



המרכז הישראלי למצוינות בחינוך
Israel Center for Excellence
through Education



מצוינות
חט"ב

המכון למצוינות בהוראה

האם הוא יצוף?

ד"ר קובי בן-ברק

עריכה: ד"ר שרה גרופר



מדעים – חט"ב

מהדורת אב תשע"ח – לפני עריכה סופית

מאי 2018

חומרי הלימוד הנם לשימוש בהוראת תכנית "מצוינות 2000" בלבד. אין להפיצם בלא רשות,
מראש ובכתב, מן המרכז הישראלי למצוינות בחינוך.

הקדמה

ביחידת לימוד זו, היכולה לשמש גם כתחנה ביום שיא, עוסקים התלמידים במושג הצפיפות ובקשר בין צפיפות לבין יכולת הציפה של גופים על פני זורמים¹.

הצפיפות הוא מושג שאינו קל להבנה ולהפנמה, ולכן התלמידים יבנו את הידע ואת ההבנה של מושג זה באמצעות סדרה של ניסויים פשוטים, ולאחר מכן ינצלו את הידע שרכשו בכדי לגלות את הקשר בין צפיפות לבין ציפה. אחד הניסויים יוכל לשמש כתחנה ביום שיא מדעי.

סדרת המדידות והחישובים תעצים את ההבנה ואת ההפנמה של מושג הצפיפות ואת ההכרה בכך שהטבע פועל על פי חוקים.

מטרות יחידת הלימוד

מטרות בתחום התוכן

- תרגול מדידות נפח ומסה
- הכרה והבנה של מושג הצפיפות
- גילוי חוק הציפה

מטרות בתחום המיומנויות

- תרגול מדידות מדויקות
- הכרת חשיבותם של חוקי המדע
- הסקת מסקנות וניבוי

גיל התלמידים

פעילות זו מומלצת להוראה בכל אחת מכיתות חטיבת הביניים.

משך הפעילות

משך הפעילויות צפוי להיות 3 שיעורים כפולים בני 90 דקות כל אחד. שני שיעורים יוקדשו לביצוע הפעילויות השונות, והכנת התחנה ליום שיא תדרוש מהתלמידים שיעור כפול נוסף.

רקע מדעי למורה

מושג הצפיפות

¹ זורם הוא שם כולל לנוזלים ולגזים, שני תווכים בהם תיתכן ציפה.

צפיפות יכולה להיות מוגדרת במספר דרכים כתלות בהקשר. למשל, אנו יכולים לדבר על צפיפות מכוניות בכבישים, צפיפות אנשים בחדר, צפיפות דגים באקווריום, צפיפות חלקיקים בבולון, ועוד.

בכל אחד מן המקרים הצפיפות תהיה המנה (היחס), שהיא תוצאה של כמות (מכוניות, אנשים, דגים...) מחולקת ביחידת מידה (ק"מ כביש, מ"ר, מ"ק). החלוקה ביחידת המידה מאפשרת השוואה בין שתי מערכות. למשל, בשתי ארצות, האחת קטנה ואחת גדולה, מספר המכוניות הכללי יכול להיות שונה מאד, אך מבחינתו של הנהג בכביש, הפרמטר החשוב הוא לא כמה מכוניות יש בארצו, ואף לא האורך הכולל של הכבישים, אלא מהי מידת הנוחות של הנהיגה בכביש ספציפי בו הוא נוהג כעת, וזו נקבעת על פי מדד הצפיפות – מספר המכוניות הממוצע בכל ק"מ כביש.

גם תנאי המחיה של דג באקווריום אינם נקבעים לפי המספר הכולל של הדגים באקווריום, ואף לא לפי הנפח הכולל של המים, אלא לפי מספר הדגים החולקים איתו את יחידת הנפח בה הוא חי. ככל שמספר הדגים ביחידת נפח יהיה קטן יותר – צפיפות הדגים תהיה נמוכה יותר – כך ישתפרו, סביר להניח, תנאי המחיה של הדג.

במהלך ההוראה של נושאי הנפח והמסה אנו עוסקים בעיקר במושג הצפיפות בהקשר של צפיפות החומר – כמה מסה יש בכל יחידת נפח. צפיפות החומר היא הקובעת אם גוף נתון ישקע בתוך זורם נתון או יצוף על פניו, וזה יהיה מוקד תשומת הלב שלנו הפעם.

