

הדגמה לתופעת האינברסיה

כרטיס איפיון של הפעילות

משאב האוויר	הפעילות משתלבת
תהליכים אטמוספריים ותנאים טופוגרפיים המשפיעים על מידת הפיזור והסילוק של מזהמים באוויר.	רעיון/תכנים
טמפרטורה, אוויר, רוח, אינברסיה רום; אינברסיית קרקע; תנועת אוויר אנכית; אטמוספירה בלתי יציבה	מושגים קרובים לנושא
הדגמה	סוג הפעילות
תצפית	מיומנויות
פעילות מקורס מורים מובילים במדעי הסביבה תשע"ב בריכוזה של רבקה משגב. עיבוד במסגרת המרכז הארצי למורי ביולוגיה ולמורי מדעי הסביבה. הפעילות מעובדת מתוך: כאוויר לנשימה (1997), בלום, האוניברסיטה העברית בירושלים.	הפעילות מבוססת על

דפים לתלמיד

דפים למורה

רשימת כלים וחומרים

הדגמה לתופעת האינברסיה

דפים לתלמיד

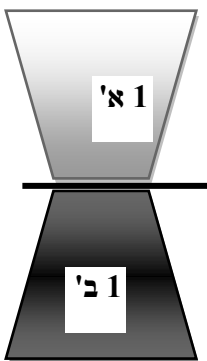
בפעילות זו נדגים את תופעת האינברסיה וכן את התופעה של תנועה אנכית. התופעה תודגם על ידי תנועת מים צבועים בין שני בקבוקים הצמודים זה לזה. הגורם לתנועה הוא הפרשי הטמפרטורה במים בין שני הבקבוקים.

הוראות עבודה

סמנו 2 בקבוקי ארלנמאייר ומלאו עד הסוף בהתאם לכתוב בטבלה:

צבע מאכל	מים מזוקקים	בקבוק מספר
ללא	מים קרים $2^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$	1-א'
5 טיפות + ערבוב	מים חמים $50^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$	1-ב'

א. כסו את בקבוק 1'א' בעזרת השקף המרובע, הקפידו להצמיד אותו למים בפתח הבקבוק מבלי שתישאר בועת אוויר כלשהי.

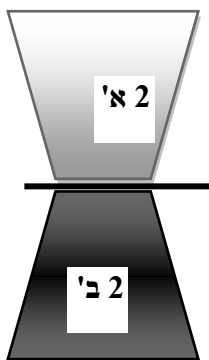


ב. הניחו את בקבוק 1'א' המכוסה בשקף הפוך מעל לבקבוק 1'ב' (כך שהשקף יפריד בין פתחי 2 הבקבוקים – ראו איור).

על מנת להתחיל בניסוי הוציאו בזהירות ובמהירות את השקף המפריד בין 2 פתחי הבקבוקים, ועקבו אחר התהליך במשך 3 דקות. רשמו מה מתרחש כל 20 שניות לערך (ניתן לצלם את המערכת). את התצפיות רשמו בחלק הימני של הטבלה שבהמשך.

ג. סמנו 2 בקבוקי ארלנמאייר נוספים ומלאו עד הסוף בהתאם לכתוב בטבלה:

צבע מאכל	מים מזוקקים	בקבוק מספר
ללא	מים חמים $50^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$	2-א'
5 טיפות	מים קרים $2^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$	2-ב'



ד. חזרו על סעיפים א ו-ב עם סט הבקבוקים הנוסף.

גם הפעם רשמו מה מתרחש כל 20 שניות לערך. את התצפיות רשמו בחלק השמאלי של הטבלה שבהמשך.

טבלה לתיעוד התצפיות

תיאור תצפית סעיף ד	תיאור תצפית סעיף ב	זמן מתחילת ההדגמה (דקות)
		0.5 דקה
		1 דקה
		1.5 דקה
		2 דקות
		2.5 דקות
		3 דקות

1. איזו שכבת אוויר מיוצגת בכל בקבוק?

