

פרויקט 17

משבר האקלים ומערכות כדור הארץ

פרופ' ניר אוריון, יוזם הפרויקט – ראש קבוצת מדעי כדה"א במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן.

פרופ' ירון להבי – מנהל המרכז, מעורב בתכנון הכנס ואחראי על הפעלתו המסודרת.

פרופ' עידית ירושלמי - יועצת מדעית, ראש קבוצת הפיזיקה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן.

צוות פיתוח: רון בן-שלום, פרופ' ניר אוריון, כרמל גורני, דר' יוסי גודוביץ, דר' כרמית כהן

כתובת להורדת החומרים: <https://stwww1.weizmann.ac.il/geogroup/?p=57>

מרכז המורים מופעל על ידי המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, עבור משרד החינוך במסגרת מכרז מס' 22/11.2020: הקמה והפעלה של מרכזי המורים הארציים במקצועות הבאים: מדעים, טכנולוגיה ומתמטיקה.

משבר האקלים ומערכות כדור הארץ

<למורה – הערות למורים מופיעות בפונט כתום בסוגריים משולשים>



גרפיטי בלונדון – כנראה נוצר ע"י בנקסי 2009. ברשיון CC BY 2.0 צילום: [Matt Brown](#)

פרק א: שינויי אקלים.....	5
<פעילות 1> פעילות פתיחה 1 - מצב האקלים:.....	5
<פעילות 2> משאבים ומידע.....	6
פרק ב: אפקט החממה ומחזור הפחמן.....	8
<פעילות 3> ניסוי 1 - הגורמים המשפיעים על טמפרטורת האטמוספירה.....	8
סיכום: קשרי גומלין בין מערכות כדור הארץ.....	12
<פעילות 4> ניסוי 2 - השפעת המסת הקרחונים הימיים על מפלס הים.....	15
<פעילות 5> ניסוי 3 – אלבדו, השפעת (צבע) פני השטח על החזרה ובליעה של קרינה.....	17
משוב הפשרת קרחונים (אלבדו).....	19
סיכום: השפעת הפשרת הקרחונים והאלבדו על קשרי גומלין בין מערכות כדור הארץ.....	20
<פעילות 6> ניסוי 4 - לאן נעלם ה- CO2 מהאטמוספירה.....	21
<פעילות 7> ניסוי 5 - הפחמן הכלוא בסלעים.....	26
סיכום - מחזור הפחמן.....	31
<פעילות 8> אקדח המתאן.....	33
<פעילות 9> מחזורי אקלים טבעיים והתחממות מעשה ידי אדם.....	35
<פעילות 10> מי אחראי לעליית רכוז הפד"ח (פחמן דו חמצני) באטמוספירה?.....	36
<פעילות 11> כמות הפד"ח שפולטת ניו-יורק לאטמוספירה.....	14
פרק ג: סירקוליציית האוקיינוסים ושינויי אקלים.....	37
<פעילות 1> מה אנחנו יודעים על אוקיינוגרפיה? וצפיה בסרט "היום שאחרי מחר".....	37
<פעילות 2> ניסוי 1: האם חום המים גורם לתנועה.....	40
<פעילות 3> סיכום – מפת אזורים קרים וחמים.....	42
<פעילות 4> ניסוי 2: האם מליחות המים גורמת לתנועה?.....	43
<פעילות 5> ניסוי 3: זרמי קונבקציה (הסעה).....	49
<פעילות 6> ניסוי 4: זרמי צפיפות באוקיינוס.....	54
<פעילות 7> ניסוי 5: חום סגולי של מים ושל סלע.....	62
פתרונות וסיכומים:.....	68
משאבים:.....	69

מחקר אישי – בניית מצגת

>יש לבחור את מועד ביצוע החלק הזה כך שהתלמידים שהם יבינו שהמצגת היא מדעית ולא משהו בסגנון של "למה חשוב למחזר"<

רשימת מקורות לנושאי מחקר [\[קישור\]](#)

מצגת הדרכה – כיצד לבנות מצגת [\[קישור\]](#)

טיפים להכנה ולהצגת מצגת טובה [\[קישור\]](#)

הצגת מצגות קצרות בנושאי שינויי האקלים

מחונן להערכת מצגות:

תוכן	50	מבנה ההרצאה	25	המצגת ככלי המחשה	25
לימוד הנושא, מידת ההעמקה בו והבנתו	35	נושא ברור	5	המצגת ככלי להמחשת נושא ההרצאה	15
קישור למערכות כדור הארץ	10	מטרה ברורה	5	אין עומס טקסט	3
מקוריות	5	יש 'סיפור' ברור (קשר בין חלקי המצגת)	15	פונטים ברורים	3
				תאום (סינכרוניזציה) בין ההצגה בע"פ לבין מה שמופיע במצגת	4
בונוס: יצירתיות	5			בונוס: אסתטיקה	5
סה"כ		סה"כ		סה"כ	

<פעילות 1> פעילות פתיחה 1 - מצב האקלים:

1. ערכו רשימה קצרה של עובדות הידועות לכן/ם במוגע למשבר האקלים, ושל שאלות שיש לכן/ם בתחום
 2. התחלקו לזוגות: דונו בתחושות שעולות לכם בהקשר של אקלים, ולאחר מכן דונו בנקודות שהעליתן/ם
 3. הצטרפו לזוג נוסף, שתפו את הנקודות שהעליתן/ם והעלו יחד ללוח שיתופי את עובדות, השאלות, הצעות לפתרון, ומשאבים מעניינים שמצאתן/ם
- <קישור ללוח כיתתי>

<למורה>

- דוגמה: לוח משותף (פאדלט) שיש לרון כפעילות פתיחה בקלאס רום https://padlet.com/big_class_project/grhqe8e2jiyrqodd
המלצה לכותרות בלוח המשותף: עובדות !!! שידועות לנו // שאלות?? שיש לנו // פתרונות שעולים לנו // פעולות שאנחנו מכירים // מקורות מידע // פרפראות ועוד..
- עוברים על השאלות שלהם, מציינים שעל חלק נענה במהלך הקורס, וחלק יתאימו לעבודות חקר בהמשך.
- במהלך הלימודים מומלץ לחזור ללוח – לסמן שאלות שנענו...
- כיוון נוסף לבניית לוח משותף (משה): לזקק בפעילות פתיחה מה הידע הקיים על האקלים בכלל כעת - מה הסטטוסקו. רק אח"כ להציף את הידע/תחושות הנוגעים למגמות התפתחות אפשריות.

<הצעות לדיון בכיתה>

לאסוף כמה דוגמאות לתחושות ולשאל מה הגורם לתחושות הללו – למשל חרדה אולי נובעת מהמחשבה שהמצב סופני ובלתי הפיך (פחד מוות), אי וודאות ואבדן שליטה.

כדאי לכוון את הדיון לרשימת נקודות עניין של התלמידים, למשל;

1. לשאלה מה הייתם רוצים לדעת/להבין כדי להתמודד עם השאלות הללו?
2. יש להבין את המערכת – איך נראים יחסי הגומלין בין המערכות השונות ומה מקום האנושות בה?

נקודות שעשויות לעלות במהלך הדיון:

- האם משבר האקלים הוא תהליך סופני או שניתן להתמודד איתו – ואיך?
- האם זה משבר או שינוי אקלים?
- האם זה הפיך או לא? האם אנחנו (האנושות) יכולים לשנות את המצב?
- האם האנושות יכולה להשפיע ולגרום לצמצום שינוי האקלים, או להחזיר את הגלגל לאחור?
- באיזה אופן יכולה האנושות להשפיע?

- א. נתוני טמפרטורה על פני כדה"א בשנים: 2020-1880
[/https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature](https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature)
- ב. נתוני CO₂ באטמוספירה בשנים: 2022-2002
[/https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide](https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide)
- ג. נתונים אודות שינוי בגובה פני הים (מפלס האוקיינוסים) בשנים: 2022-1900
[/https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level](https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level)
- ד. קרחונים – יבשתיים וימיים
בחנו כיצד שינויי האקלים השפיעו על קרחונים שונים ברחבי העולם.
[/https://climate.nasa.gov/interactives/global-ice-viewer](https://climate.nasa.gov/interactives/global-ice-viewer/#/)
- ה. מצב הקרח באוקיינוס הארקטי 2021-1979
מדי חודש ספטמבר, כיפת הקרח מגיעה לגודלה המינימלי, בחנו את ההשתנות במהלך ב-15 השנים האחרונות: [/https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice](https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice)
- <למורה> יש שילוב של 4 פרמטרים – קרחונים ימיים, טמפרטורה, גובה פני הים ו-CO₂ - באתר הבא:
[/https://climatekids.nasa.gov/time-machine](https://climatekids.nasa.gov/time-machine)
4. אינפוגרפיקה : קיצור תולדות ההתחממות הגלובלית
<https://www.haaretz.co.il/100/2019-09-27/ty-article-magazine/0000017f-f240-d487-abff-f3feac930000>
5. דוח מבקר המדינה על צמצום פליטות פחמן:
[https://www.mevaker.gov.il/\(X\(1\)S\(prx5j30zm5fpzd3rnx1ei45h\)\)/sites/DigitalLibrary/Pages/Report/s/7357-2.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1](https://www.mevaker.gov.il/(X(1)S(prx5j30zm5fpzd3rnx1ei45h))/sites/DigitalLibrary/Pages/Report/s/7357-2.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1)

פרק ב: אפקט החממה ומחזור הפחמן

<פעילות 3> ניסוי 1 - הגורמים המשפיעים על טמפרטורת האטמוספירה

ניסוי



רקע

בשנים האחרונות מורגשים שינויים אקלימיים ברחבי העולם, הבאים לידי ביטוי בארועים קיצוניים כמו שריפות ענק, סופות, שטפונות והצפות או שנות בצורת. ארועים כאלו מתרחשים בתדירות גבוהה יותר ובעוצמה חזקה יותר מאשר בעבר.

שימו לב ללשונית של הקונסנזוס באתר של NASA – <https://climate.nasa.gov/scientific-consensus>

דף זה מציג 4 מודלים של מוסדות מדעיים נחשבים, אשר מראים כיוון דומה ביותר, זאת אומרת שיש הסכמה כמעט גורפת לכך שפעילויות אנושיות הן הגורם העיקרי למגמת התחממות האקלים שנצפתה במאה האחרונה.

- האם ידוע לכם אילו גורמים עלולים להשפיע על שינויי האקלים בכדור הארץ?

בניסוי זה תבחנו את ההשפעות של שינויים בהרכב הגזים שבונים את האטמוספירה על הטמפרטורה באטמוספירה.

אופן הצבת הציוד:

הציוד הדרוש לביצוע הניסוי



(ציוד זה יוכן עבורכם על ידי המורה או על ידי הליבורנטית)

- שתי כוסות כימיות בנפח 250 מיליליטר
- שתי דיסקיות נחושת צבועות בשחור
- מנורת רפלקס בעוצמה של 100w עם כן ואוחזים
- 2 מדי טמפרטורה דיגיטאליים עד 1000°C
- מגש עבודה
- [שרטוט הצבת הכלים](#)



- הקפידו להציב את שתי הכוסות במרחק זהה מהמנורה.
- הדליקו את המנורה.



1. האם יש הפרש טמפרטורה בין שתי הכוסות שבתמונה? הסבירו:



אל תזיזו את כוס
הביקורת ממקומה
ואל תשנו בה דבר.

בשלב זה עליכם לבחון את ההשערות שהעלתם בסעיף הקודם.
נסו לבצע בכוס הניסוי שינויים אשר יגרמו, לדעתכם, לשינוי בטמפרטורה.
הקפידו לבצע שינויי אך ורק בכוס הניסוי.

רישמו את התוצאות בטבלה הבאה:

חישוב:		הטמפרטורה הנמדדת				
הפרש הטמפרטורה		כוס הביקורת		כוס הניסוי		
אחרי	לפני	אחרי	לפני	אחרי	לפני	תאור השינוי שנעשה:
3	1-	28	27	31	26	דוגמא

הסבר לדוגמא:

בדוגמא המופיעה בשורה הראשונה מוצגות תוצאות שהתקבלו לפני ואחרי ביצוע שינויי מסוים בכוס הניסוי. מתוצאות אלו ניתן לראות כי במהלך הניסוי עלתה הטמפרטורה בשתי הכוסות אך העליה בכוס הניסוי היתה רבה יותר. הפרש הטמפרטורות מצביע על כך שכתוצאה מהשינוי שבוצע עלתה הטמפרטורה בכוס הניסוי בחמש מעלות.

את הדין בתוצאות שתקבלו תערכו בסיום הפעילות.

הציוד הדרוש לביצוע המשך הניסוי



- משפך מפריד בנפח 100 מיליליטר [2]
- בקבוק יניקה בנפח 250 מיליליטר עליו פקק עם חור בקוטר מתאים לקוטר המשפך המפריד [1]
- צינורית גמישה באורך 5 סנטימטר אליה מחובר צינור זכוכית בצורת ר [5]
- 10 גרם קלציט (CaCO₃) [3]
- 50 מיליליטר של תמיסת חומצה מלחית (HCl) בריכוז 6% [4]

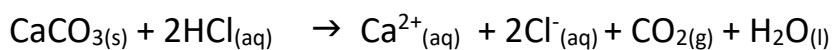


אופן הצבת הציוד:

1. הציבו את בקבוק היניקה בסמוך לכוס הניסוי.
2. העבירו את הקלציט אל בקבוק היניקה.
3. סיגרו את בקבוק היניקה באמצעות הפקק.
4. הכניסו את המשפך המפריד אל תוך הפקק.
5. וודאו שברז בקבוק היניקה סגור.
6. מלאו את בקבוק היניקה בחומצה המלחית (הכמות בבקבוק שקיבלתם היא הכמות הדרושה לביצוע הניסוי)



תזכורת:



בתהליך זה מומסת הקלציט בתוצאה מתגובה בינה לבין התמיסה המימית של חומצה מלחית.

השערה



1. האם לדעתכם תוספת פחמן דו-חמצני לכוס הניסוי תשפיע על הטמפרטורה? _____
2. אם כן, האם טמפרטורת כוס הניסוי תהיה גבוהה יותר מבכוס הבקרה, נמוכה ממנה או זהה לה? הסבירו:

רשמו את תוצאות הניסוי בטבלה

חישבו:		הטמפרטורה הנמדדת				
הפרש הטמפרטורה		כוס הביקורת		כוס הניסוי		
אחרי	לפני	אחרי	לפני	אחרי	לפני	תאור השינוי שנעשה:

תארו במילים את השינויים שחלו בכוסות במהלך הניסוי

דונו בתוצאות הניסוי: מה ניתן ללמוד מהתוצאות ומה ההשלכות של תוצאות אלו על התחממות כדור הארץ

נסו לחשוב על גורמים טבעיים, גאולוגיים, ביולוגיים ואחרים, אשר עלולים להשפיע על ריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה?

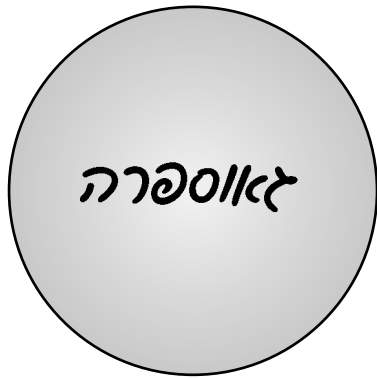
הרחבה

יוניס ניוטון פוט (Eunice Newton Foote; 1819–1888) הייתה מדענית, פיזיקאית, ממציאה, ופעילה למען זכויות נשים מניו יורק. בשנת 1856 כתבה מאמר בשם: "גורמים המשפיעים על חימום קרני השמש" בו הציגה את עבודתה שכללה ניסוי פשוט (דומה לזה שביצעתם) שהדגים את ההשפעה של גזים שונים על הטמפרטורה ובמאמר שלה כתבה כך: אם בזמן כלשהו, יגדל ריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה, הטמפרטורה תעלה. למעשה, היא היתה הראשונה לזהות את הגורם הבסיסי למה שאנו מכנים כיום אפקט החממה. כיוון ש באותן שנים לא איפשרו לנשים לדבר בכנסים ולהציג את עבודתן המדעית, פרופסור ג'וזף הנרי ממכון סמיתסוניאן הציג את המאמר בשמה וזכה ברוב ההכרה והקרדיט.

לצפייה בסרט קצר המתאר את פעלה: <https://youtu.be/WxgAOKzOcBU>

סיכום: קשרי גומלין בין מערכות כדור הארץ

1. אילו קשרי גומלין בין מערכות כדור הארץ מתקיימים סביב התהליך של התחממות האטמוספירה? האיור הבא מייצג את המערכות השונות של כדור הארץ: מערכת האוויר (האטמוספירה), מערכת הסלעים (הגאוספירה), מערכת החי (הביוספירה), ומערכת המים (ההידרוספירה). ציינו על גבי כל חץ, את המספר של התהליך שמתאר אותו.
 1. אדם שורף דלקים
 2. CO_2 נפלט לאטמוספירה
 3. מתרחש שינוי בהרכב האטמוספירה
 4. חלה עליה בטמפרטורת האוויר
 5. קשרים נוספים שאתם יכולים להעלות



2. פוטוסינטזה

[v=a4KYqb3EO-o?https://www.youtube.com/watch](https://www.youtube.com/watch?v=a4KYqb3EO-o)

הוראות לניסוי שממחיש גם את העובדה שהצמחים גם פולטים פחמן דו חמצני בשעת נשימה.

3. מה ניתן ללמוד ממדידות הפחמן הדו חמצני באטמוספירה

איך אפשר להסביר את הגרפים באתר הבא?

עיינו באתר הבא : <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>

אילו שאלות מתעוררות אצלכם בעקבות הצפיה בגרפים ובסרטון המופיעים באתר

4. איזה הבדלים רואים בין חצי הכדור הצפוני לדרומי וכיצד אפשר להסביר אותם?

5.