גילוי והסבר חוק הציפה

מושג הצפיפות קשור קשר אמיץ לציפת גופים על פני זורמים, ולכן אך טבעי הוא לעסוק בשני המושגים – צפיפות וציפה, באותה יחידת לימוד.

השאלה באילו תנאים יצוף או ישקע עצם בזורם בו הוא טבול תלויה בצפיפות היחסית של החומר ושל הזורם – כמות החומר (מסה) ביחידת נפח². **חוק הציפה** אותו יגלו וינסחו התלמידים הוא פשוט:

גוף יצוף על פני זורם (גז או נוזל) אם צפיפותו תהיה קטנה מזו של הזורם בו הוא טבול, וישקע בו אם צפיפותו תהיה גדולה מזו של הזורם.

את חוק הציפה גילה המדען היווני ארכימדס כבר לפני יותר מאלפיים ומאתיים שנים, אך כיוון שהוא ובני תקופתו לא ידעו מאום על המבנה החלקיקי של החומר, לא היו להם הכלים להסביר

² יחידת מידה זו נקראת גם **מסה סגולית**. ביחידה זו נוסף להשתמש במונח "צפיפות".

תופעה זו. הם אמנם לא יכלו להסביר, אך הם בהחלט יכלו להשתמש בחוק. היעדר הסבר אינו מעכב שימוש בחוק טבע כלשהו.

מבחינה זו סדר התהליכים של גילוי חוק הציפה אינו שונה מסדר גילוי חוקי טבע אחרים. מגלה החוק מנסח אותו, מעמיד אותו במבחנים חוזרים – האם התופעה חוזרת על עצמה – וכאשר התשובה חיובית הוא מפרסם אותו. כעת החוק עומד לרשות הציבור (מדענים ואזרחים מן השורה) והללו משתמשים בחוק גם בלי שיהיה לו הסבר. הסבר התופעה בדרך כלל מגיע במועד מאוחר יותר, לעתים גם מאות שנים מאוחר יותר, כאשר מצטבר ידע היכול להאיר את התהליכים המיקרוסקופיים היוצרים את התופעה המאקרוסקופית הנגלית לעינינו.

חוק הציפה הוא פשוט, אך ההסבר הוא מורכב למדי ואנו לא נעמיק בו. נסתפק ונאמר שזורם – גז או נוזל – מורכב מחלקיקים הנעים לכל הכיוונים באופן אקראי. כאשר גוף טבול בזורם, יוצרים החלקיקים הפוגעים בדופן התחתונה כוח המניע אותו כלפי מעלה. כוח זה נקרא **כוח העילוי**. כוח העילוי פועל גם על אלה השוקעים בזורם וגם על אלה הצפים על פניו. כעת נשאלת השאלה הפשוטה, והיא; האם כוח העילוי יהיה גדול דיו בכדי להעלות את הגוף הטבול ולגרום לו לצוף?

מה שגילה ארכימדס, ברגע נדיר של הברקה השמורה למדענים מועטים בלבד, הוא שהגוף הטבול יצוף בזורם אם צפיפות הגוף תהיה קטנה מזו של הזורם. רק במקרה זה יהיה כוח העילוי גדול מהמשקל (הכוח המושך את הגוף כלפי מטה), והוא זה שידחוף את הגוף למעלה ויגרום לו לצוף. לדוגמה, אם צפיפותו של גוף היא 2.4 גרם לסמ"ק, הוא יצוף על נוזל שצפיפותו 3.6 גרם לסמ"ק, אך ישקע בנוזל שצפיפותו 2.1 גרם לסמ"ק.

מהלך הפעילות

בחלק הראשון יתרגלו התלמידים את מושג הצפיפות ויגלו באופן הדרגתי את הקשר בין צפיפות לבין ציפה. הם יתחילו על-ידי מדידת הנפח והמסה של שני נוזלים; מים, ותמיסת סוכר רוויה, ויחשבו את צפיפות הנוזלים. השלב הבא יהיה מדידת הצפיפות של 4 גופים מוצקים – נר, מחק, פיסת גזר ופיסת פלסטלינה, והשלב השלישי יהיה קישור בין שני השלבים הראשונים – מציאת הקשר בין צפיפות לבין ציפה. הם יבדקו מי מהגופים יצוף ומי ישקע בכל אחד משני הנוזלים. ממציאים אלה יובילו אותם לניסוח **חוק הציפה** (בזהירות המתבקשת).

