כיום גדולה פי 1.5 מכמותו לפני מאתיים שנה.

הגרף המצ"ב מדגים את קצב העלייה בעשרות השנים אחרונות.

 **עלייה ב82% בריכוז הגז פחמן דו-חמצני באוויר משנת 1900 ועד 2000**

**גורמים לעליה בריכוז פד"ח:**

גורם 1: **עלייה** בריכוז בכמות הפד"ח הנפלט משריפת דלקים מכלי רכב או תעשיה. במהלך שריפת דלקים נפלטות כמויות גדולות של פד"ח לאטמוספרה ואלו גורמות לריכוז הפד"ח באוויר לעלות.

גורם 2: **ירידה** בריכוז בכמות הפד"ח הנקלט ע"י צמחים בתהליך הפוטוסינתזה.

בתהליך הפוטוסינתזה הצמחים קולטים מים ופחמן דו-חמצני ובעזרת אנרגיית אור השמש יוצרים גלוקוז ופולטים לאוויר חמצן. בעקבות כריתת יערות לצורך פיתוח אזורי מגורים, לצורך ניצול העץ ולצורך הכשרת הקרקע לגידולים חקלאיים, יש פחות צמחים מבצעי פוטוסינתזה ולכן חלה ירידה בקליטת הפחמן הדו חמצני .

גורם 3: **שריפת יערות** יזומה. שני תהליכים מתרחשים בעקבות השריפה: (1) עקב השריפה נפלטות כמויות גדולות של פד"ח לאטמוספירה וריכוזו עולה . (2) קטנה כמות הפד"ח הנקלטת מהאטמוספרה כי כמות הצמחים קטנה ובעקבותיו שיעור תהליך הפוטוסינתזה יורד.

**הדרכים בהן השינוי בריכוז הפחמן הדו-חמצני (CO2) משפיע על המערכת האקולוגית:**

1. עלייה בריכוז ה- CO2 באטמוספרה מביאה להגברת ההתחממות העולמית.(ראו בהמשך)

 **השפעות נוספות (הרחבה**)

1. עלייה בריכוז ה- CO2 באטמוספרה עלולה להגדיל את ריכוזו במים. הגברת התמוססות ה- CO2 במים [גורמת לעלית חומציות המים] עלולה לפגוע בחי ובצומח שבהם.
2. גידול הריכוז של ה- CO2 באטמוספרה ולעליית הטמפרטורה השפעה שונה על מינים שונים של בע"ח וצמחים [עלול להפר את האיזון בין מינים שונים].

**"אפקט החממה"**

קרינת השמש חודרת דרך האטמוספרה השקופה כקרינה בתחום האור הנראה, קרינת האור נבלעת בכדה"א, נפלטת כקרינה אינפרה אדומה(קרינת חום) אשר אינה יכולה להתפזר בחופשיות בחלל בשל נוכחות "גזי חממה" הבולעים את הקרינה. כתוצאה מכך עולה טמפרטורת האטמוספרה.

**חשיבות אפקט החממה**: לאפקט החממה חשיבות רבה ביותר. ללא "אפקט החממה" הייתה הטמפ' הממוצעת על פני כדור הארץ 18- מעלות צלזיוס ולא 15 מעלות כפי שהיא למעשה. רוב צורות החיים בכדור הארץ לא היו יכולות להתקיים בטמפרטורה של 18- מעלות צלזיוס.

**הסבר התופעה:**

השמש פולטת קרינה של "אור נראה" (קרינה היא סוג של אנרגיה).

רוב הקרינה **עוברת דרך** האטמוספרה (האטמוספירה היא גוף שקוף) .

הקרינה פוגעת בכדה"א. חלק מהקרינה **מוחזרת** חזרה וחלק **נבלע.**

הקרינה שנבלעת מומרת לחום, בעקבות התחממות פני השטח נפלטת קרינה "אינפרא אדומה"

הקרינה האינפרה אדומה הנפלטת לא מתפזרת במלואה בחלל, מכיוון שהיא נבלעת ע"י מולקולות

של "גזי חממה" המפוזרות באטמוספרה. גזי חממה מתאפיינים בכך שהם בולעים קרינה אינפרה אדומה. כתוצאה מכך הם מתחממים ומחממים גם את סביבתן. הקרינה הנפלטת מהמולקולות של גזי החממה גם היא בתחום האינפרה אדום מתפזרת לכל הכיוונים, חלקה נפלט לחלל וחלקה מוחזר לכיוון כדור הארץ.