6. שאלה איזה מערכות יכולות להיות מושפעות מעליית טמפרטורת האטמוספירה? <השאלה הזו תלויה אותנו בהמשך התכנית>

המחשה: כמות הפד"ח שפולטת ניו-יורק לאטמוספירה

צפיה בסרט/הרצאה



- סרטון המחשה [קישור]

תרגום הכיתוביות בתחילת הסרטון:

בשנת 2010 העיר ניו יורק הוסיפה למעלה מ- 54 מיליון טונות של פחמן דו חמצני לאטמוספירה, זה

שני מיליון טון בדקה. כ-75% מהפליטות באות מבניינים.

טון אחד של גז יתפוס נפח של בועה בקוטר של כ-10 מ' (33 feet)

אם כל הגז בניו-יורק היה נפלט ממקום אחד, זו כמות הגז שהייתה מצטברת...

<פעילות 4> ניסוי 2 - השפעת המסת הקרחונים הימיים על מפלס הים

לפניכם תמונה של קרחון ימי



אופן הצבת הניסוי:

1. לפניכם כוס כימית מלאה במים וכוס עם קרח
2. העבירו את הקרח אל הכוס הכימית
3. כסו את הכוס כדי למנוע התאדות
4. סמנו באמצעות טוש את מפלס המים בכוס
5. הניחו את הכוס במקום חמים ועברו לפעילות הבאה*

השערה



נסו לשער כיצד תשפיע המסת הקרחונים הימיים על מפלס האוקיינוסים

המקומות הקפואים על פני כדור הארץ בהם יש רק מים בצורת קרח מוצק או שלג מכונים: **קריוספירה**. השם בא מהמילה היוונית "קריוס" שפירושה קר. **הקריוספירה** כוללת קרחונים ימיים וקרחונים יבשתיים, אגמים קפואים, כיפות קרח, משטחי קרח, אדמה קפואה ומשטחי שלג. ניתן לומר כי הקריוספירה היא החלק של ההידרוספירה בה המים נותרים קפואים בגלל טמפרטורות נמוכות.

שימו לב!!

במשך הדקות הבאות, תנו לניסוי לעמוד, עברו לניסוי הבא - חזרו לכאן עם הפשרת הקרחונים.

בדקו את השינויים שחלו במפלס המים בכוס הניסוי

1. תארו את השינוי

2. הסבירו את הגורם לשינויים שחלו במפלס – מה הם הגורמים לכך?

3. התבוננו בצילום של אזור מפרץ מגלן, המצוי בדרום צילה.



מִיצֵר מַגְלָן, דְּרוֹם צִיְלֵה, באדיבות: NOAA Corps , צילום: Lieutenant Elizabeth Crapo
מה לדעתכם קורה למי הפשרת הקרחונים שבצילום? מה ההשפעה על מפלס האוקיינוס כתוצאה מכך?

4. כיצד גורמת התחממות האטמוספירה של כדור הארץ לשינויי מפלס האוקיינוסים?

5. מה ההשפעות האפשריות של שינויי בריכוז הפחמן הדו חמצני באטמוספירה ושל התחממות האטמוספירה על האוקיינוסים והחיים באוקיינוסים?

6. איזו סכנה קיימת בהקשר זה?

< <https://www.usgs.gov/faqs/where-are-earths-glaciers-located#faq> מידע על קרחונים בעולם: >

<פעילות 5> ניסוי 3 – אלבדו, השפעת (צבע) פני השטח על החזרה ובליעה של

קרינה

ניסוי



בניסוי זה תבחנו את ההשפעות של שינויים בצבע פני הקרקע על הטמפרטורה באטמוספירה.

אופן הצבת הציוד:



הציוד הדרוש לביצוע הניסוי

(ציוד זה יוכן עבורכם על ידי המורה או על ידי הלברנטית)

- שתי כוסות כימיות בנפח 250 מיליליטר
- שתי דיסקיות נחושת צבועות; שחורה ולבנה
- מנורת רפלקס בעוצמה של 100w עם כן ואוחזים
- 2 מדי טמפרטורה דיגיטאליים עד 1000°C
- מגש עבודה
- [שרטוט הצבת הכלים](#)



- הקפידו להציב את שתי הכוסות במרחק זהה מהמנורה.
- הדליקו את המנורה.

השערה



3. האם לדעתכם יהיה הבדל בין הטמפרטורה בכוס המכילה דסקית לבנה לכוס המכילה דסקית שחורה?
הסבירו.

4. רשמו את תוצאות הניסוי בטבלה

שינוי טמפרטורה לאורך תהליך החימום		
זמן מתחילת הניסוי	כוס שחורה	כוס לבנה
תחילת הניסוי (0)		
כעבור 3 דקות		
כעבור 6 דקות		
כעבור 9 דקות		
כעבור 12 דקות		
כעבור 15 דקות		

תארו במילים את השינויים שחלו בכוסות במהלך הניסוי

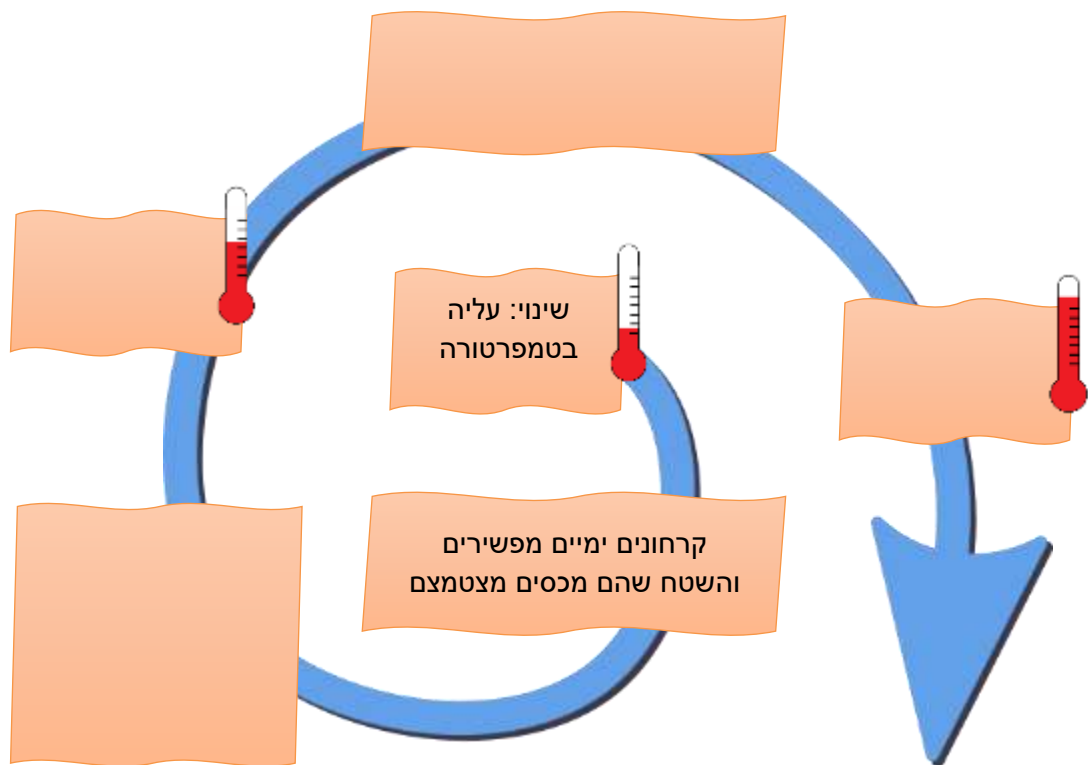
5. דונו בתוצאות הניסוי: מה ניתן ללמוד מהתוצאות ומה ההשלכות של תוצאות אלו על התחממות כדור הארץ

6. נסו לחשוב על גורמים טבעיים, גאולוגיים, ביולוגיים ואחרים, אשר עלולים להשפיע על שינויי טמפרטורה באטמוספירה?

משוב הפשרת קרחונים (אלבדו)

1. השלימו את תרשים הזרימה משוב האלבדו (העזרו בבנק המושגים):
<למורה> להשלמת השלבים הבאים (שימו לב שיש לתלמידים היגדים שהם מסיחים):
- (3) פני הים (הגליים) קולטים יותר קרינה מהקרח שהיה שם קודם. (4) עליה בטמפרטורה והתחממות.
(5) כיסוי הקרח מפשיר והקרחון מצטמצם יותר. (6) עליה בטמפרטורה והתחממות.

- עליה בטמפרטורה והתחממות
- פני הים (הגליים) קולטים יותר קרינה מהקרח שהיה שם קודם
- כיסוי הקרח מפשיר והקרחון מצטמצם יותר
- קרחונים מצטברים על רכסי הרים
- קרחונים יבשתיים נודדים לכיוון האוקיינוסים



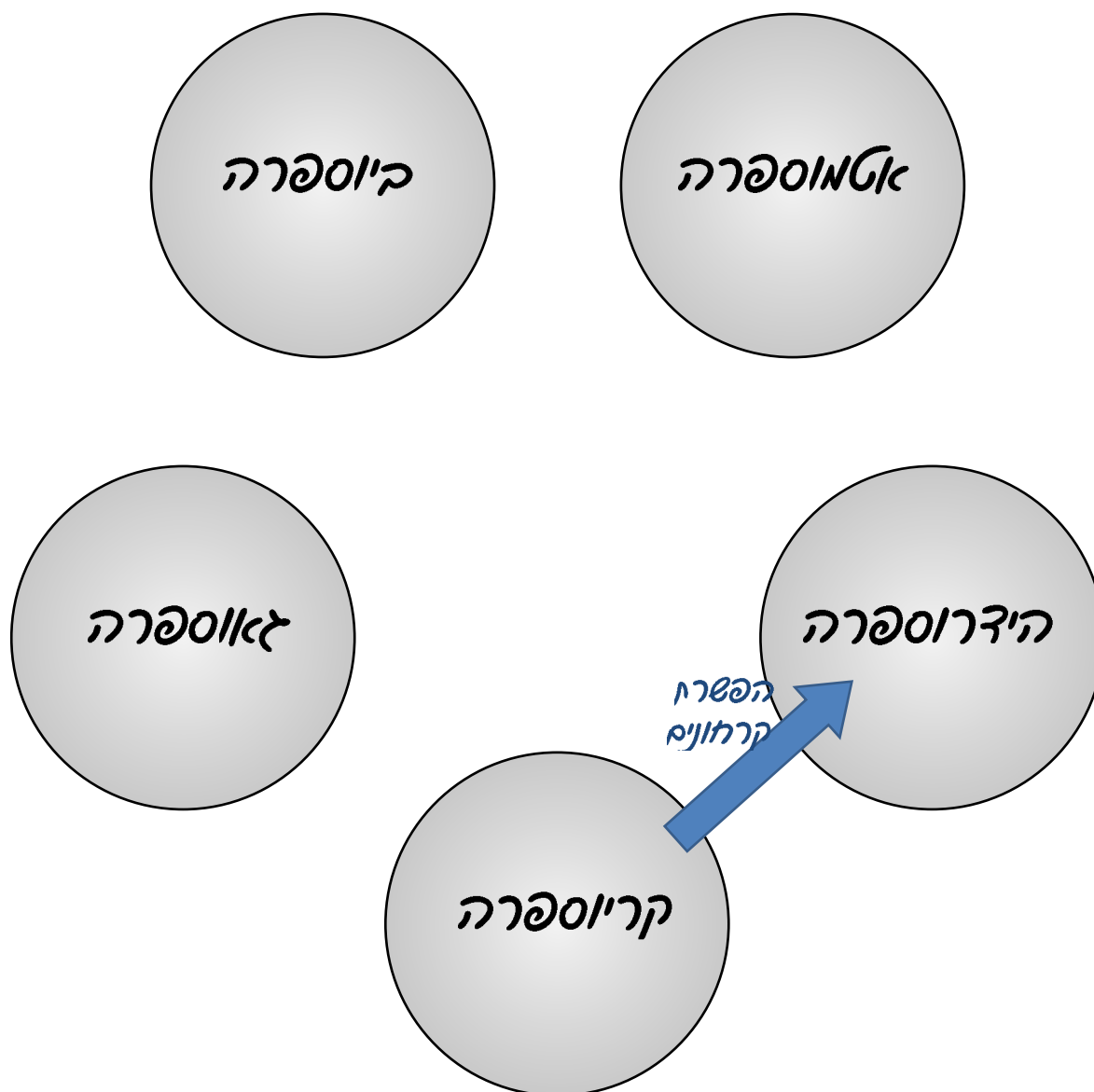
2. משוב האלבדו הוא משוב _____ (חיובי/שלילי) כיוון שהתופעה (התחממות במקרה זה) גורמת להעצמה והגברה של התופעה (נהיה חם יותר).

סיכום: השפעת הפשרת הקרחונים והאלבדו על קשרי גומלין בין מערכות כדור

הארץ

<למורה> צריכים להופיע כאן התהליכים והקשרים הבאים (ועוד):

אידוי, עיבוי, משקעים, חימום, קירור, ירידת/עליית טמפרטורות, עליית מפלס פני הים, חלחול, המסה, זרימה, נגר, מעבר חום, קרינה, החזרה,



<פעילות 6> ניסוי 4 - לאן נעלם ה- CO₂ מהאטמוספירה

רקע

בשיעורים הקודמים למדתם שריכוז ה-CO₂ האטמוספירי עלה בעשרות השנים האחרונות עקב פעילות האדם שבמהלכה נעשות פעילויות רבות המשחררות פחמן.

נוסף על כך למדתם שגורמים ותהליכים טבעיים משפיעים גם הם על ריכוזו של גז זה באטמוספירה. כדי לקבל תמונה ברורה יותר מנסים המדענים לאסוף נתונים גם על כמות ה-CO₂ העוברת מדי שנה בכל אחד מהתהליכים. מניתוח הממצאים של מחקרים אלו עולה נתון מפתיע: **לא כל ה-CO₂ שנפלט לאטמוספירה נשאר בה.**

על סמך ממצא מפתיע זה הסיקו החוקרים שיש גורם כלשהו הקולט CO₂ מהאטמוספירה ועל ידי כך מקטין את הריכוז האטמוספירי של גז זה.

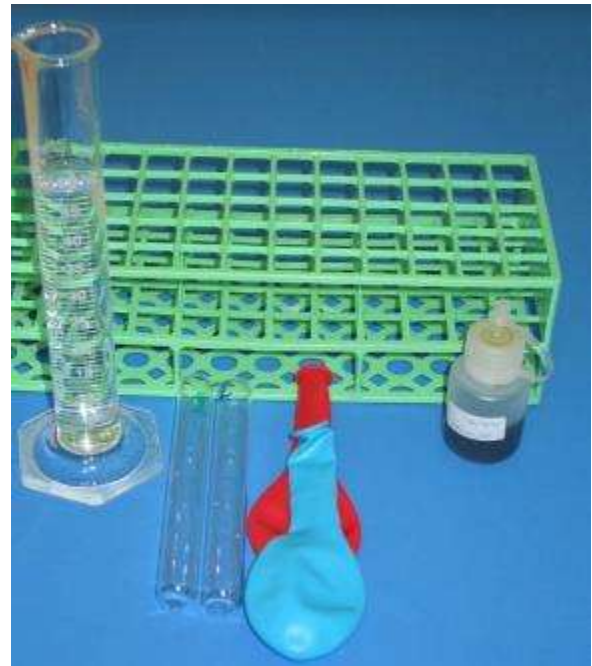
בשפה המדעית נקרא גורם הקולט כמות גדולה יותר משהוא משחרר – **מַבְלָע** (Sink).
גורם המשחרר כמות גדולה יותר מאשר הוא קולט נקרא בשפה המדעית – **מְקוֹר** (Source).

בפעילות זו ננסה לבדוק איזה גורם יכול להוות **מַבְלָע** בעבור ה-CO₂ האטמוספירי.

הציוד הדרוש לביצוע הניסוי



- 2 בלונים
- 2 מבחנות + מעמד למבחנות
- משורה בנפח 50 מיליליטר
- אינדיקטור pH כללי
- מכל CO₂
- משאבת אופניים
- 2 חתיכות של נייר שעווה לסגירת המבחנות
- מי ברז
- טוש לרישום על הבלונים.



השערה



נסו לחשוב, אילו גורמים בכדור הארץ יכולים לקלוט CO₂ מהאטמוספירה?

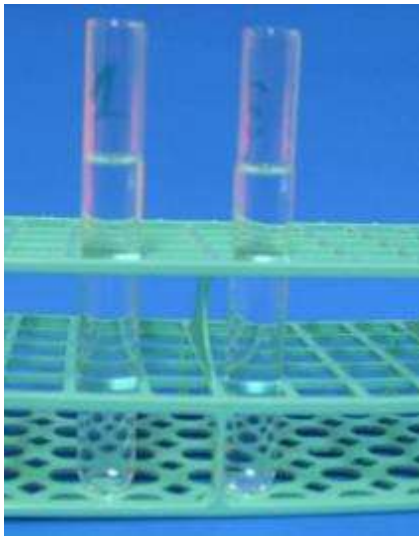
1.	2.	3.
4.	5.	6.

מטרת הניסוי:

לבדוק אם האוקיינוסים המכסים כ-70% משטח כדור הארץ יכולים להוות מבלע (Sink) עבור CO_2 אטמוספירי.

כלומר: אם CO_2 יכול לעבור מהאוויר (האטמוספירה) אל המים (האוקיינוסים)?

מהלך הניסוי



אופן העמדת הניסוי:

- מלאו את שתי המבחנות הריקות במי ברז עד מחצית מגובהן.
- הקפידו שגובה המים בשתי המבחנות יהיה שווה.
- הניחו את המבחנות בתוך המעמד והקפידו שיהיו יציבות.
- טפטפו אל כל מבחנה 30 טיפות של אינדיקטור pH כללי

 [צפו בסרטון](#).

ה. כסו את המבחנות בעזרת נייר שעווה ונערו אותן, אך הקפידו

שהמים לא יבואו במגע עם כף היד  [צפו בסרטון](#).

ענו על השאלות הבאות

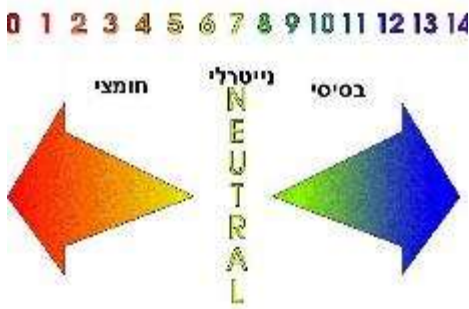


1. מה צבע המים שהתקבל?