מושג הצפיפות הוא מושג חשוב מאד במדע. לאחר שהתלמידים יפתרו את שלושת האתגרים המוצגים להם בדף משימה זה, הם יוכלו להבין טוב יותר את חשיבותו.

החלק השני מציג בפניהם את האתגר ליצור גוף השוקע במים, אך צף על פני תמיסת הסוכר. אתגר זה אינו קל, כיוון שהם חייבים להצליח בו בפעם הראשונה, ולא על-ידי ניסוי וטעיה. כדי להצליח, הם חייבים להבין היטב את מושג הצפיפות אותו ניסחו בדף המשימה הראשון וליישם אותו.

בהרחבת הפעילות כתחנה ביום שיא מוצג חוק הציפה לתלמידים המבקרים בתחנה כנתון. הם ישתמשו בחוק זה בכדי ליצור קלי הצף על פני תמיסת הסוכר אך שוקע במים. הם יידרשו לעשות זאת בפעם אחת, ללא ניסוי וטעיה.

חלק ראשון: צפיפות נוזלים וציפה

כתבו במרכז הלוח בכתב גדול את המילה **צפיפות** ובקשו מהתלמידים להביא דוגמאות מחיי היום-יום שלהם בהם נתקלו במושג זה, ולנסות להסביר את משמעותו בכל דוגמה.

דוגמאות אפשריות:

צפיפות תלמידים בכיתה: הצפיפות אינה מספר התלמידים הכולל, אלא מספר התלמידים הלומדים בכיתה אחת (או בכיתה נתונה – כמה תלמידים בכל מ"ר).

צפיפות משפחה בדירה: הצפיפות אינה מספר הנפשות במשפחה, ואף לא שטח הדירה (או מספר החדרים בה), אלא כמה אנשים מצטופפים בכל מטר רבוע (או כמה ילדים חיים בחדר אחד). צפיפות הנפשות בדירה היא אחד המדדים למצבה הכלכלי של משפחה זו.

צפיפות מכוניות בכביש: הצפיפות אינה מספר המכוניות הכולל, אלא מספר המכוניות לקטע אורך מסוים של כביש, למשל לק"מ כביש.

דונו עם התלמידים בדוגמאות השונות אותן הם העלו להדגמת המושג **צפיפות** בחייהם הפרטיים. הדגישו את העובדה שצפיפות, בניגוד למרחק, זמן או מסה, איננה נמדדת ישירות, אלא היא תוצאה של חישוב. הצפיפות היא **יחס**, והיא המנה הנובעת מחילוק כמות או מספר העצמים ביחידת מידה של הסביבה בה נמצאים עצמים אלה.

מומלץ לתרגל מושג זה על-ידי שאלות נוספות אותן תעלו אתם:

- היכן הייתם מעדיפים לנסוע, בכביש של 10 ק"מ ועליו 20 מכוניות, או בכביש של 30 ק"מ ועליו 300 מכוניות? כדאי להשתמש בדוגמאות מספריות קיצוניות, כדי שהתלמידים יוכלו להפעיל את דמיונם ואת האינטואיציה שלהם. גם בלי לחשב הם יבינו שהכביש בדוגמה השנייה הוא אמנם ארוך יותר, אך מספר המכוניות הוא הרבה יותר גדול מזה שבדוגמה הראשונה. לאחר שהבינו זאת הם יוכלו לחשב שבכביש הראשון הצפיפות היא 2 מכוניות בכל 1 ק"מ, ובשני היא 10 מכוניות לכל 1 ק"מ, משמע, בכביש אחרון זה המכוניות צפופות הרבה יותר מאשר בכביש הראשון, והנסיעה בו תהיה קשה יותר.

- בבית-ספר אחד נרשמו 120 תלמידים לכיתה א', אותם חילקו ל-4 כיתות. בבית-ספר אחר נרשמו 200 תלמידים, אותם חילקו ל-10 כיתות. שאלו אותם באיזה בית-ספר כדאי יותר ללמוד? הצפיפות בכיתות בבית-הספר הראשון תהיה של $120/4$, שהם 30 תלמידים בכיתה, ואילו בבית-הספר השני היא תהיה $200/10$, שהם 20 תלמידים בכיתה. דוגמה זו תמחיש להם שהמספר הכולל של התלמידים אינו חשוב. מה שחשוב הוא הצפיפות בכל

כיתה. מובן שהתלמידים יעדיפו ללמוד בבית-הספר השני, בו צפיפות התלמידים בכל כיתה, היא נמוכה יותר.