**גזי החממה**

לא כל גז הוא גז חממה הבולע קרינת חום

גזי החממה העיקריים הם**:**

**אדי-המים**-לאדם אין השפעה ישירה על ריכוז אדי המים.

**פחמן דו חמצני**- גז זה אחראי לכ-55% מאפקט החממה. לפעולות האדם השפעה רבה ביותר על ריכוז גז זה.

**מתאן** (CH4) נפלט בתהליכי ריקבון של חומרים אורגנים, הנגרם על-ידי פעילות חיידקים בתנאים של חוסר חמצן. המתאן נפלט גם ממערכת העיכול של פרות וכבשים. להגדלת הגידול של צאן ובקר השפעה על כמות המתאן באטמוספרה ועל הגברת אפקט החממה

**קיימים גזי חממה נוספים** שכמותם באטמוספרה קטנה ולכן השפעתם היחסית קטנה יותר.

**ההתחממות העולמית**

הטמפרטורה הממוצעת של פני כדה"א בים וביבשה נמצאת במגמת עליה**.**

במאה השנים האחרונות עלתה הטמפרטורה הממוצעת בערך במעלה**.**

**לעליית הטמפרטורה השפעות חזויות מרובות**:

1. **התכת קרחונים-**עליית הטמפרטורה הממוצעת של כדור הארץ בכמה מעלות תגרום להתכת קרחונים ולעליית מפלס האוקיאנוסים ב 65 – 35 ס"מ - קיימת סכנה חמורה **להצפת שטחים מישוריים** ונמוכים בעולם .

 2. **התעצמותן והתרבותן של תופעות אקלימיות קיצוניות -** כמו שיטפון, בצורת, סופות.

3. **השפעה שונה על החקלאות באזורים שונים** - צפויה פגיעה קשה באזורי גידול החיטה הגדולים של ארצות הברית (אסם התבואה העולמי) בשל הפחתה בכמות המשקעים באזורים אלו והתגברות תופעת הבצורת.

 ~~4~~. **צפויה עליה בתחלואה** במלריה ובמחלות עור שונות המועברות ע"י יתושים, זבובים וחרקים - זאת עקב התפשטות של חרקים וטפילים שונים, שפוגעים באדם ובחקלאות, מהאזור הטרופי אל אזורים אחרים שיהפכו להיות חמים יותר.

5. **שינוי אקלימי** - הפחתה בכמות הגשם וריבוי תקופות בצורת ממושכת, יגבר המחסור במים עקב הפחתה בכמות הגשם . בישראל צפויה האצה של תהליכי מדבור (תפשטות המידבר)

**הקשר בין העלייה בריכוז גזי החממה וההתחממות העולמית.**

קיימת הסכמה של רב החוקרים בתחום שההתחממות העולמית היא תוצאה של הגברת אפקט החממה. האפקט מוגבר כתוצאה מעליית ריכוז גזי חממה ובעיקר פחמן דו חמצני , **עקב פעילות האדם.**

**הדרכים להתמודדות עם בעיית ההתחממות העולמית:**

א. **צמצום או מניעה של הגורמים להתחממות** -הפחתת כמות גזי חממה.

1. פיתוח מקורות אנרגיה מתחדשים (למשל אנרגית שמש, אנרגיית רוח ואנרגיה הידרואלקטרית)
2. ייעול השימוש באנרגיה (למשל פיתוח מכוניות חסכניות, שימוש בנורות חסכניות)
3. שמירה על היערות ונטיעת יערות.
4. מעבר מדלקים הפולטים כמות גדולה של גזי חממה ליחידת אנרגיה (כגון פחם) לדלקים הפולטים כמות קטנה של גזי חממה ליחידת אנרגיה (כגון גז טבעי)
5. חסכון באנרגיה (למשל כיבוי אורות לא נחוצים, הליכה ברגל ונסיעה באופניים, בידוד הבית מקור ומחום, צמצום הצריכה של מוצרים המחייבים שימוש רב באנרגיה בייצור או בשיווק)
6. צמצום בגידול בקר וצאן לבשר.