2. האם pH המים שווה בשתי המבחנות?

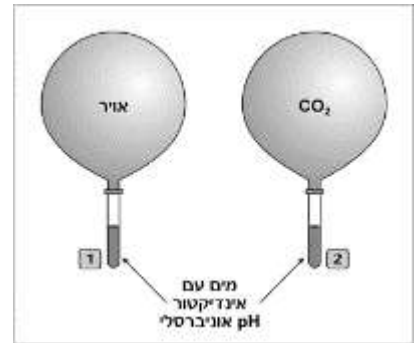
3. מה ערך ה pH במבחנות?

4. האם המים חומציים או בסיסיים?



המשך הניסוי:

- ו. כתבו על אחד הבלונים "אוויר" ועל הבלון האחר " CO_2 ".
- ז. נפחו את הבלון "אוויר" באמצעות משאבה והלישו אותו על מבחנה מספר 1  צפו בסרטון.
- ח. נפחו את הבלון " CO_2 " באמצעות מכל ה- CO_2 שבמעבדה (היעזרו במורה) והלישו אותו על מבחנה מספר 2 כמתואר בתמונות.



שימו לב: משלב זה אין להזיז את המבחנות ממקומן ואין לטלטל אותן.

5. איזו מבחנה היא מבחנת הניסוי ואיזו מבחנה היא מבחנת הבקרה?

השערה

6. האם חיבור הבלונים למבחנות יביא לשינוי ב-pH של המים באחת מהמבחנות?

מבחנת הניסוי	מבחנת הבקרה
 השערה: pH בסוף הניסוי	

תוצאות

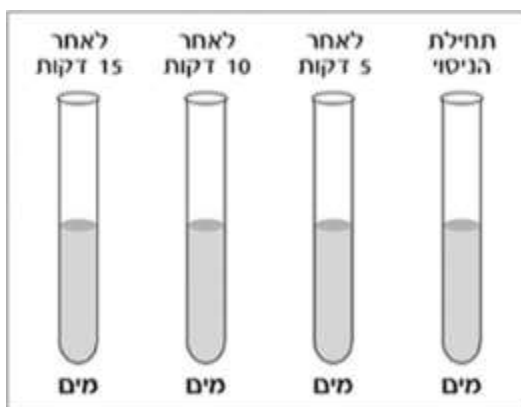
הציבו נייר לבן כרקע והתבוננו היטב בשתי המבחנות (בלי להזיז אותן ומבלי לטלטל את השולחן).

האם אתם מבחינים בשינוי צבע המים?

1. באיזה מבחנה השתנה צבע האינדיקטור

2. האם השינוי חל בכל המבחנה או רק באזור מסוים? הסבירו:

3. האם השינוי שחל בצבע האינדיקטור מעיד שהמים הפכו חומציים יותר או בסיסיים יותר?



4. סמנו על גבי הסרטוטים הבאים את האזור שבו צבע האינדיקטור השתנה במבחנת הניסוי במהלך הניסוי:

5. האם התוצאות שהתקבלו תואמות את ההשערות שהעלתם בתחילת הניסוי? אם כן, ציינו מהן התוצאות התואמות את ההשערות. אם לא, ציינו מה הן התוצאות אשר אינן תואמות את ההשערות.

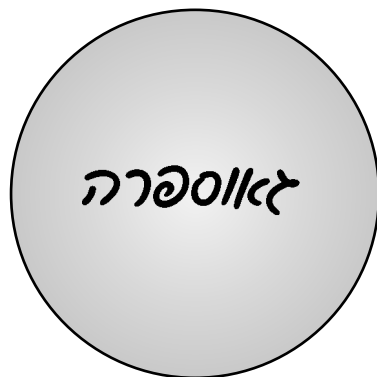
דיון וסיכום



1. בניסוי שערכתם ראיתם שבמבחנת הניסוי המים באו במגע עם ה- _____ והתחולל שינוי ב- pH של המים. המים הפכו **חומציים/בסיסיים** יותר (מחקו את המיותר).
2. שינוי זה התרחש במבחנה מספר 1/2 והוא תוצאה של מעבר גז מהמים אל האוויר/ מהאוויר אל המים (מחקו את המיותר).
3. השינוי התרחש במבחנה שבה היה ריכוז ה- CO_2 באוויר **גבוה יותר / נמוך יותר** (מחקו את המיותר).

סיכום: חומצה פחמתית,

קשרי גומלין – מה התהליך שראינו קורה >מעבר פדח מאטמו' להידרו' << החמצת האוקיינוס על אילו מערכות תהיה השפעה של תהליך זה?



רעיונות לפרוייקטים:

החמצת האוקיינוסים והשפעותיה על הביוספירה...

משאבים לדוגמא.

1. מאמר באקולוגיה וסביבה: <https://magazine.isees.org.il/?p=15809>
2. תחושה של החמצה – מאמר בזווית
<https://www.zavit.org.il/%D7%90%D7%A1%D7%95%D7%A8-%D7%9C%D7%94%D7%97%D7%9E%D7%99%D7%A5/>
3. החמצת מי הים הייתה אחראית לאירוע הכחדה המוני - מכון דוידסון
<https://davidson.weizmann.ac.il/online/maagarmada/sciencenews/%D7%94%D7%97%D7%9E%D7%A6%D7%AA-%D7%94%D7%99%D7%9D-%D7%94%D7%99%D7%99%D7%AA%D7%94-%D7%90%D7%97%D7%A8%D7%90%D7%99%D7%AA-%D7%9C%D7%90%D7%99%D7%A8%D7%95%D7%A2-%D7%94%D7%9B%D7%97%D7%93%D7%94-%D7%94%D7%9E%D7%95%D7%A0%D7%99/>
4. שני סרטונים של מעלה וחצי:
 - פרופ' יונתן ארז: אלמוגים ושינוי האקלים - <https://degreeandahalf.huji.ac.il/lecture-20>
 - פרופ' יעלה שקד: האוקיינוס ושינוי האקלים - <https://degreeandahalf.huji.ac.il/lecture-18>

<פעילות 7> ניסוי 5 - הפחמן הכלוא בסלעים

רקע

תהליכי השקעה ביוגנית באוקיינוסים, בהם עוסקת הפעילות "תהליכים ביולוגיים באוקיינוסים", ותהליכי השקעה כימיים, בהם עוסקת הפעילות "התגבשות מתמיסה רוויה", גורמים למעברי פחמן מההידרוספירה ומהאטמוספירה אל הגאוספירה. לאחר מעבר הפחמן אל הסלעים הוא אינו זמין לתהליכים הביולוגיים. כדי שהפחמן יהיה זמין שוב עליו להשתחרר מהסלע. התהליך הנפוץ ביותר בטבע הגורם לשחרור פחמן מהסלעים הוא תהליך ההמסה. בפעילות זו נשחרר את הפחמן מסלע הקרטון על ידי המסת הסלע בחומצה מלחית.

השערה

נסו לשער כמה מהפחמן המצוי בכדור הארץ כלוא בסלעים.

הקיפו בעיגול את ההשערה הנראית לכם מתאימה ביותר:

<1%

1-10%

10-50%

>50%

>90%

במהלך הניסוי ננסה לבחון את השערה שלכם.

הציוד הדרוש לביצוע הניסוי

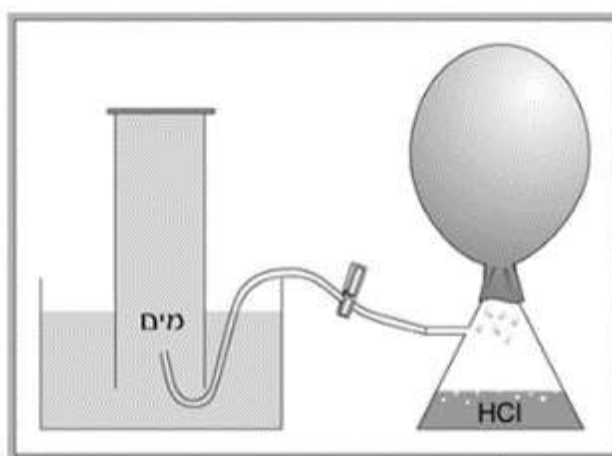


- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 50 מיליליטר תמיסת חומצה מלחית בריכוז של 6% • בקבוק יניקה בנפח 250 מיליליטר, לזרוע הבקבוק מחובר צינור גומי באורך 30 סנטימטר • מלחצי-הופמן לאטימת צינור הגומי • קערה מלאה עד חציה במים • משורה בנפח 500 מיליליטר | <ul style="list-style-type: none"> • 7 גרם של סלע קרטון כתוש לאבקה דקה • בלון • כפית פלסטיק • משפך זכוכית • גומיה • סרט מדידה • מחשבון |
|--|---|



בצעו את הניסוי על פי השלבים הבאים:

- א. נפחו מעט את הבלון על מנת לשחרר הדפנות שלו, שחררו את כל האוויר מהבלון.
- ב. מזגו אל בקבוק היניקה 50 גרם של תמיסת חומצה מלחית.
- ג. השחילו את המשפך אל פיית הבלון.
- ד. העבירו את הקירטון הגרוס דרך המשפך אל תוך הבלון.
- ה. הלישו את הבלון על פתח בקבוק היניקה מבלי שהאבקה תשפך אל הארלנמייר.
- ו. מלאו את המשורה במים והציבו אותה בתוך קערת המים.
- ז. השחילו את קצה צינור הגומי אל המשורה כמתואר באיור.
- ח. **ודאו שצינורית הגומי אטומה בעזרת מלחצי-הופמן.**
- ט. הרימו את הבלון כך שכל אבקת הקירטון תשפך אל תוך בקבוק היניקה.



1. איזה תהליך התרחש כאשר הקירטון בא במגע עם תמיסת החומצה המלחית?

2. איזה מהתוצרים נשאר כנוזל בתוך בקבוק היניקה?

3. איזה מהתוצרים עלה, כגז, אל הבלון?

בניסוי שערכתם הומס סלע הקירטון כתוצאה מהתגובה בינו לבין תמיסת החומצה המלחית. כתוצאה מתהליך זה עבר הפחמן, כגז פחמן דו חמצני, מהגאוספירה, בה היה במצב צבירה מוצק, אל תוך הבלון כגז. כאשר תרוקנו את הבלון בסיום הניסוי יעבור הגז מהבלון אל האטמוספירה. התהליכים עליהם למדתם במסגרת השיעורים הקודמים הם תהליכים הגורמים למעבר פחמן בין מערכות כדור הארץ השונות. בחלק מהתהליכים מתרחשים גם שינויים במצב הצבירה. הפחמן הופיע כגז, כמומס בנוזל או כחלק ממוצק.

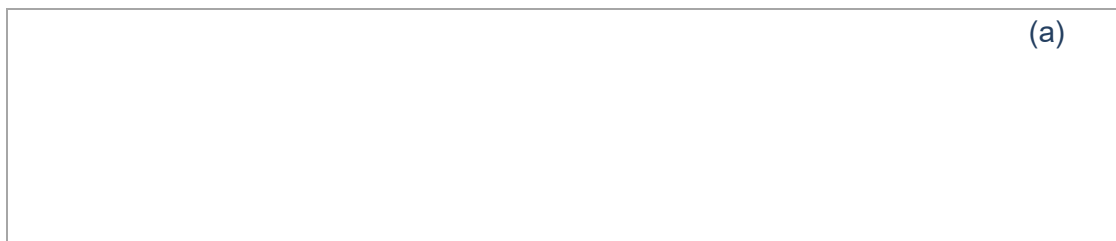
מעבר הפחמן במערכות כדור הארץ

4. נסו להציע רצף אפשרי של תהליכים שעבר אטום פחמן הנמצא כרגע בבלון. רצף זה צריך לכלול את כל מערכות כדור הארץ (אטמוספירה, ביוספירה, הידרוספירה וגאוספירה). המעבר בין המערכות השונות מתרחש באמצעות התהליכים שלמדתם בפעילויות הקודמות. תארו מסלול זה באופן מילולי או באמצעות שרטוט.

תאור מילולי:

5. תאור באמצעות שרטוט

(a)



כמה פחמן יש בגאוספירה?

לאחר סיום התסיסה שחררו את המלחצי-הופמן ואפשרו לגז לעבור דרך הנוזל אל תוך המשורה. ודאו כי כל הגז יצא מהבלון. בידקו את נפח המים במשורה. נפח המים במשורה זהה לנפח ה- CO_2 שנפלט כתוצאה מהמסת הקירטון.

נפח הבלון הוא _____ סמ"ק.

כדי להמשיך בתרגיל עליכם לחשב מה נפח הבלון בליטר.

כל ליטר מכיל אלף סמ"ק, כדי לעבור מסמ"ק לליטר חלקו את התוצאה ב 1000

נפח הבלון הוא _____ ליטר.

במהלך הניסוי המסתם את שבעה גרם של קירטון וכתוצאה מכך השתחרר CO_2 אשר גרם לניפוח הבלון. אולם בשלב זה קשה לכם להעריך אם כמות זו של CO_2 היא כמות גדולה או קטנה. כדי לקבל מושג כללי נשווה את כמות ה- CO_2 שבבלון לכמות ה- CO_2 החופשי הנמצא בכיתה.

כדי לבצע חישוב זה עליכם לדעת את הנתונים הבאים:

א. נפח הכיתה.

ב. ריכוז ה- CO_2 בכיתה כלומר, כמה CO_2 מכיל האוויר בכיתה.

כיצד נבדוק זאת??

1. כדי לחשב את נפח הכיתה עליכם למדוד אותה באמצעות סרט המדידה.

אורך הכיתה _____ מטר.

רוחב הכיתה _____ מטר.

גובה הכיתה _____ מטר.

2. כדי לחשב את נפח הכיתה עליכם לכפול את התוצאות באופן הבא:

נפח הכיתה = אורך הכיתה X רוחב הכיתה X גובה הכיתה

_____ X _____ X _____ = _____

3. כדי להעביר את התוצאה לליטרים עליכם לכפול אותה ב 1000.

נפח הכיתה הוא: _____ ליטר = _____ X 1000

בפעילויות קודמות למדתם שריכוז ה- CO_2 באטמוספירה הוא 0.037%,

כלומר, 0.00037 מהאוויר שבכיתה הוא CO_2 .

4. חישוב כמות ה- CO_2 בכיתה:

כמות ה- CO_2 בכיתה = 0.00037 X נפח הכיתה

_____ ליטר = _____ X 0.00037

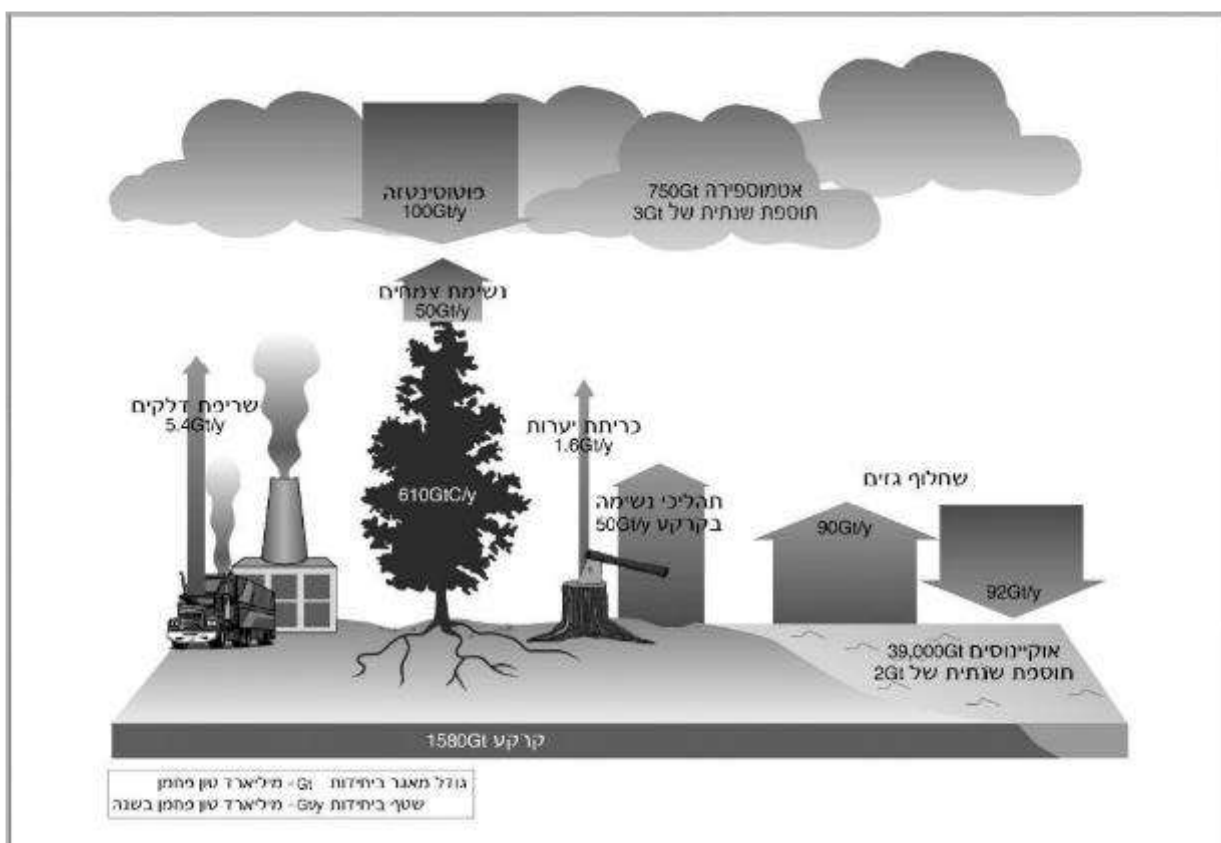
5. חשבו את כמות הקירטון שיש להמיס על מנת להפיק כמות CO_2 הזזה לכמות הנמצאת בחלל הכיתה.

6. בתחילת הפעילות התבקשתם להעריך כמה מהפחמן בכדור הארץ כלוא בגאוספירה. האם בעקבות הפעילות השתנתה תשובתכם לשאלה זו?