הציגו כעת שאלה מחויכת, אותה רבים מכירים:

מה כבד יותר - 1 ק"ג נוצות, או 1 ק"ג ברזל?

סביר כי התלמידים יענו שהמסה של הנוצות ושל הברזל היא זהה, ובכל זאת – שאלו אותם מדוע נבחרו שני עצמים אלה כדוגמאות?

הם נבחרו, כיוון שכדי לאסוף 1 ק"ג נוצות יש לדחוס רבות מהן בקופסא גדולה מאד, ואילו 1 ק"ג ברזל הוא גוש לא גדול אותו ניתן יכולים להחזיק בכף יד אחת. המסה שווה, אך הנפח של שני העצמים האלה שונה באופן קיצוני. ההבדל, אם כך, בין שני העצמים הוא **בצפיפות** שלהם – כמה מסה יש בכל יחידת נפח.

כעת, הציגו בפני התלמידים שני נוזלים: האחד הוא מים, והשני הוא תמיסת סוכר רוויה. הסבירו להם כי את תמיסת הסוכר הכינו על-ידי המסה של כמות גדולה של סוכר בתוך מים. (תוכלו להדגים זאת מולם כדי להמחיש את אופן הכנת תמיסת הסוכר).

ברוח השאלה ששאלנו למעלה נשאל שוב: מי כבד יותר, המים או תמיסת הסוכר?

סביר כי התלמידים יענו שתמיסת הסוכר היא כבדה יותר מן המים, כי נוספה למים כמות גדולה של סוכר, אך מה יהיה כבד יותר – סיר של מים או כוס קטנה של תמיסת סוכר?

הסבירו לתלמידים כי הם אינם טועים לגמרי. תמיסת הסוכר אינה כבדה יותר, אלא היא **צפופה** יותר – יש בה מסה (כמות חומר) גדולה יותר בכל יחידת נפח מאשר במים.

לאחר הדיון יתחילו התלמידים בביצוע המשימה של קביעת צפיפות המים וצפיפות תמיסת הסוכר, ובהמשך גם מהי הצפיפות של חפצים שונים.

חלקו לכל קבוצה (3-4 תלמידים) את דף משימה 1 ואת הצידוד הדרוש. מומלץ להימנע בשלב זה מדיון כיצד ניתן לקבוע את הצפיפות של הנוזלים והמוצקים האלו. הניחו לתלמידים לחשוב על כך בקבוצות ולנסות לקבוע את הצפיפות ללא הנחיות מכם. בדיון שתקיימו לאחר שיסיימו את ההתנסות, כל קבוצה תסביר מה השיטה בה השתמשה לצורך קביעת הצפיפות.

צפיפות נוזלים וציפה

אתגר 1: מדידת צפיפותם של נוזלים

צפיפות של חומר היא כמות החומר (מסה) ביחידת נפח. מקובל להשתמש ביחידות של גרם למ"ל לציון הצפיפות של חומר.

לפניכם הציוד הבא:

- משוֹרָה של 100 מ"ל
- מאזניים דיגיטליים
- תמיסת סוכר רוויה
- מים
- שיפוד

התמיסה	צפיפות (גרם למ"ל)
מים	
תמיסת סוכר	

חשבו על דרך בה תוכלו לחשב את הצפיפות של המים ושל תמיסת הסוכר, ובצעו את המדידות והחישובים הנדרשים. סִכְמו את התוצאות שקיבלתם בטבלה הבאה:

אתגר 2: מדידת צפיפותם של גופים מוצקים

לפניכם ארבעה חפצים המוקרים לכם היטב; נר, מחק, פיסת גזר ופיסת פלסטלינה. חשבו על דרך בה תוכלו למצוא את הצפיפות של כל אחד מעצמים אלה.

כתבו את תוצאות המדידות שלכם בטבלה הבאה:

העצם	צפיפות (גרם למ"ל)
נר	
מחק	
פיסת גזר	
פלסטלינה	

דף משימה 1 המשך

אתגר 3: מי צף על מי? גילוי חוק הציפה

כעת, לאחר שמצאתם וחישבתם את הצפיפות של כל אחד מארבעת החפצים, נסו לגלות אם יש קשר בין צפיפות העצם לבין יכולתו לצוף על פני נוזלים.