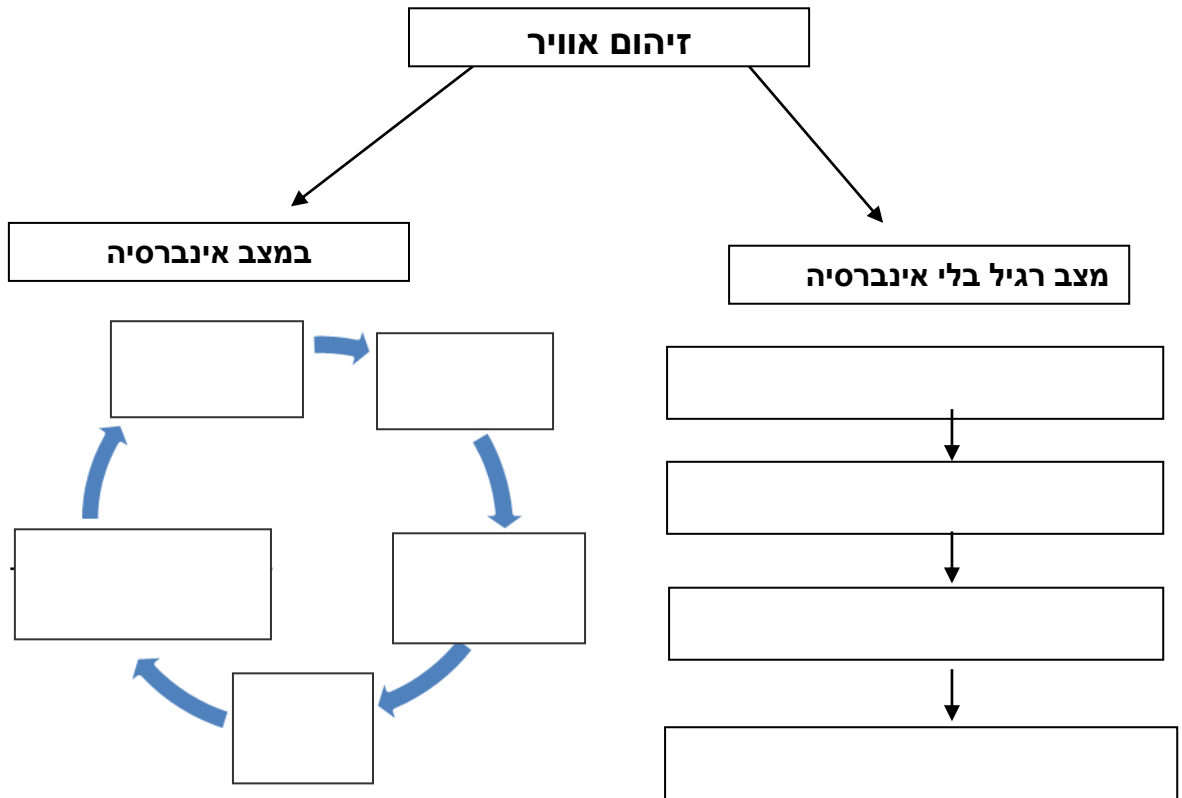
2. איזה שלב בהדגמה מתאים למצב של אטמוספירה בלתי יציבה ואיזה למצב של אינברסיה?
הסבירו את קביעתכם.

3. בעמוד הבא תרשים זרימה של זיהום אוויר בשני מצבים: א. במצב אינברסיה ב. במצב הרגיל ללא אינברסיה.

להלן תשעה משפטים שכמה מהם שייכים לתיאור מצב ללא אינברסיה וחלקם שייכים לתיאור במצב אינברסיה. עליכם להשלים את התרשים במשפטים, כך שיווצר בסדר הגיוני.

המשפטים

- שכבת האוויר הסמוכה לפני הקרקע מתחממת
- זיהום אוויר מתפזר
- פני הקרקע קרים ואין רוח
- שכבת האוויר הסמוכה לפני הקרקע נשארת קרה
- השמש מחממת את פני הקרקע ויש רוח
- אין תנועת אוויר אנכית
- האוויר החם עולה למעלה והאוויר הקר יורד, יש תנועת אוויר אנכית
- הזיהום מצטבר ונשאר כלוא בשכבת האוויר הקרה
- שכבת הזיהום מחזירה את קרינת השמש לחלל



4. כיצד משפיעים תנאי מזג האוויר על פיזור המזהמים באוויר? התייחסו לשלושת מצבי מזג האוויר הבאים: יום חורף נאה ללא רוח לאחר לילה בהיר; יום חורף גשום וסוער; יום קיץ נאה ללא רוח.