ב. **התמודדות עם תוצאות ההתחממות** (הרחבה)

1. פיתוח זנים חקלאים עמידים לחום ודורשים פחות מים.
2. בנייה המתחשבת בעלייה הצפויה בפני הים.

**התדלדלות שכבת האוזון**

**חשיבות שכבת האוזון:**

שכבת האוזון נמצאת בסטרטוספרה בין 10 ל-40 ק"מ מעל פני האדמה. בשכבה זאת נוצרות מולקולות אוזון, O3. מולקולות האוזון מצמצמות חדירה של קרינה אולטרה סגולה אל פני כדור הארץ. חדירה מוגברת של קרינה אולטרה סגולה עלולה לגרום לסכנות רבות – סרטן עור, הזדקנות העור, קטרקט (ירוד), פגיעה בצומח ועוד. ירידה בריכוז מולקולות האוזון ב"שכבת האוזון" מאפשרת חדירה של כמויות גדולות של קרינה אולטרה סגולה אל פני כדור הארץ.

 **הגורמים להתדלדלות שכבת האוזון:**

במדידות התברר שריכוז האוזון מעל אנטרטיקה פחת מאוד. התברר שהנזק ניגרם ע"י חומרים שהאדם משחרר לאטמוספרה.

החומרים הפוגעים באוזון נקראים **פריאונים** או **CFC** [כלורו-פלואורו-פחמנים].משתמשים בהם כגזי קירור במקררים ומזגנים, ובתרסיסים תרסיסים שונים. מולקולות ה-CFC משתחררות לאטמוספרה ומגיעות לשכבת הסטרטוספרה. בהשפעת הקרינה האולטרה-סגולה מתפרקות המולקולות ומשתחרר אטום כלור, אטום הכלור מגיב עם האוזון ומפרק אותו.

תופעת החור באוזון התגלתה לראשונה באזור הקוטב הדרומי, ההסבר לכך הוא שהמזהמים החודרים לסטרטוספרה ושוהים שם זמן רב, מוסעים לאזורי הקטבים ע"י זרמי אוויר חזקים. בשל תנאי האקלים אופייניים לאזורי הקטבים, תהליך שיחרור של הכלור מה-CFC מתחזק, ולכן הרס האוזון שם גדול הרבה יותר מאשר בשאר האזורים.

**הפתרון- דרכי התמודדות עם התופעה:**

\* פעולות חקיקה שמטרתם איסור השימוש בפראונים.

\* פעולות הסברה וחינוך שמטרתם לעודד את הציבור להימנע משימוש ממוצרים המכילים פריאונים.

\* סימון מוצרים שאינם מכילים פריאונים כך שהציבור יוכל לרכוש אותם.

\* פיתוח וייצור של תחליפים לפריאונים המתאימים לשימושים השונים של הפריאונים אך אינם פוגעים באוזון.

\* יצירת אמנות בינלאומיות המחייבות את המדינות השונות להימנע משימוש בפריאונים.(אמנת מונטריאול)