האם צף על תמיסת סוכר?	האם צף על מים?	החפץ
כן / לא	כן / לא	נר
כן / לא	כן / לא	מחק
כן / לא	כן / לא	פיסת גזר
כן / לא	כן / לא	פלסטלינה

הניחו את כל אחד מארבעת העצמים על פני המים ועל פני תמיסת הסוכר ורשמו האם הם צפים או שוקעים בנוזל זה.

הסקת מסקנות

- איזו מסקנה אתם יכולים להסיק מתוצאות אלה?

- האם אתם בטוחים שמסקנה זו

היא כללית, והיא נכונה לכל עצם ולכל נוזל? אם לא, מה אתם צריכים לעשות בכדי לחזק את מסקנתכם?

המשך הפעילות - דיון בעקבות דף משימה 1

דף המשימה מורכב משלושה אתגרים, המובילים את התלמידים בהדרגה אל גילוי חוק הציפה.

דיון באתגר 1: מדידת צפיפותם של נוזלים

בקשו ממספר קבוצות לתאר כיצד קבעו את הצפיפות של כל אחד מהנוזלים (מים ותמיסת הסוכר). הדרך לעשות זאת היא למזוג למשורה נפח מסוים של כל נוזל, למדוד במאזניים את מסת הנוזל שבמשורה (הנוזל בלבד, ללא משקל המשורה עצמה) ולחלק את מסת הנוזל בנפח שלו. לדוגמה, הם יוכלו להניח משורה על המאזניים, לאפס אותם, ולמזוג 100 מ"ל של כל אחד מהנוזלים לתוך המשורה. כך ימדדו את המסה של 100 מ"ל. הצפיפות היא המסה הנשקלת מחולקת ב-100 ומבוטאת ביחידות של gr/ml.

בניסוי לדוגמה נמצא שהמסה של 100 מ"ל מים היתה 100gr, ומכאן שצפיפות המים היא 1 גרם לכל מיליליטר³. המסה של 100 מ"ל תמיסת הסוכר הרוויה היתה 125 גרם, ומכאן שהצפיפות של תמיסת הסוכר היא 1.25gr/ml.

תוצאות לדוגמה:

התמיסה	צפיפות (גרם למ"ל)
מים	1.0
תמיסת סוכר	1.25

דיון באתגר 2: מדידת צפיפותם של גופים מוצקים

בקשו ממספר קבוצות לתאר כיצד קבעו את צפיפות החפצים המוצקים.

כדי לקבוע את צפיפותו של כל אחד מארבעת החפצים, על התלמידים בקבוצה למדוד שני משתנים – את מסת החפץ ואת נפחו, ולחלק את ערך המסה (בגרם) בערך הנפח (במ"ל). מדידת נפח החפץ נעשית כך; התלמידים ימזגו מים אל המשורה עד למידה עגולה (70 מ"ל, למשל), ויטבלו בתוכם את החפץ שאת נפחו הם מעוניינים למדוד. אם החפץ יצוף, יהיה עליהם לדחוק אותו בעזרת שיפוד אל תוך המים⁴, כך שכולו יהיה טבול (אם חלקו יבלוט מעל פני המים,

³ העובדה שצפיפות המים הוא 1 גרם למיליליטר אינה הפתעה כלל, ואף לא צירוף מקרים מופלא. מידת המסה "גרם" נקבעה בתחילת המאה ה-19 לאחר שנקבעה מידת המרחק "מטר", והוגדרה כמסת מים שנפחה כנפח קובייה שצלעותיה הן 1 ס"מ = נפח של 1ml.

⁴ אפשר להזניח את נפח השיפוד המצוי במים בעת פעולה זו.

מדידת הנפח לא תהיה מדויקת). נפח החפץ יהיה ההפרש בין נפח המים לאחר טבילת החפץ (94 מ"ל, למשל), לנפח ההתחלתי (70 מ"ל), שהם 24 מ"ל בדוגמה זו.

מדידת המסה של כל אחד מארבעת החפצים היא קלה אף יותר; התלמידים יאפסו את המאזניים, יניחו את החפץ עליו, וירשמו את התוצאה המתקבלת. כך יעשו עבור כל אחד מארבעת החפצים.