עיינו בשרטוט:

> יש עוד שרטוטים כאן:

<https://drive.google.com/file/d/1SOVxRgFjPmwYTOyD-vheAl3uvRwZtdYS/view?usp=sharing>



איזה אחוז מהפחמן שבכדור הארץ כלוא בגאוספירה?

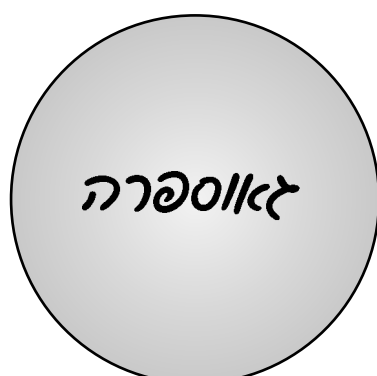
סיכום - מחזור הפחמן

- חפשו באינטרנט שרטוט המתאר את מחזור הפחמן [צרפו אותו למחברת שלכם]
- נתחו את השרטוט
- האם כל התהליכים עליהם למדתם מופיעים בשרטוט?
- האם יש תהליכים חדשים עליהם למדם בעקבות העיון שרטוט?
- אילו דברים חדשים למדתם היום בעקבות הפעילויות בהן השתתפתם? פרטו

סיכום: מחזור – מחזור הפחמן

>יחסי גומלין ואבחנה בין המחזור הקצר לארוך

משוב קרבונטי << סיליקטי (בליה הרבדה – משוב ששלילי שאמור לאזן בטווח הארוך<



סרטון חביב של מכון דוידסון שמדבר על העצים כבולעני פד"ח

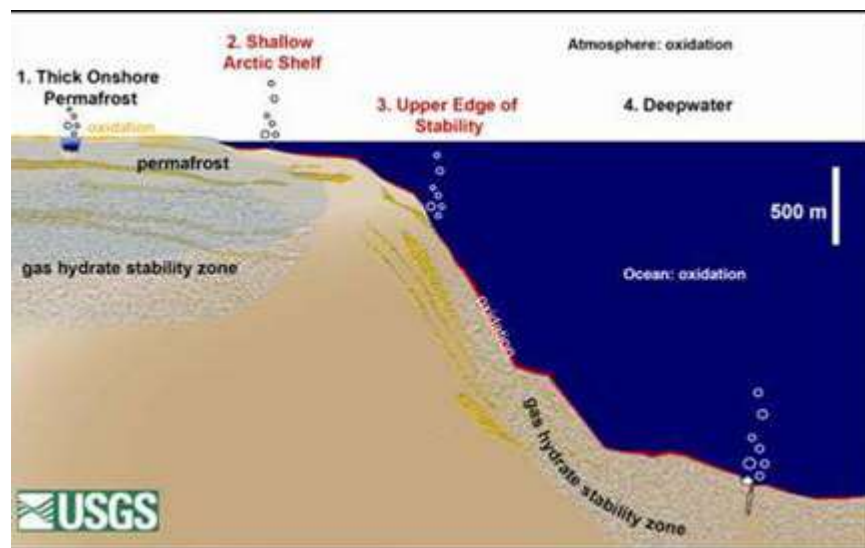
ממה בנויים העצים?

<https://davidson.weizmann.ac.il/online/sciencelab/%D7%9E%D7%9E%D7%94-%D7%91%D7%A0%D7%95%D7%99%D7%99%D7%9D-%D7%94%D7%A2%D7%A6%D7%99%D7%9D>

<פעילות 8> אקדח המתאן

המתאן ($\text{Methane} - \text{CO}_4$) הוא גז קל וחסר ריח, אשר משפיע על אפקט החממה באופן גדול בהרבה מהפחמן הדו חמצני (CO_2). מתאן משתחרר לאטמוספירה בעקבות מספר תופעות: (1) פעילות חקלאית – כמו עיכול של בעלי חיים מעלי גרה, גידולי אורז, (2) פעילות חיידקים באזורי ביצות ופירוק אנארובי של חומר אורגני (גם במטמנות אשפה), (3) תעשיות הנפט והגז פולטות מתאן בתהליך הכריה ובתהליך השרפה ועוד. על כל אלו אנחנו (האנושות) יכולים להחליט לשלוט ולהפחית שימוש והשפעה. אולם, כמויות גדולות מאוד של מתאן נמצאות בתוך מתאן-הידראטים – אלו הם גבישי קרח הכולאים בתוכם מולקולות של מתאן, אלו נשארים יציבים בטמפרטורות נמוכות – כ- 4°C ולחץ גבוה. ההערכה היא שיש מרבצים גדולים מאוד של מתאן-הידראטים בקרקעית האוקיינוסים וגם בקרקעות קפואות-עד בקטבים.

המתאן (כמו הפחמן הדו חמצני) משתחרר כל הזמן מקרקעית האוקיינוס אל המים ומהם אל האטמוספירה. עליה בטמפרטורת המים עלולה להביא לשחרור מוגבר של מתאן המומס במים אל האטמוספירה. אולם, החשש הוא שמשו יגרום לשחרור כמות גדולה מאוד של מתאן למי האוקיינוס ומשם לאטמוספירה מה שעלול להביא לשינוי קיצוני באפקט החממה. מדענים עסוקים בחקר התופעה מזה שנים – תחילה חקרו את ההידראטים, כיוון שאלו גרמו לסתימות בצינורות הגז של קידוחי הגז והנפט, כיום חוקרים את התופעה בשל החשש מ'התפרצות מתאן' מה שמכונה: אקדח המתאן (Clathrate gun hypothesis).

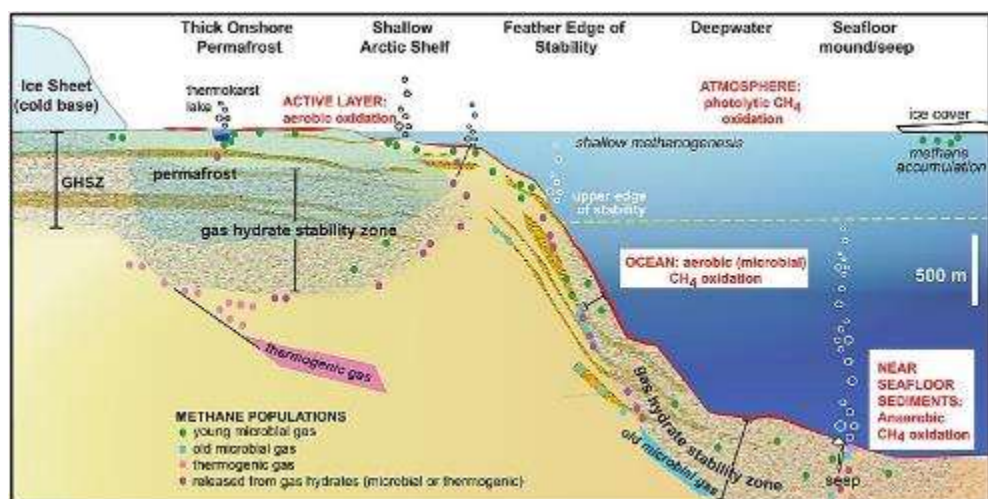


חתך סכמטי של מדף היבשת עד קרקעית האוקיינוס, האזורים האפורים מציינים את אזור היציבות של המתאן-הידראטים.

<https://www.usgs.gov/media/images/schematic-depicting-onshore-deepwater-ocean-basin>

צילום בנחלת הכלל באדיבות ה-USGS

יש בוויקיפדיה איור מוצלח יותר:



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gas-hydrate_deposits_by_sector.jpg



בועות מתאן עולות מקרקעית האוקיינוס

צילום באדיבות: NOAA OKEANOS Explorer Program , 2013 ROV Shakedown and Field Trials

<https://photolib.noaa.gov/Collections/Voyage/Other/emodule/1340/eitem/79210>

סרטונים רלוונטיים (באנגלית)

<https://youtu.be/iDBt07skLbQ>

קראו עוד:

הידען: קרח לוהט / ליסה מרגולי - <https://www.hayadan.org.il/4hot-ice-0804158>

<פעילות 9> מחזורי אקלים טבעיים והתחממות מעשה ידי אדם

צפיה בסרט/הרצאה



א. צפו בהרצאתו של ד"ר יוני גולדסמית בנושא "[מחזורי אקלים טבעיים והתחממות מעשה ידי אדם](#)"

ב. במהלך הצפיה רשמו לעצמכם נקודות חשובות ומונחים שדורשים הבהרה נוספת.

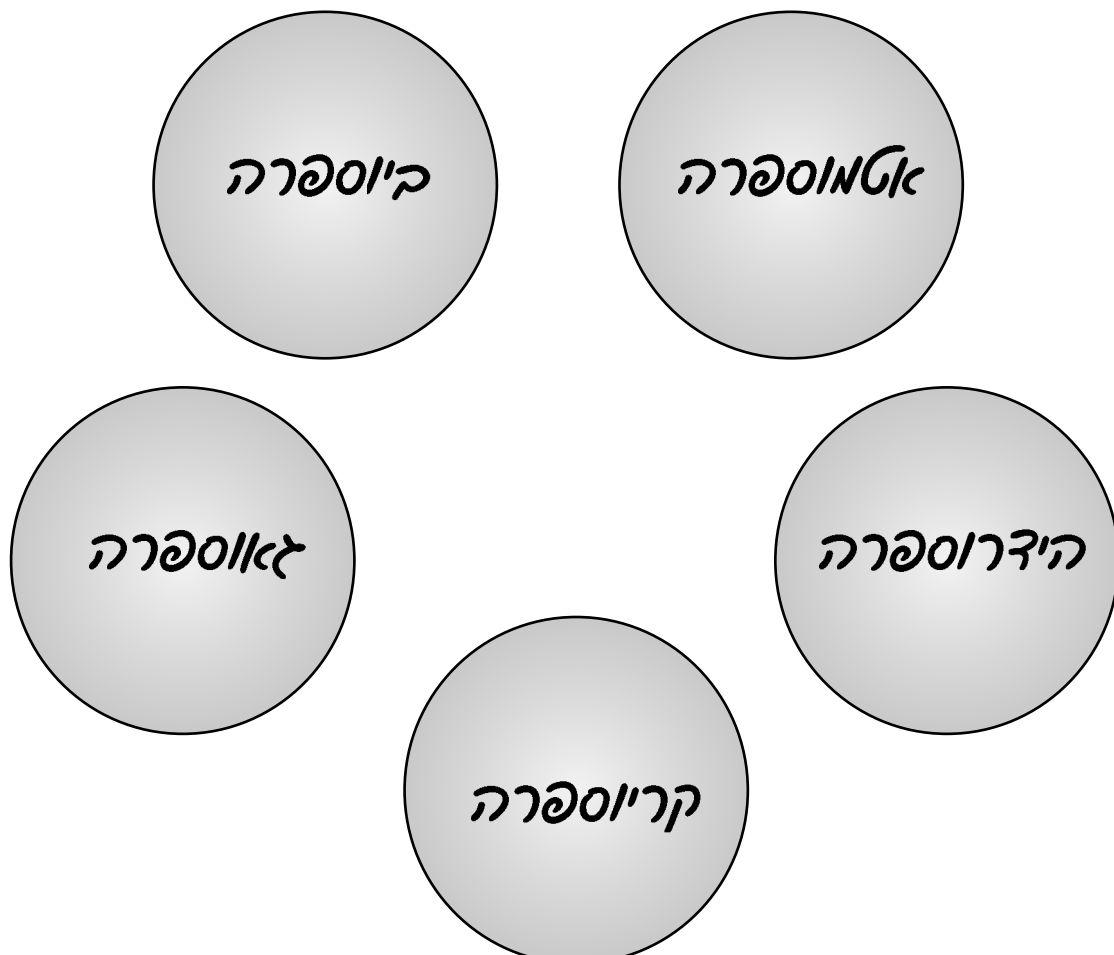
(זכרו שאתם יכולים לעצור את הסרטון בכל רגע ולחזור ולצפות בקטעים שונים)

ג. ענו על השאלות הבאות:

1. אילו גורמים טבעיים מכתיבים שינויי אקלים?

2. האם שינויי האקלים שאנו עדים להם בתקופתנו נובעים ממחזורים טבעיים? הסבירו

ד. לסיכום: ציינו את קשרי הגומלין בין מערכות כדור הארץ במחזורי האקלים הטבעיים:



<פעילות 10> מי אחראי לעליית רכוז הפד"ח (פחמן דו חמצני) באטמוספירה?

צפיה בסרט/הרצאה



א. צפו בהרצאתו של ד"ר אורי ריב בנושא "[מי אחראי לעליית רכוז הפד"ח באטמוספירה](#)".

ב. במהלך הצפיה רשמו לעצמכם נקודות חשובות ומונחים שדורשים הבהרה נוספת. (זכרו שאתם יכולים לעצור את הסרטון בכל רגע ולחזור ולצפות בקטעים שונים)

ג. ענו על השאלות הבאות:

1. מה הם המקורות האפשריים לעליית רכוז הפד"ח באטמוספירה?

2. אילו איזוטופים של פחמן נזכרים בהרצאה? מיהו האיזוטופ השכיח ביותר של הפחמן בכדה"א? מי מהם יציבים ומי רדיואקטיבי?

3. מאז המהפכה התעשייתית - במקביל לעליה ברכוז הפד"ח באטמוספירה נמדדת _____ (עליה או ירידה) ברכוז האיזוטופ C^{13} (פחמן 13) באטמוספירה.

4. כיצד תורמת תצפית זו למסקנה שעליית רכוז הפחמן באטמוספירה נגרמת כתוצאה משריפת דלקים פוסיליים?

5. מאז המהפכה התעשייתית - במקביל לעליה ברכוז הפד"ח באטמוספירה נמדדת _____ (עליה או ירידה) ברכוז האיזוטופ C^{14} (פחמן 14) באטמוספירה.

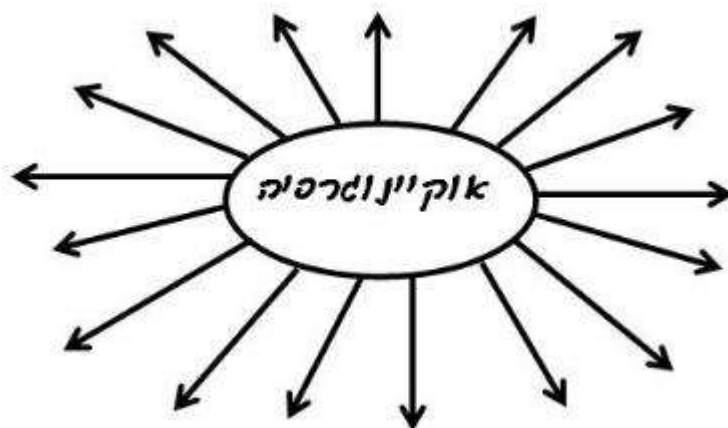
6. כיצד תורמת תצפית זו למסקנה שעליית ריכוז הפחמן באטמוספירה נגרמת משריפת דלקים פוסיליים?

לסיכום: הוסיפו למערכת קשרי הגומלין מהפעילות הקודמת את התהליכים שהם מעשה ידי האדם.

פרק ג: סירקולציית האוקיינוסים ושינויי אקלים

<פעילות 1> מה אנחנו יודעים על אוקיינוגרפיה? וצפיה בסרט "היום שאחרי מחר"

1. רשמו מסביב לחיצים את המושגים הקשורים לאוקיינוגרפיה:



2. מיינו את התופעות והמושגים שרשמתם לפי קטגוריות שאתם בוחרים.

3. הקשר בין האוקיינוסים למערכות כדור הארץ השונות

א. מה לדעתכם הקשר בין האוקיינוסים לאטמוספירה?

ב. האם יש תופעה המוכרת לכם בקשר זה?

ג. מה לדעתכם הקשר בין האוקיינוסים לביוספירה?

ד. מה הקשר בין האוקיינוסים לגיאוספירה?

ה. האם ישנה תופעה המוכרת לנו בקשר זה?

ו. מה הקשר בין האוקיינוסים לאדם?

צפיה בסרט – היום שאחרי מחר



<השיגו בספריות את הסרט: היום שאחרי מחר>

כיום האוקיינוסים מקושרים עם נושאים סביבתיים רלוונטים לחיינו - הוריקנים, גלי צונאמי, תופעת האל ניניו ועוד... אנו עומדים לצפות בסרט המחדד את הקשר בין האוקיינוסים ושאר מערכות כדור הארץ ואת מקומו של האדם בין מערכות אלו, קשר המוביל לתקופת קרח.

"היום שאחרי מחר" (דקות 00:00-30:00)

לאחר הצפייה בסרט ענו על השאלות הבאות:

מומלץ לקרוא את השאלות לפני הצפייה בסרט ולחפש להן תשובות במהלך הצפייה!

1. האם לדעתכם הנאום המדעי הפותח את הסרט מצייר תסריט אפשרי או דמיוני?

2. באיזה אוקיינוס נמצאים המצופים המודדים טמפרטורה?

3. בכמה ירדה הטמפרטורה, כפי שנמדד במצוף ש"התקלקל"?

4. מהם הסימנים המקדימים לכך ש"התהליך" מתחיל לקרות? (אילו תופעות שונות קורות בעולם?)

א. תופעות הקשורות לביוספירה:

ב. תופעות הקשורות לאטמוספירה:

ג. תופעות הקשורות להידרוספירה:

5. שאלות שעלו במהלך הצפייה בסרט:

בעקבות הסרט הבנו כי זרמים בים אחראים במידה רבה על האקלים.

בפעילויות הבאות נבין מה גורם לזרמים באוקיינוסים ומה משפיע על כיוון זרימתם.

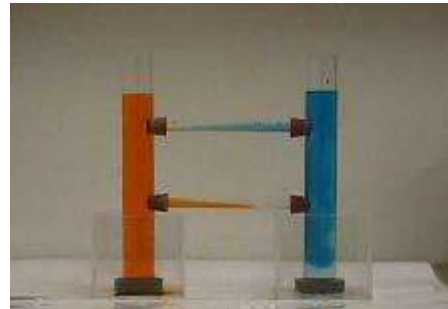
<פעילות 2> ניסוי 1: האם חום המים גורם לתנועה

בעקבות הסרט היום שאחרי מחר בו צפינו, ראינו כי בים ישנה תנועה הגורמת לזרמים. בפעילויות הבאות נברר מהם הגורמים לזרמים בים נבדוק את גורם החום ואת המליחות.