דפים למורה

מטרות הפעילות

1. להבין מהי תנועת אוויר אנכית.
2. להבין מהי אינברסיה.
3. להבין את הקשר בין תהליכים אטמוספריים ופיזור מזהמים.

שיטת העבודה

בניסוי זה תודגם תופעת האינברסיה וכן התופעה של תנועה אנכית. התופעה תודגם על ידי תנועת מים+צבע בין שני בקבוקים הצמודים זה לזה כשהגורם לתנועה הוא הפרש הטמפרטורה של המים בשני הבקבוקים.

רקע עיוני/מדעי

בדרך כלל, שכבת האוויר הסמוכה לקרקע מתחממת כאשר היא באה במגע עם האדמה. האוויר החם, שצפיפותו קטנה מצפיפות אוויר קר, עולה למעלה, והאוויר הקר יורד למטה. כאשר האוויר הקר מגיע לקרקע הוא מתחמם שוב ועולה למעלה, וחוזר חלילה. זאת תנועה אנכית מתמדת של אוויר וערבול שכבות האוויר.

במקרים בהם שכבת האוויר הקרובה לקרקע מזוהמת, הזיהום עולה למעלה עם האוויר ומתפזר ברום ובכך ריכוז המזהמים קטן ופיזורם גדל.

אינברסיה (אינברסיה = היפוך, מצב הפוך מהמצב הרגיל)

אינברסיה היא תופעה שבה פני הקרקע קרים מאוד ושכבת האוויר שקרובה לקרקע אינה מתחממת ואינה יכולה לעלות, אין תנועת אוויר אנכית. מעל שכבת האוויר הקר והמזוהם ישנה שכבת אוויר שיכולה להתחמם מקרינת השמש. נוצר מצב של שתי שכבות: אחת נמוכה קרה ומזוהמת והשנייה זו שמעל שמתחממת. שתי השכבות אינן מתערבבות זו בזו.

מצב זה שכיח בדרך כלל בחורף, כאשר האוויר הקר אינו יכול לעלות למעלה או להתפזר לצדדים בעמקים, או במישור מוקף הרים (מתוך הספר כאוויר לנשימה, מהדורת ניסוי, 1997).

אינברסיית הקרקע - פני הקרקע קרים מאוד ושכבת האוויר שקרובה לקרקע אינה מתחממת

ואינה יכולה לעלות, אין תנועת אוויר אנכית. מעל שכבת האוויר הקר והמזוהם ישנה שכבת אוויר שיכולה להתחמם מקרינת השמש. נוצר מצב של שתי שכבות: אחת נמוכה קרה ומזוהמת והשנייה, שמעליה, שמתחממת. שתי השכבות אינן מתערבבות זו בזו. ממוצע בסיס האינברסיה הוא 100 מטר.

אינברסיית רום - גושי אוויר חמים שנפלטים סמוך לקרקע עולים וכאשר מגיעים לשכבת האינברסיה משתווה הטמפ' שלהם לטמפ' הסביבה, ועלייתם מואטת עד שנפסקת. שכבת האוויר שבה קיימת תנועת אוויר כלפי מעלה היא שכבת העירוב, וככל שהיא דקה יותר, ייכלאו המזהמים בשכבה דקה יותר וריכוזם בשכבה זו יהיה גבוה יותר. אינברסיית רום נוצרת כאשר לשכבות הגבוהות של אטמוספירה מגיע אוויר חם יחסית לזה שמתחתיו. מצב זה קיים בישראל בעיקר בקיץ. בשכבות הגבוהות של האטמוספירה יש שקיעה והתחממות של אוויר מרום האטמוספירה, ובשכבות התחתונות הסמוכות לקרקע ישנה תנועת אוויר קריר ולח המגיע מהים. גובהה הממוצע של בסיס אינברסיית הרום בקיץ (התקופה העיקרית שבה היא נפוצה) הוא בין 400 ל-2000 מ'.