בניסוי לדוגמה התקבלו התוצאות הבאות:

מדידה וחישוב צפיפותם של 4 גופים					
הגוף	נפח מים התחלתי (ml)	נפח מים סופי (ml)	נפח הגוף (ml)	מסת הגוף (gr)	צפיפות (gr/ml)
נר	70.0	80.0	10.0	8.4	$8.4/10=0.84$
מחק	70.0	79.8	9.8	16.3	$16.3/9.8=1.66$
פיסת גזר	70.0	92.0	22.0	23.0	$23/22=1.05$
פלסטלינה	70.0	86.5	16.5	27.1	$27.1/16.5=1.64$

סביר להניח שהערכים שתקבלו עבור התמיסות והגופים שתבחרו יהיו שונים מעט מאלה המוצגים כאן, אך לא באופן מהותי.

דיון באתגר 3: מי צף על מי? גילוי חוק הציפה

לאחר שקבעו התלמידים את צפיפות החפצים והתמיסות, הם יבדקו איזה חפץ צף על פני או שוקע בתוך כל אחד מהנוזלים.

כבר בשלב מדידת נפח הנר ראו התלמידים שהוא צף על המים וגם על תמיסת הסוכר. המחק, לעומתו, שקע (סביר להניח) בשני הנוזלים. פיסת הגזר, הגוף המעניין מבין הארבעה, שקע במים אך צף על תמיסת הסוכר, והפלסטלינה, כמו המחק, שקעה בשני הנוזלים.

כאשר ישוו התלמידים את תוצאות הניסוי לצפיפות של החפצים והנוזלים בהם הם נטבלו, הם יגיעו למסקנה שאם צפיפות החפץ נמוכה מזו של הנוזל הוא יצוף על פניה. הם ראו זאת כאשר צפו בנר הצף על המים ועל תמיסת הסוכר, ובפיסת הגזר שצפה על תמיסת הסוכר. וההיפך, אם צפיפות החפץ גבוהה מזו של הנוזל - פיסת הגזר במים, המחק ופיסת הפלסטלינה בשני הנוזלים - הוא ישקע בו.

האם מספיקים ארבעה ניסויים בכדי להכליל ולחוקק חוק כללי? בוודאי שלא. אין ספק שהתלמידים יסיקו זאת נכונה. הדגישו את הזהירות בה יש לנקוט בכדי להגיע למסקנה כוללת

(חוק). כדי לחזק את המסקנה יש לחזור ולבצע ניסויים מסוג זה על גופים רבים נוספים ונוזלים רבים נוספים, ואפילו על גופים הצפים באוויר (בלוני הליום) או שוקעים בו.

בהנחה שהתלמידים (וגם תלמידים ומדענים רבים אחרים) בצעו ניסויים אלה ואישרו חזור ואשר את המסקנה אליה הגיעו, בקשו מהתלמידים לנסח חוק כללי לממצאים אותם מצאו:

גוף יצוף על זורם (גז או נוזל) אם צפיפותו תהיה קטנה מזו של הזורם בו הוא טבול, וישקע בו אם צפיפותו תהיה גדולה מזו של הזורם.

זהו **חוק הציפה** אותו גילה ארכימדס לפני למעלה מ-2,000 שנה.

בחלק השני של הפעילות, התלמידים יניחו התלמידים שחוק הציפה אותו גילו וניסחו הוא נכון, ויִישְמוּ אותו על מנת לפתור אתגר שיוצג להם.

חלק שני: בנו לכם צוללת-מצוף

דף המשימה השני מציג בפני התלמידים את האתגר ליצור גוף השוקע במים, אך צף על פני תמיסת הסוכר. אתגר זה אינו קל, כיוון שנדרוש מהם להתגבר עליו בפעם הראשונה, ולא על-ידי ניסוי וטעיה. כדי להצליח, הם חייבים להבין היטב את מושג הצפיפות אותו ניסחו בדף המשימה הראשון וליישם אותו.

הזכירו לתלמידים את **חוק הציפה**, לפיו גוף יצוף על פני זורם (נוזל או גז) אם צפיפות הגוף היא קטנה מזו של הזורם וההיפך – הגוף ישקע בזורם אם צפיפותו תהיה גדולה מזו של הזורם. חלקו לכל קבוצה את דף משימה 2 ואת הצידוד הדרוש. הסבירו להם כי במשימה זו עליהם להשתמש בנתוני צפיפות המים וצפיפות תמיסת הסוכר אותם גילו ב"אתגר 1" וכן בחוק הציפה אותו גילו וניסחו ב"אתגר 3":

הניחו להם לעבוד בצוותים ולהגיע בכוחות עצמם לפתרון.