הציוד הדרוש לביצוע הניסוי

- 2 צבעי מאכל נוזליים שונים
- מתקן הדמיה לזרימה מלא במים
- 200 מ"ל מים חמים (80°C)
- 200 מ"ל מים קרים וקוביות קרח



מטרת הפעילות:

בפעילות זו ננסה לבדוק האם הפרשי טמפרטורות יגרמו לזרימה?

ואם כן מה יהיה כיוון זרימת המים מהאזור החם אל הקר או להפך.

מהלך הפעילות:

לפניכם מערכת המדמה תהליכי זרימה. אנו נעקוב אחרי שני גופי מים, שיהיו צבועים בצבעים שונים, ונוכל לצפות בתנועה של כל גוף מים כתוצאה מחימום או מקירור.

זרימה במתקן ההדמיה

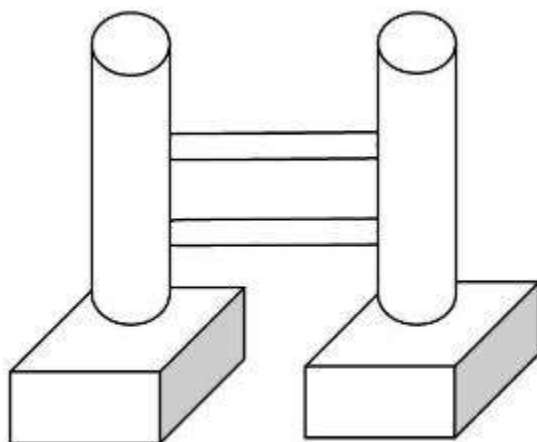
1. מלאו את כלי ההדמיה שלפניכם במים.

2. מדדו את טמפרטורת המים. טמפרטורת המים היא: _____

3. טפטפו בו זמנית לכל צינור אנכי 10

טיפות של צבע מאכל שונה וציירו

את המצב שהתקבל:



במהלך הפעילות נשים מים חמים באמבט אחד ומים קרים באמבט השני.



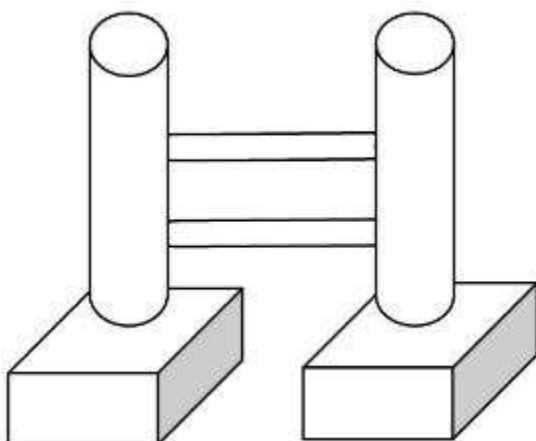
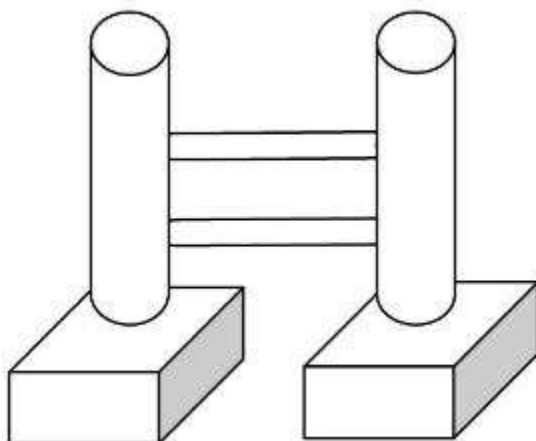
1. מה לדעתכם יהיה צבע המים בסוף הפעילות? _____
2. האם המים הקרים יזרמו לכיוון החמים בצינור העליון, בצינור התחתון או בשני הצינורות גם יחד? _____



1. מלאו את האמבט הימני במים חמים. הטמפרטורה באמבט היא: _____.
2. מלאו את האמבט השמאלי במים קרים ובקוביות קרח הטמפרטורה באמבט היא: _____.

תוצאות:

ציירו את שהתקבל במהלך הניסוי אם נראית זרימה סמנו את כיוון הזרימה בכל צינור על גבי האיור:



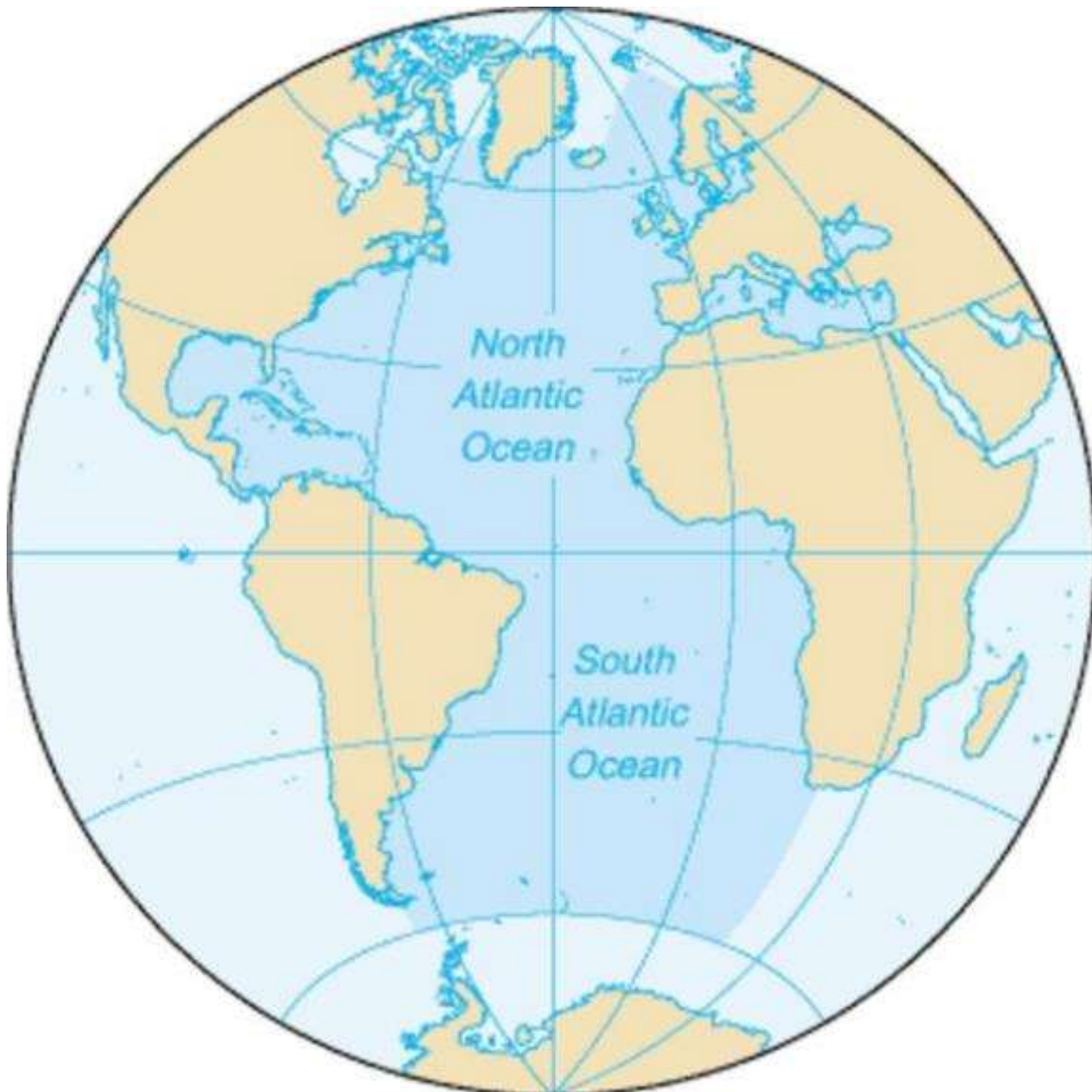
לאחר שנפסקה הזרימה המתינו עוד 5 דקות, מדדו את טמפרטורת המים בכל אמבט. טמפרטורת המים החדשה באמבט החם היא: _____ ובאמבט הקר היא: _____.

ציירו את המערכת במצבה הסופי:



1. מה היה כיוון הזרימה? _____
2. מדוע לדעתכם נוצרה זרימה? _____
3. מדוע לדעתכם נפסקה הזרימה? _____
4. האם מסקנות הניסוי זהות להשערתכם בתחילת הניסוי? הסבירו: _____
5. האם הפרשי טמפרטורות יכולים לגרום לזרמים בים? הסבירו: _____

<פעילות 3> סיכום – מפת אזורים קרים וחמים



מבט מפה על האוקיינוס האטלנטי.

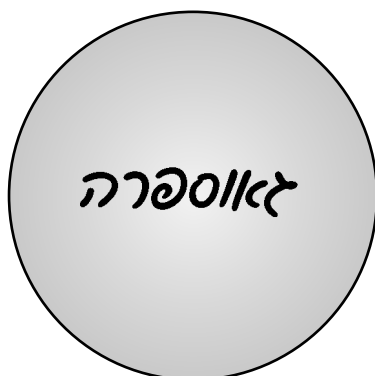
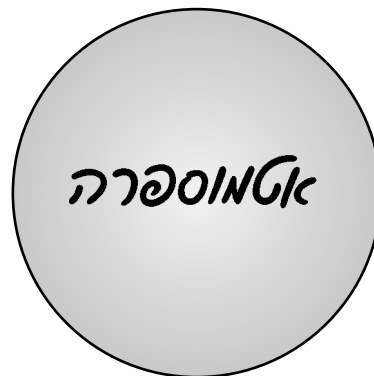
שרטטו באיור זה מהם האזורים הקרים ומהם האזורים החמים באוקיינוס האטלנטי.

חישובו ושרטטו חיצים עם כיווני הזרימה שאתם חושבים שקיימים באוקיינוס.

סמנו בסימן ● מים השוקעים לעומק

סמנו בסימן ● מים הצפים לפני השטח

אילו קשרי גומלין באים לידי ביטוי בנושא זה?



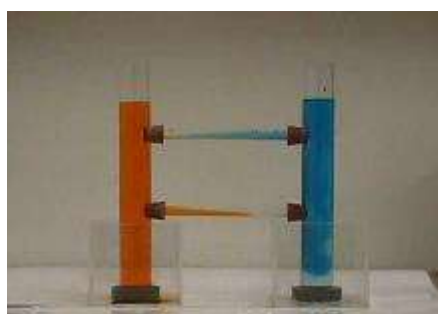
<פעילות 4> ניסוי 2: האם מליחות המים גורמת לתנועה?

בפעילות הקודמת נוכחנו כי הפרשי טמפרטורות גורמים לזרימה, האם גם להפרשי מליחות אפקט דומה?



הציוד הדרוש לביצוע הניסוי

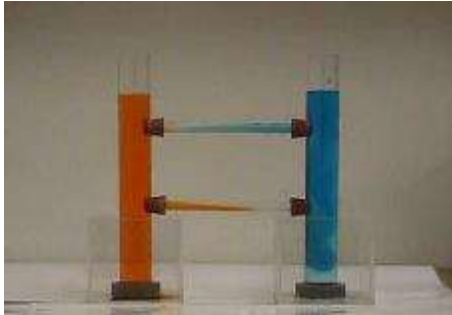
- 2 צבעי מאכל נוזליים שונים
- מתקן הדמייה לזרימה מלא במים
- 500 מ"ל מי ברז
- מלח שולחן
- כפית
- מקל ערבוב
- מד מוליכות



מטרת הפעילות:

בפעילות זו ננסה לבדוק האם הפרשי מליחות יגרמו לזרימה?

ואם כן מה יהיה כיוון זרימת המים מהאזור המלוח אל המתוק או להפך.



מהלך הפעילות:

לפניכם מערכת המדמה תהליכי זרימה.

אנו נעקוב אחרי שני גופי מים, שיהיו צבועים בצבעים שונים, ונוכל לצפות בתנועה של כל גוף מים כתוצאה מהפרשי מליחויות.

במהלך הפעילות נשים מים מלוחים בצינור אחד ומי ברז בצינור השני.

השערה



1. מה לדעתכם יהיה צבע המים בסוף הפעילות?

2. האם התוצאה תדמה לתוצאה שצפינו בה בניסוי עם המים החמים והקרים?

3. האם המים המלוחים יזרמו לכיוון המתוקים בצינור העליון, בצינור התחתון או בשני הצינורות גם יחד?

תצפית

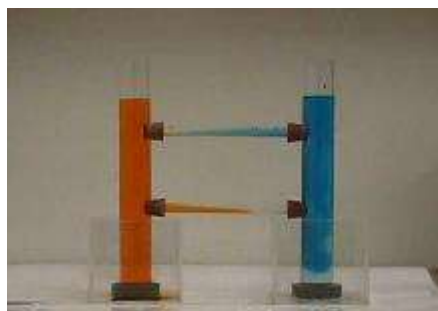


זרימה במתקן ההדמיה



הציוד הדרוש לביצוע הניסוי

- 2 צבעי מאכל נוזליים שונים
- מתקן הדמייה לזרימה מלא במים
- ליטר מי ברז וכלי לערבובם
- 250 מ"ל מים מזוקקים
- מלח שולחן
- 2 כוסות כימיות של 250 מ"ל
- מקל ערבוב
- משקל



הכנה:

אנו זקוקים ל-250 מיליליטר תמיסה ובה 15 גרם מלח בליטר מים.

לפניכם מלח, משקל וליטר מים. הכינו תמיסה בריכוז של 15 גרם בליטר.

שפכו לכלי המדידה 250 מיליליטר מהתמיסה שהכנתם.

טפטפו לתוך הכלי ובו 250 מיליליטר תמיסה, צבע מאכל וערבבו בזהירות.

מה ריכוז המלח שהתקבל בכלי זה ? _____

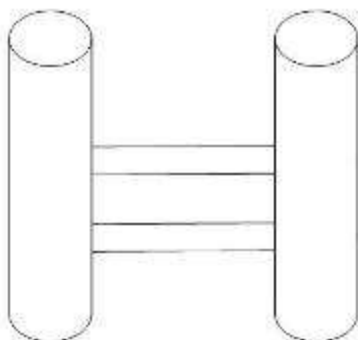
הכינו כלי ובו 250 מ"ל מים מזוקקים. טפטפו 10 טיפות בצבע מאכל שונה וערבבו בזהירות.

מה ריכוז המלח בתמיסה זו? _____

מלאו את כלי ההדמייה שלפניכם כך שבצינור אחד תמלאו את "מי הים" ובצינור השני את המים המזוקקים.

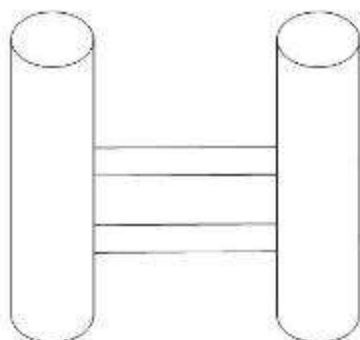
יש למלא את המכלים בו זמנית!

ציירו את המצב ההתחלתי:



תוצאות:

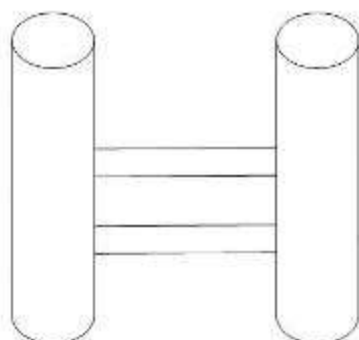
ציירו את שהתקבל במהלך הניסוי. אם נראית זרימה סמנו את כיוון הזרימה על גבי האיור:



לאחר שנפסקה הזרימה המתנינו עוד 5 דקות, מדדו את מוליכות המים בכל צינור אנכי.

מוליכות המים החדשה בצינור הימני היא: _____ ובצינור השמאלי היא: _____.

ציירו את המערכת במצבה הסופי:



מסקנה 

1. מה היה כיוון הזרימה?

2. מדוע לדעתכם נוצרה זרימה?

3. מדוע לדעתכם נפסקה הזרימה?

4. האם מסקנות הניסוי זהות להשערתכם בתחילת הניסוי? הסבירו:

5. האם הפרשי מליחות יכולים לגרום לזרמים בים? הסבירו:

6. מדוע לדעתכם המים לא התערבבו במצבם הסופי כפי שקרה בניסוי הפרשי הטמפרטורות?

דיון



מליחות של תמיסה נקבעת מיחס בין מים למומס.

1. ציין תהליכים שיכולים לשנות מליחות של מים ורשום כיצד מושפעת התמיסה:

<u>שם התהליך</u>	<u>השפעה על התמיסה</u>
1	
2	
3	

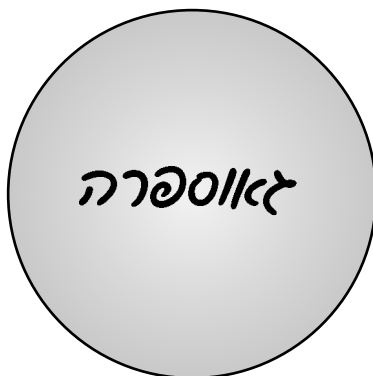
	4
	5
	6

2. מה הוספנו בניסוי הזה למים כדי שיהיו צפופים יותר?

3. מה הוספנו בניסוי הקודם, המדגים זרימה בעקבות הפרשי טמפרטורה למים כדי שיהיו צפופים פחות?

4. חיזרו למבט המפה על האוקיינוס האטלנטי [בעמוד XXX] וציירו על גביו אזורים מלוחים יותר ואזורים מלוחים פחות. וסמנו את הזרימה הנובעת רק מהפרשי המליחותיות.

5. אילו קשרי גומלין באים לידי ביטוי בנושא זה?



<פעילות 5> ניסוי 3: זרמי קונבקציה (הסעה)

בניסוי הקודם ראינו כי נוצרת תנועה כתוצאה מהפרשי טמפרטורה ומליחות. בניסוי זה ננסה לבדוק מה אופי התנועה. האם המים נעים באופן אופקי או אנכי?