אטמוספירה יציבה: מצב שבו גוש אוויר עם מזהמים שנפלטו ממקור כלשהוא בטמפ' גבוהה במעט מטמפ' הסביבה, ובגובה נמוך יחסית, תשווה הטמפ' שלו לטמפ' הסביבה, ועלייתו תואט עד שתיעצר. במצב זה, המעיד על זיהום אוויר, פיזור המזהמים מצומצם, והם סמוכים לקרקע.

אטמוספירה בלתי יציבה: מצב שבו גוש אוויר עם מזהמים שנפלט ממקור כלשהוא נשאר חם מסביבתו, כי הטמפ' בסביבה יורדת במהירות עם העלייה לגובה, והוא עולה למעלה ללא הפרעה. פיזור המזהמים טוב, והם יעלו למעלה, מצב רצוי.

הערות והמלצות למורה

- חלק א מדגים את תנועת האוויר האנכית ומסביר את מושג אטמוספירה בלתי יציבה ואת תנועת האוויר האנכית.
- חלק ב' מדגים את חוסר התנועה האנכית, מסביר את המושג אטמוספירה יציבה ואת תופעת האינברסיה.
- להצלחת ההדגמה רצוי לתרגל את דרך הביצוע לפני ניסוי ההדגמה בעזרת 2 בקבוקים מלאים במי ברז.
- לפני הפעילות לתת דף עבודה לתלמידים (מצורף בסוף הפעילות)
- אפשר לבצע את חלק א' + ב' כהדגמה או את חלק א' כהדגמה ואת חלק ב' לפתח עם התלמידים לתיכנון הדגמת האינברסיה תוך כדי העלאת השערה ותיכנון דרך העבודה.
- לסיכום ההדגמה רצוי להתייחס לנושא האטמוספירה והשפעת התהליכים שהודגמו בניסוי על האטמוספירה (יציבה, בלתי יציבה).

תשובות לשאלות

1. איזו שכבת אוויר מיוצגת בכל בקבוק?

שכבת אוויר קר מיוצגת בבקבוק 1 א' ובקבוק 2 ב'.

שכבת אוויר חם מיוצגת בבקבוק 1 ב' ובקבוק 2 א'.

2. איזה שלב בהדגמה מתאים למצב של אטמוספירה בלתי יציבה ואיזה למצב אינברסיה? הסבירו את קביעתכם.

שלב א' בהדגמה מתאר מצב נורמאלי של שכבות האוויר בטבע. האוויר החם שצפיפותו קטנה מצפיפות האוויר הקר עולה למעלה, והאוויר הקר יורד למטה. כאשר האוויר הקר מגיע לקרקע הוא מתחמם שוב ועולה למעלה, וחוזר חלילה. זאת תנועה אנכית מתמדת של אוויר וערבול שכבות האוויר.