בנו לכם צוללת-מצוף

בדף המשימה הקודם גיליתם את **חוק הציפה**, לפיו גוף יצוף על פני זורם (נוזל או גז) אם צפיפות הגוף היא קטנה מזו של הזורם וההיפך – הגוף ישקע בזורם אם צפיפותו תהיה גדולה מזו של הזורם.

במשימה זו עליכם להשתמש בנתוני צפיפות המים וצפיפות תמיסת הסוכר אותם גיליתם ב"אתגר 1" בניסוי הקודם. עליכם להשתמש גם בחוק הציפה אותו גיליתם וניסחתם ב"אתגר 3".

הציוד העמד לרשותכם:

- קופסת פלסטיק עם מכסה (או מבחנה עם פקק)
- חול
- משוּרָה
- מים
- מאזניים דיגיטליים

האתגר:

עליכם להכניס חול אל תוך קופסת הפלסטיק (או המבחנה) כך שכאשר היא תהיה סגורה ואטומה, היא תשקע במים, אך תצוף על פני תמיסת הסוכר.

עליכם להצליח בפעם הראשונה, ללא ניסוי וטעיה.

- כיצד תעשו זאת?

לאחר שתבצעו משימה זו, גשו אל המורה עם הקופסה. מול עיני המורה תטבלו את הקופסה במים ובתמיסת הסוכר ויחד תראו אם עמדתם במשימה.

בהצלחה!

פתרון המשימה

כדי לבצע את המשימה על התלמידים ליצור גוף שצפיפותו גדולה מצפיפות המים (1 גרם למיליליטר) כך שהוא ישקע בהם, אך קטנה מזו של תמיסת הסוכר (1.25gr/ml בניסוי לדוגמה), כך שהוא יצוף על פניה.

הם יבצעו את הצעדים הבאים:

- מדידת נפח הקופסה (או המבחנה) – הם יעשו זאת על-ידי טבילתה (כאשר היא אטומה, כמובן) במשׂורה או בכוס הכימית וימדדו את ההפרש בין נפח המים בכלי לאחר הטבילה לבין נפח המים כאשר הכלי אינו טבול בהם.
 - חישוב המסה הכוללת של המערכת (קופסה + חול) כך שהיא תשקע במים אך תצוף על תמיסת הסוכר.
 - הנחת הקופסה והמכסה (או המבחנה והפקק) על המאזניים, והוספה זהירה של חול עד שהמסה תהיה בכמות המחושבת.
 - סגירת הקופסה או המבחנה על-ידי המכסה או הפקק.
- לאחר ביצוע צעדים אלה הקבוצות תגשנה אליכם, ומול עיני כל תלמידי הכיתה יטבול נציג של הקבוצה את הכלי במים ובתמיסה הסוכר ויחד תוודאו שהקבוצה עמדה במשימה בהצלחה.

דוגמה

הבה נניח לצורך הדוגמה שנפח הקופסה הוא 20 מ"ל. כדי שהיא תשקע במים על המערכת כולה (קופסה + חול) להיות בעלת צפיפות הגבוהה מ-1gr/ml, משמע, מסתה חייבת להיות גדולה מ-20 גרם.

כדי שהמערכת תצוף על תמיסה הסוכר עליה להיות בעלת צפיפות הנמוכה מ-1.25gr/ml, שהם ערך נמוך מ: $20\text{ml} \times 1.25\text{ gr/ml} = 25\text{gr}$. משמע – עליה להיות בעלת מסה כוללת בטווח של 20-25 גרם. התלמידים יניחו יוסיפו חול לקופסה (או למבחנה) עד שיגיעו לערך כלשהו בטווח זה.

דיון מסכם

ביחידת לימוד זו מצאו התלמידים את הקשר בין צפיפותו של גוף לבין יכולתו לצוף על פני (או לשקוע בתוך) זורם נתון. הם גילו את הקשר בעצמם על-ידי מדידת צפיפותם של גופים ונוזלים (מסה ביחידת נפח) ובדיקת הקשר ההדוק בין צפיפות לבין יכולת ציפה. ניתוח סדרת ניסויים זו, המורכבים מניסויים בודדים, יצרה במוחם תבנית, וכך ניסחו **הכללה**, או **חוק** כללי, היכול לנבא תופעות עתידיות, שלא נוסו.

כמובן שכדי לנסח חוק יש לבצע שורה ארוכה של ניסויים, אך כדי להבין את העיקרון לפיו מנסחים המדענים את חוקי הטבע, אפשר להסתפק בדוגמאות אחדות, לנסח חוק, ואז לבדוק את יכולת הניבוי שלו, ממש כפי שעשינו ביחידה זו.