**עקב הפעולות שנעשו כדי לבלום את הפגיעה בשכבת האוזון התופעה נבלמה**

**טבלת השוואה בין התופעות "ההתחממות העולמית" ו" התדלדלות שכבת האוזון "**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **קריטריונים** | **ההתחממות העולמית** | **התדלדלות שכבת האוזון** |
| **תיאור התופעה** | עלייה בטמפ' העולמית הגורמת לשינויי אקלים בעולם. | ריכוז מולקולות האוזון בשכבת האוזון הנמצאת בסטרטוספרה פוחת.  |
| **הסיבה לתופעה** | עלייה בצריכה ושריפת דלקים הגורמת לפליטת גזי חממה בעיקר פד"ח. גזי חממה בולעים קרינה אינפרה אדומה ומונעים פליטת חום מהאטמוספרה לחלל החיצון. כריתת יערות וצמצום צמחייה הקולטת פד"ח בתהליך הפוטוסינתזה. | שימוש בחומרים מסוג CFC (פריאונים) המשמשים בתרסיסים, גזי קירור ובתעשיות שונות. חומרים אלה גורמים לפרוק מולקולות אוזון שבשכבת האוזון. |
| **השכבה בה מתרחשת התופעה** | גזי חממה נמצאים בכל שכבות האטמוספרה | שכבת האוזון נמצאת בסטרטוספרה בגובה שבין 10-40 ק"מ מעל פני הקרקע |
| **הנזקים** | ההתחממות העולמית גורמת להתכת קרחונים ולהצפת יבשות. שינוי אקלים, ריבוי תופעות אקלים קיצונייות, פגיעה ביבולים חקלאיים, שינוי מערכות אקולוגיות ועוד | חדירה מוגברת של קרינת שמש אולטרה סגולה מזיקה ומסוכנת לבריאות האדם, בע"ח וצמחים. קרינה זו פוגעת בתקינות החומר התורשתי שבתאי הגוף ולכן יש עלייה במקרי סרטן העור, מחלות עניים, פגיעה במערכת החיסונית ועוד. |
| **פתרונות** | צמצום צריכה ושריפה של דלקים פוסילים כמו פחם ונפט.מעבר למקורות אנרגיה חלופיים כמו אנרגיית שמש, מים ורוח.צמצום ומניעה בכריתת יערות בכדי לאפשר לצמחים לקלוט יותר פד"ח שהוא גז חממה עיקרי בעולם.אמנות בינלאומיות שבהן יש הסכמה לצמצם את פליטת גזי החממה בעולם. | מציאת חלופות לחומרים מסוג CFC (פריאונים).אמנות בינלאומיות שמטרתן צמצום השימוש בחומרים הפוגעים בשכבת האוזון. |

**רעיונות מדעיים מרכזיים במבנית האוויר**

**רעיונות מדעיים**

רעיון מדעי הינו משפט המציג כלל מסוים התקף תמיד ומוסכם על העולם המדעי. מרעיון מדעי מסוים ניתן לגזור הסברים לתופעות רבות.

במסגרת לימוד הנושא איכות האוויר למדתם רעיונות מדעיים רבים. לפניכם רשימת הרעיונות ודוגמאות לתופעות הקשורות לאיכות האוויר המדגימות את הרעיונות.

**פעולות האדם משפיעות (או עשויות להשפיע) על התנאים במערכת האקולוגית, במודע ושלא במודע**.

**דוגמאות:**

**א**. בעבר היה מקובל להשתמש בחומרים המכילים פריאונים (CFC) , למשל תרסיסים מפיצי ריח וגזי מזגנים מסוימים. התברר שפריאונים מגיבים עם האוזון וגורמים להתדלדלות שכבת האוזון. כתוצאה מהפגיעה בשכבת האוזון מגיעה יותר קרינת אולטרא-סגולה (UV) לכדה"א וכתוצאה מכך נגרמות פגיעות בבריאות כמו עלייה בשכיחות סרטן העור, פגיעה בעיניים וכו'.

**ב.** שריפת דלק בתעשייה ובכלי תחבורה מלווה ביצירת פחמן דו חמצני- גז חממה הגורם להתחממות כדה"א, שלה השפעות אקולוגיות רבות.

**ג.**  שימוש נרחב ברכבים פרטיים / מפעלים תעשייתיים, הגורמים להצטברות תחמוצות חנקן באוויר כתוצאה מבערה של דלק. גורם לצריבות במע' הנשימה והעיניים ומהווה אחד הגורמים להיווצרות ערפיח פוטוכימי.

**הערה:** בדוגמאות הנ"ל מוצגות פעולות של האדם הגורמות לנזק. פעולות האדם עשויות להיות גם בעלות השפעה טובה על המערכת האקולוגית.

1. **כל החומרים בנויים מאוספי חלקיקים. הרכב החלקיקים והקשרים ביניהם, קובעים את תכונות החומר**.