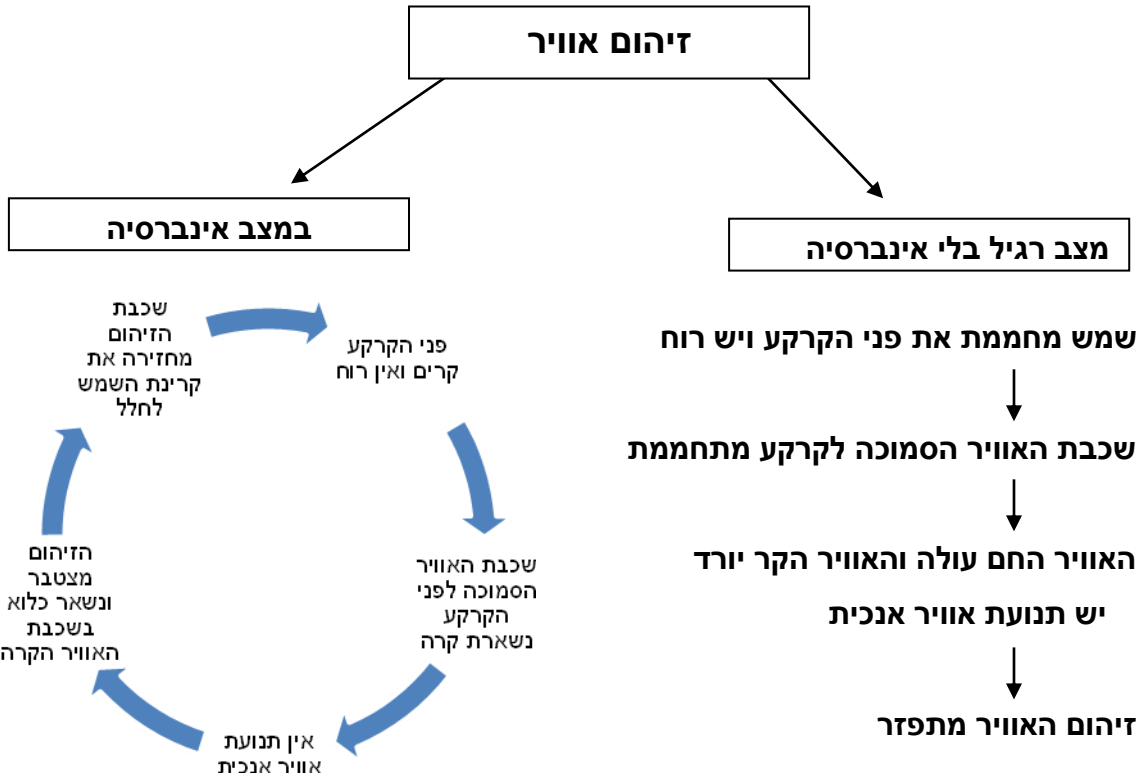
שלב ב' בהדגמה מתאר מצב אינברסיה. זוהי תופעה שבה פני הקרקע קרים מאוד ושכבת האוויר שקרובה לקרקע אינה מתחממת ואינה יכולה לעלות. אי לכך אין תנועת אוויר אנכית. מעל שכבת האוויר הקר והמזוהם ישנה שכבת אוויר שיכולה להתחמם מקרינת השמש. נוצר מצב של שתי שכבות אחת נמוכה קרה ומזוהמת והשנייה, זו שמעליה, שמתחממת. שתי השכבות אינן מתערבבות זו בזו.

3. בעמוד הבא תרשים זרימה של זיהום אוויר בשני מצבים: א. בתנאי אינברסיה ב. במצב הרגיל ללא אינברסיה.

להלן תשעה משפטים שכמה מהם שייכים לתיאור מצב רגיל ללא אינברסיה וחלקם שייכים לתיאור במצב אינברסיה. עליך להשלים את התרשים במשפטים ובסדר ההגיוני.

המשפטים

- שכבת האוויר הסמוכה לפני הקרקע מתחממת
- זיהום האוויר מתפזר
- פני הקרקע קרים ואין רוח
- שכבת האוויר הסמוכה לפני הקרקע נשארת קרה
- השמש מחממת את פני הקרקע ויש רוח
- אין תנועת אוויר אנכית
- האוויר החם עולה והאוויר הקר יורד, יש תנועת אוויר אנכית
- הזיהום מצטבר ונשאר כלוא בשכבת האוויר הקרה
- שכבת הזיהום מחזירה את קרינת השמש לחלל



4. כיצד משפיעים תנאי מזג האוויר על פיזור המזהמים באוויר? התייחסו לשלושת מצבי מזג האוויר הבאים: יום חורף נאה ללא רוח לאחר לילה בהיר; יום חורף גשום וסוער; יום קיץ נאה ללא רוח.
- א. ביום חורף נאה ללא רוח לאחר לילה בהיר- נוצרת אינברסיה קרקע הגורמת לפיזור המזהמים בגובה נמוך יחסית, ולכן איכות האוויר גרועה.
- ב. יום חורף גשום וסוער- אין אינברסיה רוחות חזקות מפזרות טוב את המזהמים גם לגובה.
- ג. יום קיץ נאה ללא רוחות- אם הייתה אינברסיה קרקע היא תעלם ופיזור המזהמים יהיה טוב.

רשימת כלים וחומרים

- מים חמים, מים קרים, צבע מאכל אדום מרוכז
- 4 בקבוקי ארלנמייר 0.25 ליטר
- מקל זכוכית באורך כ-35 ס"מ
- תרמומטר (בטווח של עד 90 (או 100) מעלות צלסיוס)
- 2 שקפים גדולים מפתח הארלנמייר, סטופר ומרקר (הכותב על זכוכית)