הציוד הדרוש לביצוע הניסוי

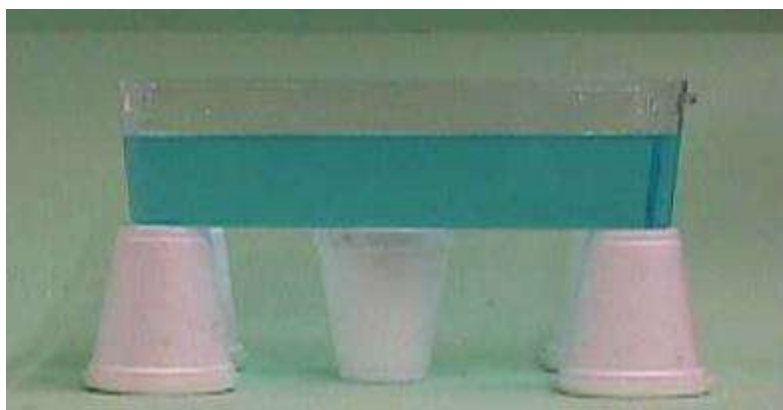
- אמבט פלסטיק שקוף
- 5 כוסות חד פעמיות עם 4 מכסים
- צבע מאכל
- טפטפת ארוכה
- מים חמים
- קובית קרח צבעונית

מטרת הפעילות:

בפעילות זו ננסה לברר מהו כיוון ההתפשטות המועדף על גוף מים שמתחמם ולמעשה נלמד מה הם זרמי הקונבקציה (ההסעה).

מהלך הפעילות:

לפניכם מערכת המדמה שלושה גופי מים הצבועים בצבעי מאכל. אנו נחמם בכל פעם גוף מים אחר ונראה את ההשפעה על המערכת כולה. אנו נעקוב אחר תנועת הגופים באמצעות צבעי המאכל. סדרו את הכלים שלפניכם בצורה הבאה: כסו ארבע כוסות עם מכסים, הפכו אותן על המכסים וסדרו אותן מתחת לאמבט השקוף כפי שרואים באיור.



ניסוי א' - תנועה בעקבות חימום

1. מלאו את כלי הפלסטיק ב 800 מ"ל מים והמתינו עד שהמים יירגעו בכלי.
2. טפטפו בפיפטה הקטנה שלושה כתמים בתחתית הכלי את הכתם המרכזי צבעו בצבע שונה מהכתמים הצדדיים.



בניסוי זה נניח כוס עם מים חמים מתחת לכתם הצבע המרכזי. לפני שנניח את הכוס שער

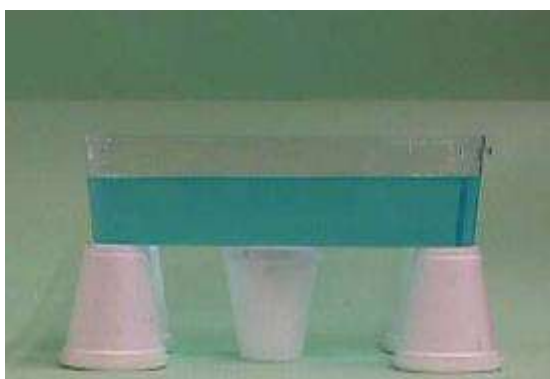
1. מה לדעתכם יהיה כיוון התנועה של כתמי הצבע?

- א. כל הכתמים יעלו
 - ב. רק הכתם שמעל לכוס החמה יעלה
 - ג. שני הכתמים שאינם מעל לכוס יעלו
- ציירו את השערתכם באיור הבא:



2. הניחו את כוס מים חמים מתחת לכתם המרכזי. חכו 3 דקות, צפו בשינויים וציירו את המצב

שהתקבל באיור הבא.



המשך הניסוי: ניסוי ב'

1. מלאו בשנית את כלי הפלסטיק ב 800 מ"ל מים והמתינו עד שהמים יירגעו בכלי.
2. טפטפו בפיפטה הקטנה שלושה כתמים בתחתית הכלי את הכתם המרכזי צבעו בצבע שונה מהכתמים הצדדיים.

השערה



בניסוי זה נשים שתי כוסות עם מים חמים מתחת לכתמי הצבע הצדדיים. לפני שנניח את הכוס שערנו

1. מה לדעתכם יהיה כיוון התנועה של כתמי הצבע?

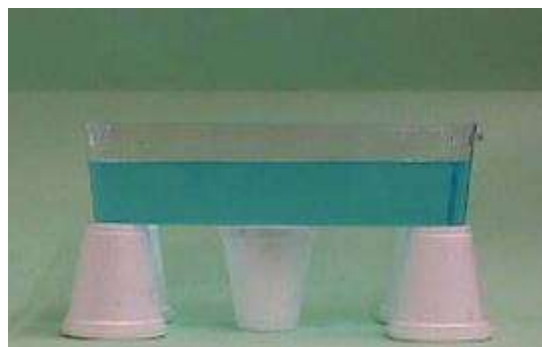
- א. כל הכתמים יעלו
 - ב. רק הכתמים שמעל לכוס החמה יעלו
 - ג. הכתם שאינו מעל לכוס יעלה
- ציירו את השערתכם באיור הבא:



תצפית



2. הניחו שתי כוסות מים חמים מתחת לכתמים הקיצוניים. חכו 3 דקות, צפו בשינויים וציירו את המצב שהתקבל באיור הבא.



ניסוי ג'

1. מלאו בשלישית את כלי הפלסטיק ב800 מ"ל מים והמתינו עד שהמים יירגעו בכלי.
2. טפטפו בפיפטה הקטנה כתם בצבע השונה מקוביית הקרח בתחתית הכלי בצד ימין.

בניסוי זה נשים כוס עם מים חמים מתחת לכתם הצבע בצד ימין, ובצד שמאל נניח קוביית קרח צבעונית.

השערה



1. מה לדעתכם יהיה כיוון התנועה של כתמי הצבע?

ציירו את השערתכם באיור הבא:



תצפית



2. הניחו את כוס מים החמים מתחת לכתם ואת קוביית הקרח בצד שמאל (ללא הכתם).
חכו 3 דקות, צפו בשינויים וציירו את המצב שהתקבל באיור הבא.

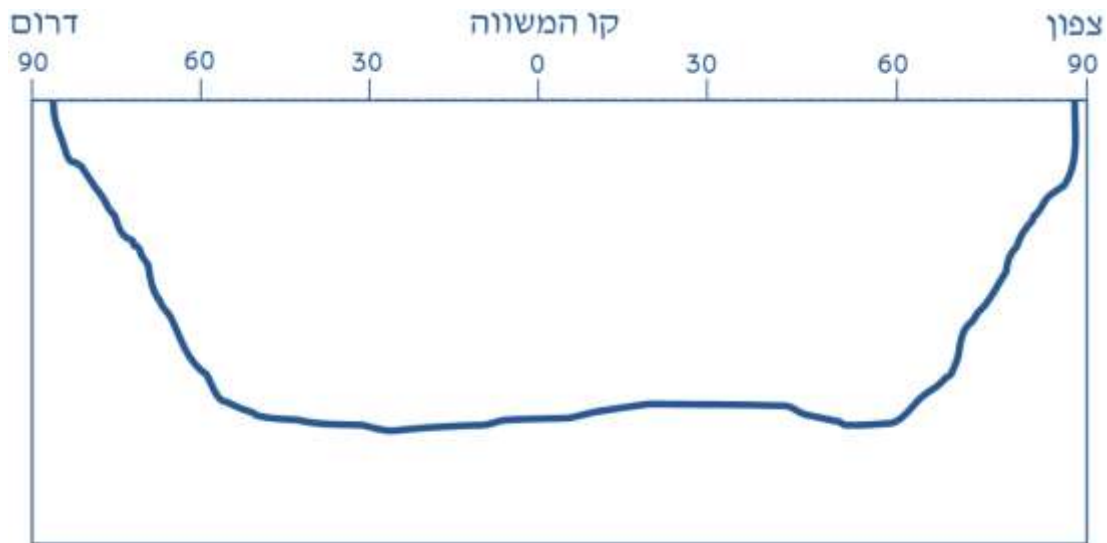


מסקנה

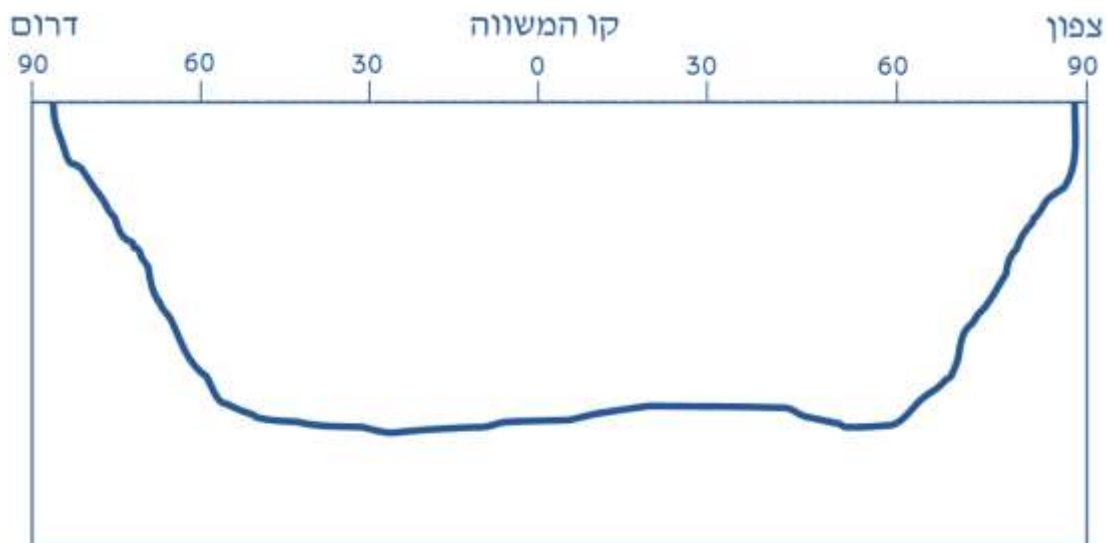


חומר שמתחמם עולה/יורד ואת מקומו תופס חומר כבד/קל יותר
והתנועה שמתקבלת היא אופקית/אנכית

הסירקולציה באוקיינוס האטלנטי – חתך צפון דרום



1. השתמשו בידע שצברתם בשיעורים הקודמים בדבר מליחות המים, טמפרטורת המים וזרמי הקונבקציה ונסו לתאר את תנועת המים באוקיינוס האטלנטי במצב הנורמלי- כלומר כיום במצב בו בקטבים המים קופאים.



2. השתמשו בידע שצברתם בשיעורים הקודמים ונסו לתאר את תנועת המים באוקיינוס האטלנטי במצב בו בקטבים המים מפשירים – מה יהיה כיוון הזרימה?
3. האם הוספת מים קרים ומתוקים בסירקולציה של האוקיינוס האטלנטי גורמת להאצה בזרימה או להפסקתה? הסבירו

<פעילות 6> ניסוי 4: זרמי צפיפות באוקיינוס

בניסויים הקודמים ראינו כי נוצרת תנועה כתוצאה מהפרשי טמפרטורה וכתוצאה מהפרשי מליחות. בניסוי זה ננסה לבחון את התנועה כתוצאה של הפרשים גם במליחות וגם וטמפרטורה.



הציוד הדרוש לביצוע הניסוי

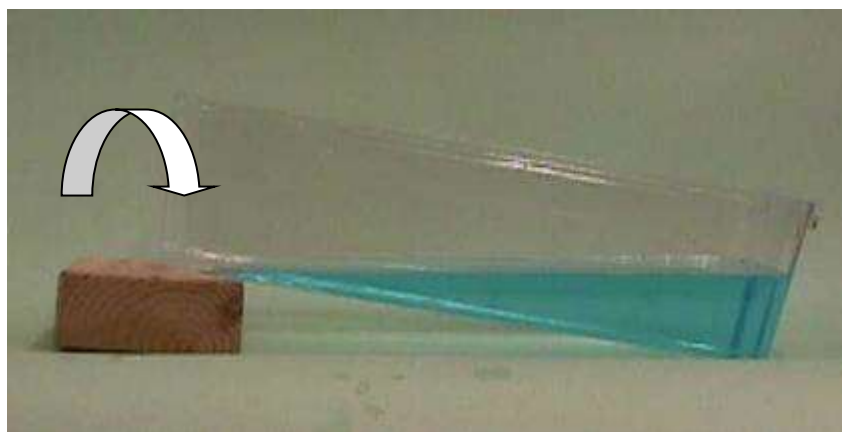
- אמבט פלסטיק שקוף
- מים קרים
- מים חמים
- צבעי מאכל,
- קובית עץ
- מד טמפרטורה
- מלח
- כפית לערבוב

מטרת הפעילות:

בפעילות זו ננסה לברר כיצד תכונות המים - מליחות וטמפרטורה משפיעות על השיכוב במי הים, וכיצד נוצרים זרמים כתוצאה מהפרשים וממצבים לא יציבים.

מהלך הפעילות:

לפניכם אמבט מלא במים (800 מ"ל) העומד בצידו האחד על קוביית עץ. נמזוג בעדינות רבה בכל פעם מים בטמפרטורה אחרת ובמליחות שונה. לכל קבוצת מים יהיה צבע שונה. נעקוב אחר התנהגות גופי המים.



ניסוי א'

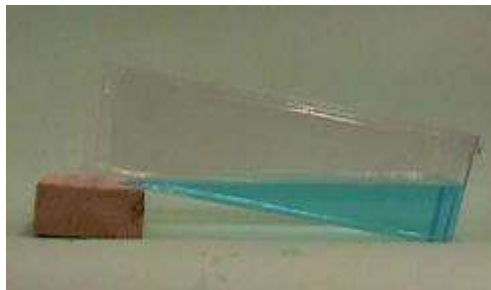
בניסוי זה נשים בכוס הכימית הקטנה 25 מ"ל מים, נוסיף לכוס כפית שטוחה של מלח וטיפה של צבע מאכל כחול ונערבב עד שהכל יראה אחיד. יש למזוג באיטיות ובעדינות את תכולת הכוס אל האמבט המוטה לחלקו הגבוה ביותר (ראו באיור המצורף). התבוננו מהצד על המתרחש בכלי.



1. מה לדעתכם יהיה מיקום המים הכחולים בגוף המים.



2. ציירו באיור הבא את תוצאת הניסוי והסבירו.



המשך הניסוי: ניסוי ב'

בניסוי זה נכין כוס נוספת עם 25 מ"ל מים קרים מאוד וטיפת צבע מאכל אדום. יש למזוג את תכולת הכוס לחלקו הגבוה של האמבט המוטה. התבוננו מהצד על המתרחש בכלי.



3. מה לדעתכם יהיה מיקום המים האדומים בגוף המים.



4. ציירו באיור הבא את תוצאת הניסוי והסבירו.



המשך הניסוי: ניסוי ג'

בניסוי זה נכין כוס נוספת עם 25 מ"ל מים חמים מאוד וטיפת צבע מאכל ירוק. יש למזוג את תכולת הכוס לחלקו הגבוה של האמבט המוטה. התבוננו מהצד על המתרחש בכלי.



5. מה לדעתכם יהיה מיקום המים הירוקים בגוף המים.



6. ציירו באיור הבא את תוצאת הניסוי והסבירו.



המשך הניסוי: ניסוי ד'

בניסוי זה נכין כוס נוספת עם 25 מ"ל מים קרים מאוד, כפית מלח וטיפת צבע מאכל צהוב. ערבבו את התמיסה היטב עד שתראה אחידה. יש למזוג את תכולת הכוס לחלקו הגבוה של האמבט המוטה. התבוננו מהצד על המתרחש בכלי.



7. מה לדעתכם יהיה מיקום המים הצהובים בגוף המים.



8. ציירו באיור הבא את תוצאת הניסוי והסבירו.



זרמים באוקיינוסים

1. איך זה קשור?

הסרט "היום שאחרי מחר" מציג תסריט אפוקליפטי של מעבר החצי הצפוני של כדור הארץ (אמריקה הצפונית, וצפון אירופה) לעידן קרח. מסתבר שתסריט מעין זה אינו בדיוני והוא מבוסס על תהליכים דומים שהתרחשו בעבר הגיאולוגי ואפילו ממש לא מזמן. בשנים 1645 עד 1715 עבר על צפון אירופה תהליך המכונה "עידן הקרח הקטן", שבמהלכו קפאו צפון אמריקה ואירופה.

כפי שניתן היה להבין מהסרט קשור תהליך ההתקרנות של צפון אירופה וצפון אמריקה בזרם העובר באוקיינוס האטלנטי מדרום לצפון. זרם אוקייני זה מכונה בסרט "הזרם הצפון אטלנטי".

השאלה אשר שאלנו עצמנו, בעקבות הצפייה בסרט, הייתה מה גורם להיווצרותו של הזרם הצפון אטלנטי וכיצד הוא קשור לשינויי אקלים קיצוניים? את השאלה הממוקדת הזו הרחבנו לשאלה כללית יותר והיא האם בכל אוקיינוס או יש זרם מים החוצה אותו מצד לצד ואם כן, האם מנגנון ההיווצרות של הזרמים במקווי המים השונים הוא זהה?

2. מה אנחנו עשינו?

בשעורים האחרונים ביצענו סידרת ניסויים, או יותר נכון, בחנו מודלים, אשר באו לבחון את ההשפעה של שני משתנים – טמפרטורה ומליחות – על תנועה של גופי מים. למעשה מודלים אלו מייצגים את מה שקורה באוקיינוס רק בקנה מידה קטן יותר.

ביצענו את הניסויים הבאים:

א. ניסוי הבודק האם חום המים גורם לתנועת מים	ג. ניסוי המראה את אופי תנועת המים – בתאי קונבקציה
ב. ניסוי הבודק האם הפרשי מליחות גורמים לתנועת מים	ד. ניסוי המדמה שיכוב במי האוקיינוס

מודל לבחינת השפעת הטמפרטורה על תנועת גופי מים:

על פי המודל אותו הרצנו בניסוי הפרשי הטמפרטורות ראינו שכאשר יש מגע בין שני גופי מים בעלי טמפרטורה שונה נוצרת תנועה בגוף המים. תנועה זו נוצרת בשעה שהמים החמים יותר עולים והמים הקרים יותר נעים כלפי מטה.