**דוגמאות:**

1. פחמן חד חמצני שונה מפחמן-דו-חמצני, למרות ששני החומרים בנויים מאטומי פחמן וחמצן. מספר האטומים במולקולה והקשרים הכימיים ביניהם שונים ולכן תכונות החומרים שונות .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **פחמן –דו-חמצני CO2** | **פחמן-חד-חמצני CO** |
| **מס' אטומים במולקולה** | 3 | 2 |
| **מס' אטומי פחמן** | 1 | 1 |
| **מס' אטומי חמצן** | 2 | 1 |
| **נוצר בתהליך:** | נשימה תאית של כל היצורים החיים.בתהליכי בערה. | בתהליכי בערה בסביבה דלה בחמצן. (לדוג' במוסכי רכב שאינם מאווררים). |
| **תכונות החומר**  | בריכוז נמוך הקיים באטמוספרה בצורה טבעית 0.03% אינו רעיל. גז חממה (משפיע על התחממות כדה"א). | גז רעיל, מתקשר להמוגלובין שבתאי הדם האדומים ומונע מהחמצן להתקשר אליהם. גורם לכאבי ראש, בחילה, חנק ואף מוות. |

1. אוזון , O3, וחמצן O2 שונים במספר אטומי החמצן במולקולה. החמצן גז הנחוץ לתהליכי נשימה ובעירה ואילו האוזון, כאשר הוא קרוב לפני הקרקע הוא גז מזהם הפוגע בדרכי הנשימה . האוזון ב"שכבת האוזון" עוצר את חדירת הקרינה האולטרה סגולה המסוכנת.

**3. קרינה מגיבה באופנים שונים עם החומר כגון: החזרה, שבירה, בליעה, פליטה, העברה**.

**דוגמאות.**

1. בהקשר של "אפקט החממה": קרינת "אור-נראה" נפלטת מהשמש – חלק מהקרינה חודרת את שכבת האטמוספרה = "העברה" (הקרינה חודרת דרך חומר שנחשב שקוף וחדיר ביחס אליו) .הקרינה שלא חדרה את האטמוספרה הוחזרה לחלל.

 הקרינה שעברה דרך האטמוספרה פוגעת באדמה. חלק מהקרינה נבלעת באדמה וחלק מוחזרת מהאדמה. האדמה, שבלעה קרינת השמש(קרינת אור נראה) פולטת קרינה אינפרא-אדומה (מופיעה כאנרגיית חום) . חלק מקרינה האינפרא-אדומה נבלע בגזי חממה (פד"ח, אדי מים, מתאן ועוד) שבאטמוספרה. כתוצאה מכך הטמפרטורה הממוצעת של כדור הארץ עולה!

1. בתהליך הפוטוסינתזה- קרינת "אור-נראה"(המורכבת מגלי אור בכל צבעי הקשת) פוגעת בעלה של הצמח המכיל את הצבענים הירוקים= כלורופלסטים. האור הירוק מוחזר מהעלה (לכן נראה בצבע ירוק), ואילו גלי האור באורכי גל אדום+כחול, נבלעים בעלה הירוק ונחוצים לצורך ביצוע הפוטוסינתזה.

**4. סטייה מתקינות המערכות בגוף מצביעה על חולי. מחלות יכולות להיגרם על ידי גורמים כימיקלים פיסיקליים או ביולוגים.**

**דוגמאות**

1. גזים מזהמים באוויר(גורם כימי) גורמים לבעיות בריאות שונות, בעיקר בעיות הקשורות לדרכי הנשימה. במבניות דוגמאות רבות לכך. (במידה ותתבקשו לתת דוגמא לביטוי של הרעיון יש לפרט מהו הגורם המזהם ומהי הפגיעה בגוף)
2. עקב התדלדלות שכבת האוזון יותר קרינה אולטרה סגולה מגיעה קרוב לקרקע. הקרינה (גורם פיסיקלי)גורמת לפגיעות שונות לבני אדם, בעלי חיים וצמחים ובהם פגיעה בעיניים(קטרקט) והתפתחות סרטן העור.

**5.(החל מתשע"ה רעיון זה ילמד במסגרת הרחבה)**

 **סוגי גלים מאופיינים באורך הגל, תדירותו, מהירותו, האנרגיה שלו ובמשרעת הגל קיים יחס הפוך בין אורך הגל לבין האנרגיה האצורה בו**.

**דוגמאות**:

1. קרינה אולטרא-סגולה (החודרת לאטמוספרה כתוצאה מהתדלדלות שכבת האוזון) מתאפיינת באורך גל קצר ובאנרגיה גבוהה בהשוואה לאור הנראה.
2. קרינת החום, קרינה אינפרה אדומה (הקשורה להתחממות כדה"א)-מתאפיינת באורך גל ארוך ואנרגיה נמוכה בהשוואה לאור הנראה.