שאלה



איזה ניסוי הבהיר לנו את המודל הזה?

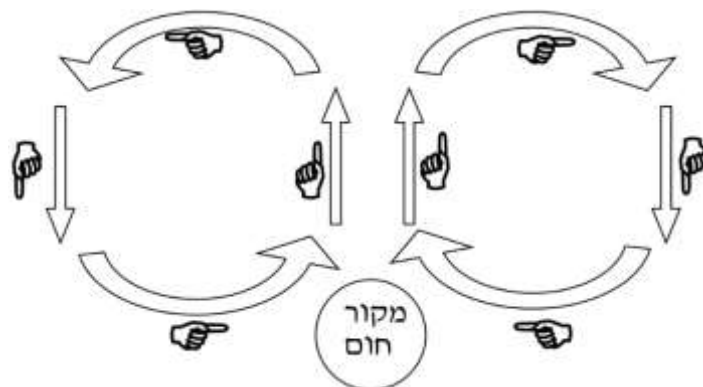
א. ניסוי הבודק האם חום המים גורם לתנועת מים

ב. ניסוי הבודק האם הפרשי מליחות גורמים לתנועת מים

ג. ניסוי המראה את אופי תנועת המים – בתאי קונבקציה

ד. ניסוי המדמה שיכוב במי האוקיינוס

כמו כן ראינו שכל עוד קיים מקור אנרגיה נקודתי המחמם את המים תיווצר מערכת זרימה המכונה **תא קונבקציה**. בתא הקונבקציה עולים המים החמים כלפי מעלה נעים על פני השטח, מתקררים ושוקעים כלפי קרקעית מקווה המים. המים הקרים יותר נעים בעומק לכיוון אזור ההתחממות, עולים כלפי מעלה וחוזר חלילה (איור 1).



איור מס' 1 – זרמי קונבקציה

הסיבה לתנועת מים חמים כלפי מעלה ותנועת מים קרים כלפי מטה נעוצה בהפרשי הצפיפות שבין שני גופי מים אלו. מים חמים הם מים שהשקענו בהם אנרגיה (חיממנו אותם) והחלקיקים בהם אנרגטיים יותר ועל כן נעים יותר במרחב ותופסים נפח גדול יותר. לכן, באותה יחידת נפח של מים חמים יהיו פחות חלקיקים מאשר אותה יחידת נפח של מים קרים יותר. לכן, יהיו המים הקרים צפופים יותר וכבדים יותר מאשר המים החמים וישקעו תחתם. במקביל, המים החמים, הקלים יותר יעלו מעלה.

שאלה



לאילו שני ניסויים נוגע הסבר זה:

- א. ניסוי הבודק האם חום המים גורם לתנועת מים
- ב. ניסוי הבודק האם הפרשי מליחות גורמים לתנועת מים
- ג. ניסוי המראה את אופי תנועת המים – בתאי קונבקציה
- ד. ניסוי המדמה שיכוב במי האוקיינוס

בניסוי הפרשי המליחות גילינו כי גם המליחות משפיעה על כובד המים ומים מלוחים מכילים יותר מומסים ועל כן כבדים יותר. במערכת הזרימה, המים המלוחים זרמו בחלקה התחתון והמים המתוקים (מי ברז) בחלקה העליון.

שאלה



הקשר של הסבר זה הוא לניסוי:

- א. ניסוי הבודק האם חום המים גורם לתנועת מים
- ב. ניסוי הבודק האם הפרשי מליחות גורמים לתנועת מים

ג. ניסוי המראה את אופי תנועת המים – בתאי קונבקציה

ד. ניסוי המדמה שיכוב במי האוקיינוס

הפרשי לחצים הם הכוחות המשפיעים על זרימה של מים באוקיינוסים. הפרשי הלחצים נובעים מהפרשי טמפרטורה ומהפרשי מליחות.

המנגנון לפיו זורמים המים הוא מנגנון הקונבקציה בו צפינו בניסוי הקונבקציה היוצר תאים מעגליים. הפרשי הטמפרטורה והמליחות יוצרים גם סטרטיפיקציה באוקיינוס כך שמיקום הזרמים קבוע אך מנגנון הזרימה ממשיך.

בניסוי נוסף, בחנו מודל ובו הפגשנו שני גופי מים בעלי טמפרטורות שונות ללא מקור חימום קבוע ובעלי מליחות שונה. במקרה, זה נוצרה עמודת מים משוכבת, ללא תנועה. מצב סטטי מכונה סטרטיפיקציה (סטרטוס=שיכוב).

שאלה



מהו הניסוי בו ראינו מודל של שיכוב באוקיינוס?

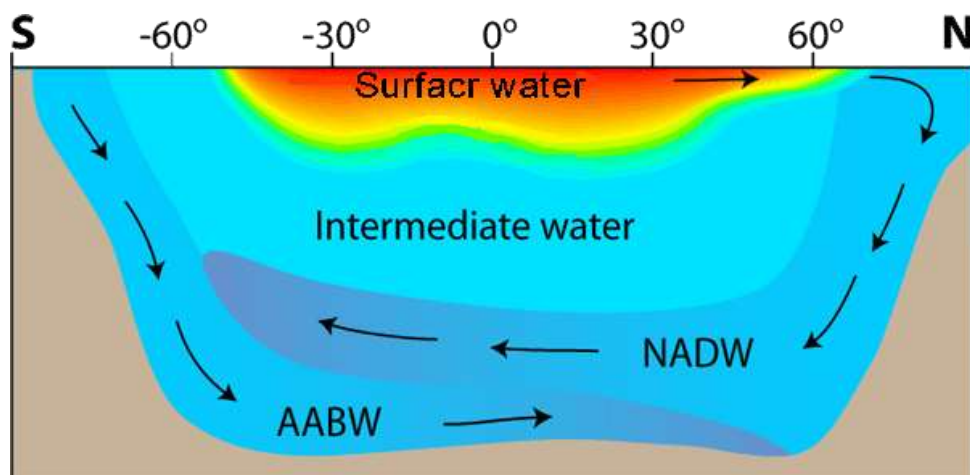
א. ניסוי הבודק האם חום המים גורם לתנועת מים

ב. ניסוי הבודק האם הפרשי מליחות גורמים לתנועת מים

ג. ניסוי המראה את אופי תנועת המים – בתאי קונבקציה

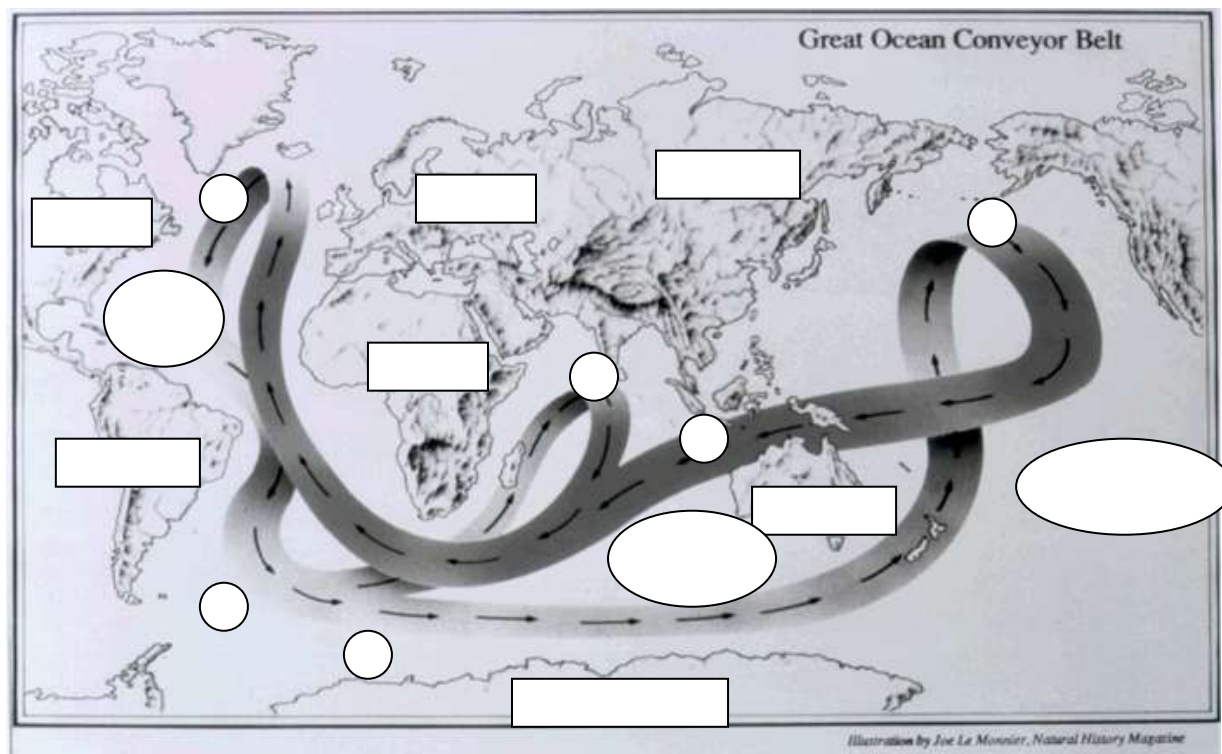
ד. ניסוי המדמה שיכוב במי האוקיינוס

מודל הזרימה באוקיינוס האטלנטי מתואר באיור 2:



איור מס' 2 – מודל הזרימה באוקיינוס האטלנטי. ניתן לראות באיור גופי מים שונים בשיכוב קבוע – AABW מי קרקעית אנטארקטיים – הם המים הכבדים ביותר ונמצאים בקרקעית האוקיינוס האטלנטי, NADW מי עומק של צפון האטלנטי גם הם כבדים ונמצאים מעט מעל המים האנטארקטיים, בין מי השטח החמים הזורמים צפונה לשכבות הקרות נמצאים מים תיכוניים.

זרימת המים באוקיינוסים היא עולמית ואם ננסה באמצעות הכלים שכבר רכשנו להסביר את זרימת המים העולמית בכל האוקיינוסים היא תראה כמו באיור מס' 3



איור מס' 3 – הזרמים באוקיינוסים

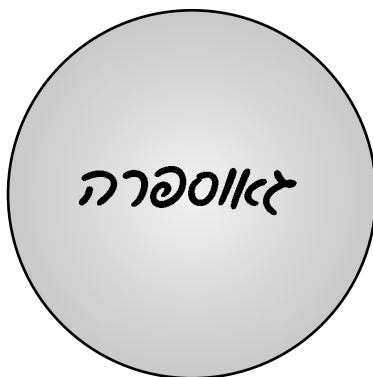
סמנו על גבי איור מס' 3		
א. את שמות היבשות במלבנים:	ב. את שמות שלושת האוקיינוסים באליפסות:	ג. סמנו את האזורים בהם אתם צופים שהזרם העולמי ישקע (כלומר המים שם כבדים) בצבע כחול ואת האזורים בהם אתם צופים שהזרם העולמי יעלה (כלומר המים שם קלים) בצבע אדום.
• אמריקה הצפונית, • אמריקה הדרומית, • אוסטרליה, • אירופה, • אנטארקטיקה, • אסיה	• אטלנטי, • הודי, • שקט.	
ד. בעקבות ההגדים הבאים סמנו את המספרים 1-6 בעיגולים המתאימים באיור.		
1. במעקב אחר גוף מים מאזור צפון האוקיינוס האטלנטי. שם המים קרים ביותר ועל כן שוקעים לעומק האוקיינוס. 2. בהגיעם לאנטארקטיקה מתווספים אליהם מים קרים עוד יותר. 3. זרם עומק זה מתפצל בעומק לשני האוקיינוסים האחרים – ההודי והשקט. 4. אחד מזרמי העומק ממשיך לאוקיינוס ההודי ושם בהיתקלו ביבשת עולה. 5. הזרם השני ממשיך לאוקיינוס השקט ועולה בהתקלו במחסום יבשתי. 6. עם עלייתם של הזרמים הם זורמים בחזרה לאטלנטי.		

זהו מסוע הזרמים העולמי וניתן לראות כי ישנה תחלופה בלתי פוסקת בין מי האוקיינוסים השונים.

אך עדיין נשארנו עם השאלה איך הפסקת הזרימה באוקיינוס האטלנטי משפיעה על מזג האוויר ולמעשה על האטמוספירה. בניסוי הבא ננסה להבין את אחת מהתכונות המיוחדות למים המאפשרת להסביר קשר זה.

לאוקיינוסים השפעה רבה על המערכת האקלימית בעולם. סירקולציה ענקית משאירה את גופי המים במצב זרימה מסביב לגלובוס.

אילו קשרי גומלין באים לידי ביטוי בנושא זה?



<מנגנון המשוב שנובע מעצירת הזרם הצפון-אטלנטי>

<פעילות 7> הרחבה (רשות) ניסוי 5: חום סגולי של מים ושל סלע

> הרחבה למתעניינים בתופעות אקלימיות – מונסון.<

תכונת החומר לגבי קצב ומידת קליטת חום ופליטתו מכונה "חום סגולי".
בניסוי זה נבדוק את הבדלי החום הסגולי בין מים אוויר וחול.

מטרת הפעילות:

בפעילות זו ננסה לברר האם תכונות החומר:
נוזל (ים) גז (אוויר) ומוצק (יבשה) משפיעות על
תכונותיו הפיזיקליות לגבי קצב קליטת קרינת
חום ולגבי קצב פליטתה. ובמילים אחרות, האם
יש הבדל בין החום הסגולי של הים לחום
הסגולי של היבשה ושל האוויר?

מהלך הפעילות:

לפניכם מערכת המדמה תהליך חימום של ים
(מים) של אוויר ושל יבשה (חול) על ידי השמש.
באמצעות מדי הטמפרטורה הנמצאים בחלק
העליון ובחלק התחתון של כל אחת מכוסות
הניסוי נוכל למדוד את שינוי הטמפרטורה
במים בחול ובאוויר ביחס למרחקם ממקור
החום. את שינוי הטמפרטורה נבחן במהלך
החימום ובמהלך הקירור.

הציוד הדרוש לביצוע הניסוי



• 3 נורות חימום	• כוס כימית ובה 200 סמ"ק מים
• 3 מעמדים	• כוס כימית ובה 200 סמ"ק חול גס
• 3 אטבים	• 6 מדי טמפרטורה המודבקים לכוסות הכימיות בקו המדידה של 50 סמ"ק ובקו המדידה של 150 סמ"ק.
• שעון עצר (סטופר)	
• כוס כימית ריקה	



השערה



1. במהלך החימום, האם המים החול או האוויר יתחממו מהר יותר מהאחרים? _____
2. במהלך הקירור, האם המים החול או האוויר יתקררו מהר יותר מהאחרים? _____

תצפית - שינוי טמפרטורה בתהליך החימום



3. רשמו בטבלה 1 את הטמפרטורה בתחילת הניסוי לפני תחילת החימום.

4. ודאו שנורת החימום נמצאת בגובה של 30 ס"מ משולחן העבודה, ומדי הטמפרטורה מונחים בגבהים זהים בתוך כוסות הניסוי.
5. הפעילו את מנורת החימום ורשמו **בטבלה 1** את הטמפרטורה שבמד העליון והתחתון כל 3 דקות.
6. לאחר 9 דקות סגרו את מנורת החימום אך לא את מד העצר (סטופר).

טבלה 1:

שינוי טמפרטורה לאורך תהליך החימום												מד טמפרטורה
טמפרטורה בתחילת הניסוי (זמן 0)			טמפרטורה אחרי 3 דק'			טמפרטורה אחרי 6 דק'			טמפרטורה אחרי 9 דק'			
מים	חול	אוויר	מים	חול	אוויר	מים	חול	אוויר	מים	חול	אוויר	
												עליון
												תחתון

תצפית - שינוי טמפרטורה בתהליך הקירור



המשך הניסוי:

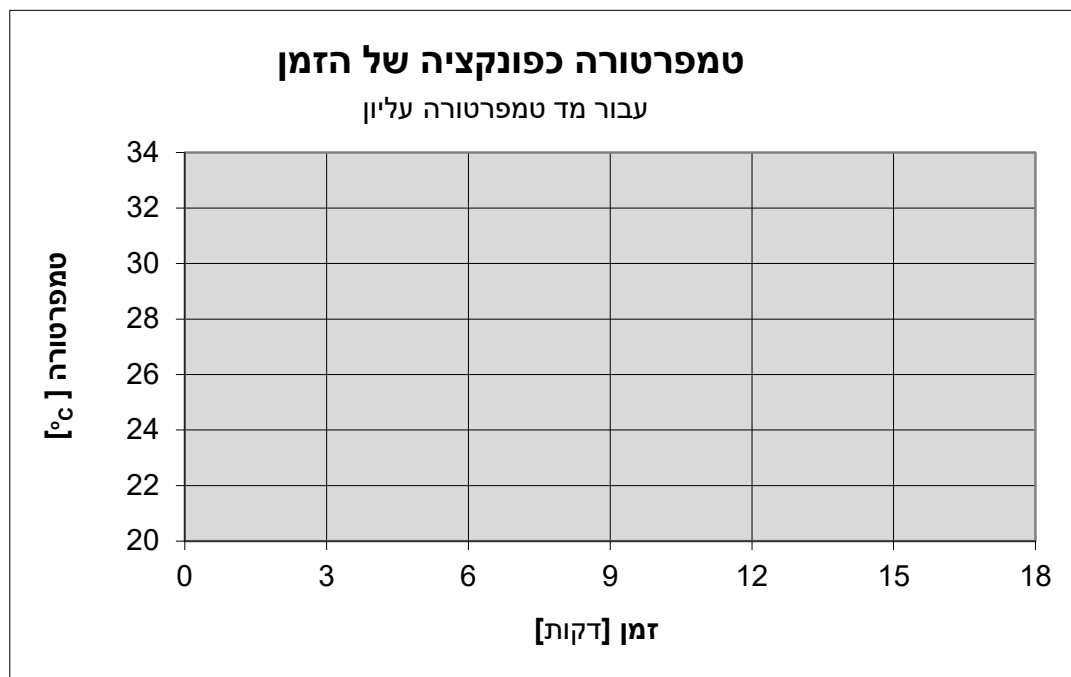
7. לאחר שניתקתם את נורות החימום חיזרו על המדידות כל 3 דקות. רשמו את התוצאות בטבלה 2.

טבלה 2:

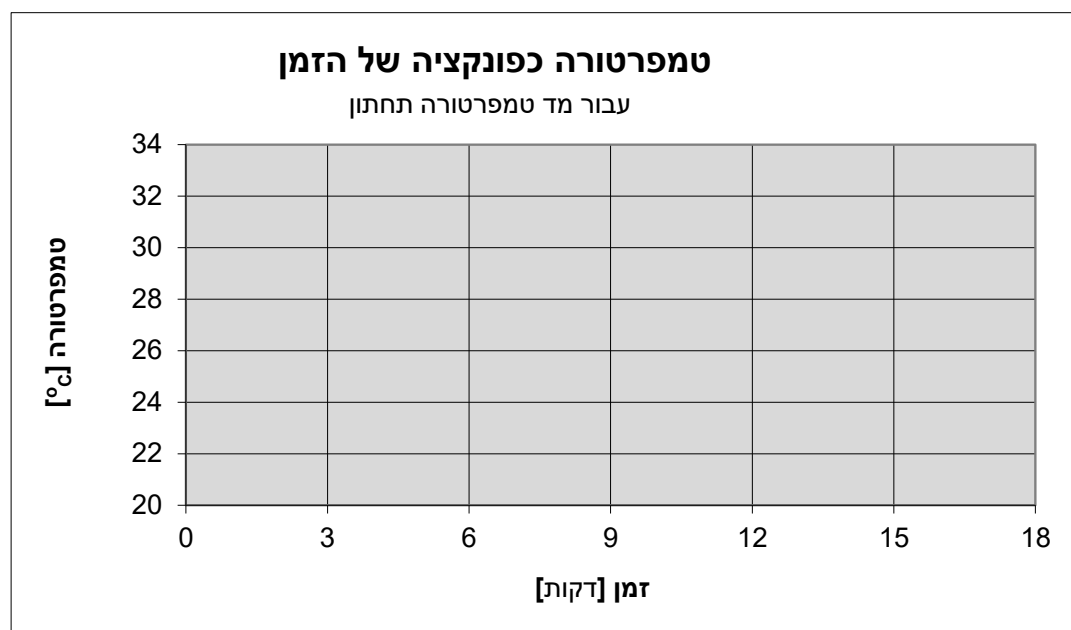
שינוי טמפרטורה לאורך תהליך החימום												מד טמפרטורה
טמפרטורה אחרי 9 דק'			טמפרטורה אחרי 12 דק'			טמפרטורה אחרי 15 דק'			טמפרטורה אחרי 18 דק'			
מים	חול	אוויר	מים	חול	אוויר	מים	חול	אוויר	מים	חול	אוויר	
												עליון
												תחתון

עיבוד הנתונים:

1. עיבוד נתוני מד הטמפרטורה העליון: שרטטו גרף של שינוי הטמפרטורה כפונקציה של הזמן מתחילת החמום ועד סוף תהליך הקירור (18 דקות) עבור המים עבור האוויר ועבור החול.



2. עיבוד נתוני מד הטמפרטורה התחתון: שרטטו גרף של שינוי הטמפרטורה כפונקציה של הזמן מתחילת החמום ועד סוף תהליך הקירור (18 דקות) עבור המים עבור האוויר ועבור החול.



1. מה מייצגים החלקים השונים (מנורה, מים וחול) של מערכת הניסוי?

2. מהי מטרת הניסוי?

3. מהו הגורם המשפיע (המשתנה הבלתי תלוי)?

4. מהו הגורם המושפע (המשתנה התלוי)?

5. מהם הגורמים הקבועים? רישמו לפחות שני גורמים.

מסקנה



1. מהו החומר שהתחמם בקצב המהיר ביותר? _____

2. מהו החומר שהתקרר בקצב המהיר ביותר? _____

3. האם מסקנות הניסוי זהות להשערתכם בתחילת הניסוי? _____

4. הסבירו:

5. האם מדי הטמפרטורה התחתונים במים באוויר ובחול הראו קצב שינוי טמפרטורה זהה? הסבירו:

6. למי יש חום סגולי גבוה יותר לים לאוויר או ליבשה? _____

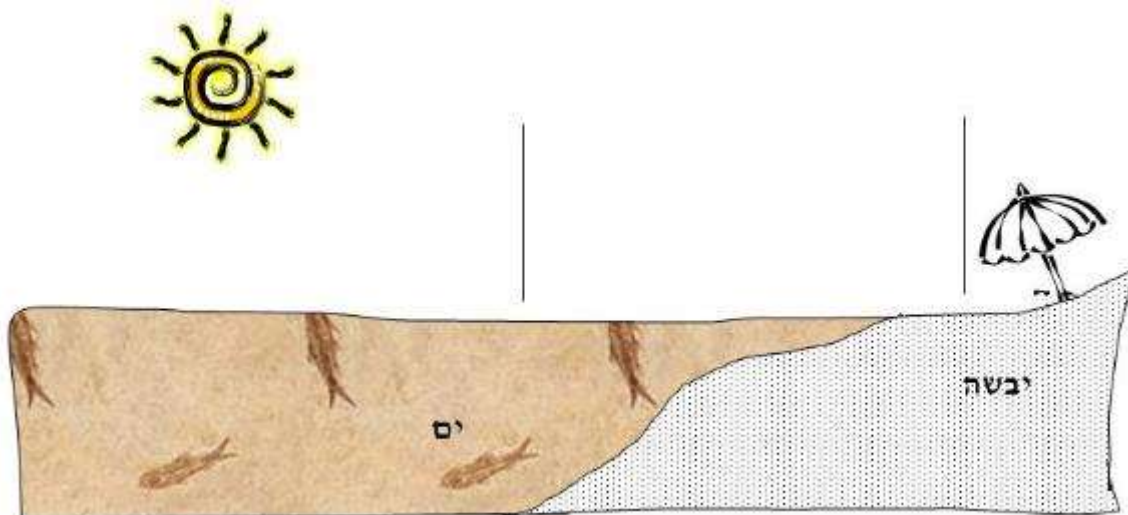
7. הסבירו:

רוחות מקומיות:

באיזור המפגש בין הים ליבשה יש השפעה להבדלי החום הסגולי של החול ושל המים על מערך הרוחות המקומי.

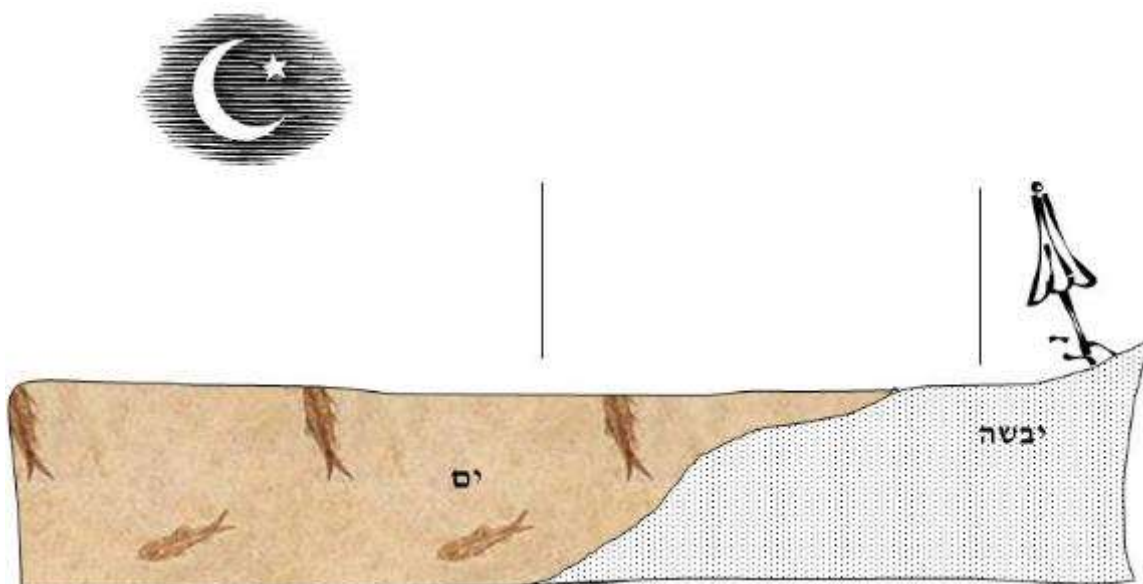
השתמשו בידע שצברתם בניסויים שערכתם, כדי לצייר באיור הבא את כיווני הרוחות.

1. במהלך היום:



- א. במשך היום השמש מחממת את הים ואת היבשה במידה שווה. סמנו מה מתחמם יותר – היבשה או הים?
- ב. מעל המקום שסימנתם בשאלה א' האוויר מתחמם יותר ולכן צפוף יותר/פחות ולכן עולה/יורד? לפי תשובתכם לשאלה ב', סמנו את ראשי החיצים הנמצאים מעל היבשה ומעל הים.
- ג. השלימו את מעגל הקונבקציה באמצעות חיצים אופקיים.
- ד. ענו על השאלה- אחרי הצהריים הרוח מנשבת מ ים/יבשה אל ה ים/יבשה.
- ו. רוח זו נקראת בריזה ימית /יבשתית

2. במהלך הלילה:



- א. במשך הלילה השמש לא מחממת יותר והאוויר מתקרר. סמנו מה מתקרר יותר – היבשה או הים?

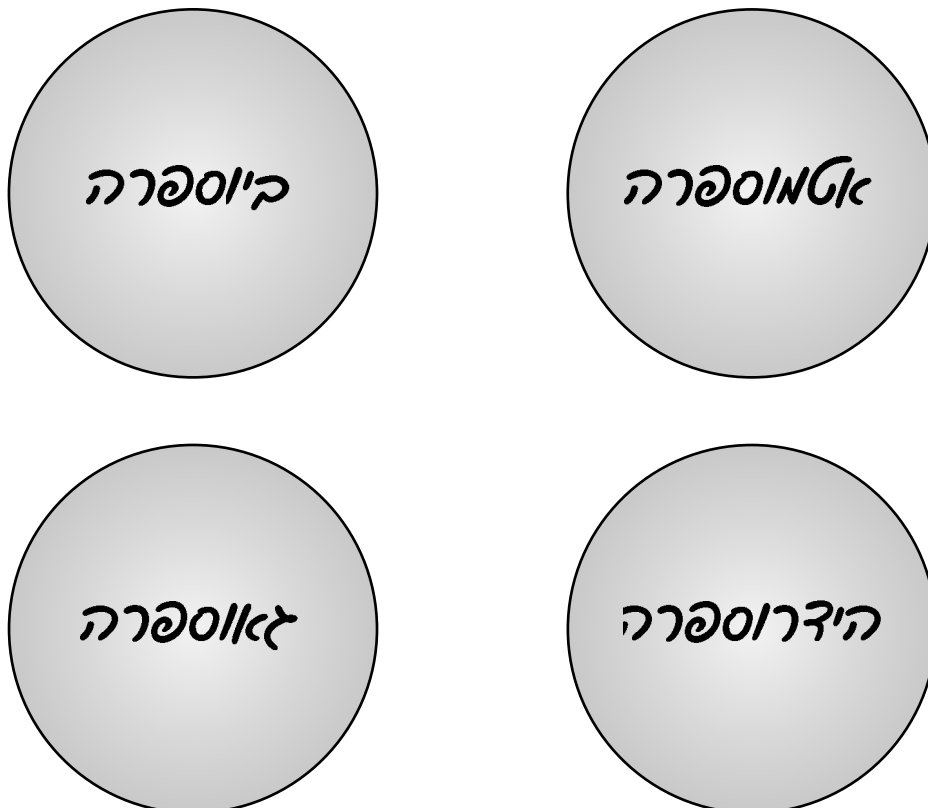
- ב. מעל המקום שסימנתם בשאלה א' האוויר מתקרר יותר ולכן צפוף יותר/פחות ולכן עולה/יורד?
- ג. לפי תשובתכם לשאלה ב' סמנו את ראשי החיצים הנמצאים מעל היבשה ומעל הים.
- ד. השלימו את מעגל הקונבקציה באמצעות חיצים אופקיים.
- ה. ענו על השאלה- לפנות בוקר הרוח מנשבת מ ים/יבשה אל ה ים/יבשה.
- ו. רוח זו נקראת בריזה ימית/יבשתית

סיכום:

תושבים הגרים בקרבת החוף מכירים את הרוח הקרירה הנושבת מהים אל עבר היבשה במשך היום, ואת הרוח הנושבת מהיבשה אל הים במשך הלילה. רוחות אלו נקראות "בריזת הים" ו"בריזת היבשה". אלו הן רוחות מקומיות הנושבות מהים ליבשה ומהיבשה לים.

קשרי גומלין – איך ההתחממות הגלובלית עשויה להשפיע על המנגנון הזה של המונסון?

<למורה> אם מחליטים לוותר על הניסוי שלמעלה – אפשר וכדאי עדיין לעשות את פעילות קשרי הגומלין הזו.



על סמך מה שלמדנו עד כה, אילו כיוונים אפשריים לפתרונות?
הבנו שפליטות הן בעיה, בואו נבין מי הפולטים העיקריים <אילו תעשיות/חקלאות> ואיך אפשר לצמצם את זה..?

<חיפוש משאבים, בניית מצגות וכו'>

אולי פרויקטים בכיוון של

- איך שינוי במודל החקלאות יכול לתרום לפתרון?
- צעדים למניעה והפחתה של פליטות
- אקטיביזם ששהצליח

<החקלאות התעשייתית תורמת רבות לפליטות ...>

איך כל זה קשור לחיים שלנו? – הגירת אקלים, ארועי קיצון, בטחון תזונתי...
בהרצאות האלו:

גז הוא לא אנרגיה ירוקה עינת אהרונב <https://youtu.be/HfA2j883Xds>

מעבר מכלכלת דלקים פוסיליים לאנרגיה מתחדשת סיניה נתניהו <https://youtu.be/8bdtAw89fzY>

אנרגיה סולארית – הדור החדש ליעוז אתגר <https://youtu.be/fki0tVJAqzk>

בנייה במלח דני מנדלר <https://youtu.be/8plvU63Pvwc>

טביעת רגל פחמנית - אין עדיין

הכלכלה של הסתגלות לשינויי אקלים סיניה נתניהו <https://youtu.be/TOxauHygLdw>

יוני גולדסמית – פתרונות למשבר האקלים: <https://www.youtube.com/watch?v=GcvjkPgZCc8>

הורדתי את זה גם למחשב שלי – בשם:

Climate change solutions - Dr. Yonatan Goldsmith 17

משאבים:

- צילומי הרצאות ערוכים של 'מעלה וחצי' – [/https://degreeandahalf.huji.ac.il](https://degreeandahalf.huji.ac.il)
- קישורים להרצאות של מעלה וחצי מהקורס של רון – [דף עם קישורים](#) – [זה בעצם עוד לא פתוח לקהל]
- הסרט "היום שאחרי מחר"
- הספר: הוד הים - אסופת מאמרים רב-תחומית על הסביבה הימית בישראל
- אתר הידען – [ישראל ומשבר האקלים](#) – מגוון מאמרים
- דוח מבקר המדינה 2021: [פעולות ממשלת ישראל והיערכותה למשבר האקלים](#)
- אתרים רלוונטיים בעברית:
 - אקולוגיה וסביבה, כתב עת למדע ולמדיניות הסביבה
 - <https://magazine.isees.org.il/?cat=2245>
 - אתר אקלים ישראל [הוקם במטרה לרכז ולהנגיש מידע על משבר האקלים ב-2020]
 - [/https://climatechangeisrael.org](https://climatechangeisrael.org)
 - אודות יעדי האו"ם לפיתוח בר קיימא
 - [#/https://www.sdgi.org.il/%d7%90%d7%95%d7%93%d7%95%d7%aa](https://www.sdgi.org.il/%d7%90%d7%95%d7%93%d7%95%d7%aa)
- אתרים רלוונטיים באנגלית:
 - NASA – שינויי אקלים גלובליים, אתר של סוכנות החלל האמריקאית – מכיל המחשות ויזואליות וגרפים ברורים: [/https://climate.nasa.gov/evidence](https://climate.nasa.gov/evidence)
 - ב
- מאמרים בעיתונות:
 - צפירי רינת וניר חסון, הארץ 2019: [משבר האקלים הוא לא תיאוריה אלא מציאות. הנה ההוכחות](#)
 - יונתן דובי, הארץ, 2019 – במאמר תגובה: [משבר אקלים? אל תמהרו להאמין ל"הוכחות"](#)
 - ניר חסון עונה לפרופ' דובי: [מכחישי משבר האקלים משקפים מציאות שאינה קיימת](#)
 - פרופ' ניר שביב, פיזיקאי – טוען שקהשפעת הקרינה הקוסמית גדולה מהשפעת האנושות:
 - גלי וינרב, גלובס, 29.12.2017: [המדען שמתקש: התחממות גלובלית היא לא באמת בעיה](#)
 - ראיון עם אראל סגל – באתר מעריב (1.1.2021): [האם מצב שינוי האקלים פחות מפחיד ממה שסיפרו לנו?](#) (כ-9 דקות טרק להאזנה – לא כל כך מעניין)
 - הרצאה מצולמת שלו מ-2014 (מתחיל בדקה 12 נמשך כחמישים דקות. הסבר די ברור על מהי קרינה קוסמית וכיצד היא משפיעה על היווצרות עננים שמשפיעים על התחממות...): [השפעת השמש על אקלים כדה"א](#)
 - הידען (31.10.21): [תעשיית הנפט הייתה מודעת לסיכונים של שינויי אקלים כבר ב-1959 אבל העדיפה להסתיר](#)
 - "אקלים-גייט" (Climategate) – פרשה משנת 2009 בה חשף האקר אנונימי מיילים של חוקרי אקלים אודות משבר האקלים שכביכול פעלו לחזק את תאוריית התחממות כדה"א – [אוסף מאמרים באתר העין השביעית](#)
 -