דונו עם התלמידים בחשיבותו של חוק הציפה. הוא מאפשר למהנדסי חברות הספנות לתכנן אוניות העולות מאות מיליונים של שקלים, בידיעה ברורה שהאוניה המתוכננת באמת תצוף על המים. הוא מאפשר להם לנבא שאונייה הצפה על פני האוקיינוס (ובהם מים מלוחים) תשקע כאשר היא תיכנס אל נהר ההדסון בניו-יורק (ובו מים מתוקים) ולחשב את מידת השקיעה. לסיכום, תוכלו להציג לתלמידים שאלת אתגר:

שאלת אתגר מסכמת

היו מהנדסים בחברת תכנון כלי שיט, ונסו לחשוב על השיטה בה הייתם יכולים לשלוט על ציפה או שקיעה של צוללת. כיצד עליכם לתכנן את הצוללת כך שתשקע במים, וכיצד היא תוכל לצוף שוב אל פני המים?

אם התלמידים הבינו את חוק הציפה, לא יקשה עליהם לפתור את שאלת האתגר. כדי לתכנן צוללות העולות ויורדות, כל שעליהם לעשות הוא לתכנן כלי שיט בעל צפיפות כוללת הנמוכה מזו של המים. כיוון שהצוללת עשויה מתכת, יש לתכנן מִקָּל גדול המלא באוויר, כך שהצפיפות הכוללת תהיה נמוכה מזו של המים.

כאשר מעוניין מפקד הצוללת לצלול, תופעל משאבה שתשאב את מי הים אל המְּכָלִים והאוויר יצא מהם. בחלל המְּכָל בו היה אוויר יש כעת מים בנפח רב, צפיפות הצוללת תעלה (נוספה מסה ללא שינוי בנפח הצוללת) והיא תשקע. כדי לצוף, המשאבות יחליפו כיוון, יוציאו את המים בכוח אל הים, ויזרימו אוויר אל תוך החלל המְּכָל. צפיפות הצוללת תרד שוב (מסה נגרעה ללא שינוי בנפח הצוללת), והיא תצוף.

יצאנו נשכרים ביחידה זו בשתי חזיתות; היכרנו טוב יותר את האופן בו פועלים המדענים וכיצד הם מגלים ומנסחים את חוקי הטבע, והבנו טוב יותר את מושג הצפיפות ותופעות הציפה והשקיעה של גופים בזורמים שונים.

הרחבה ליום שיא

תוכלו להרחיב את מסגרת פעילות זו כתחנה ביום שיא. לשם כך תציגו בפני התלמידים המבקרים בתחנה את האתגר המפורט בדף משימה 2, ובו עליהם ליצור קופסה (או מבחנה) השוקעת במים, אך צפה על פני תמיסת סוכר.

המשימה היא מוגדרת מאד, והציוד קל ונוח להשגה ולהפעלה.

כתבו על פוליגל או על נייר בולט את חוק הציפה. הציגו בפני התלמידים המבקרים בתחנה את הציוד הניתן להם כמפורט בסעיף הציוד בהמשך.

תלמידי המצוינות שידריכו את המבקרים בתחנה יסבירו לאלה המבקרים בה את המשימה ואת חוק הציפה. אם התלמידים המבקרים יתקשו במציאת הפתרון, על המדריכים לתמוך בהם ולעזור להם בחישובים, כך שתובטח הצלחה.

נספח ציוד וחומרים

הכנת תמיסת סוכר רוויה

- **1 ליטר תמיסת סוכר רוויה:** הרתיחו 1 ליטר של מים. שפכו את כל הנפח אל תוך כוס כימית בנפח מתאים. מיד, ללא שהות, הוסיפו סוכר תוך ערבוב מתמיד, עד שכל כמות נוספת לא תתמוסס וייווצר משקע בתחתית הכוס הכימית. המשיכו לערבב משך מספר דקות, והניחו לתמיסה להתקרר משך מספר שעות (או לילה). כאשר התמיסה קרה, מזגו אותה בזהירות לכלי קיבול מתאים, תוך שאתם דואגים להשאיר את המשקע בכוס המקורית. כך תקבלו תמיסת סוכר רוויה הנקייה ממשקעים. צפיפותה האופיינית של תמיסת סוכר רוויה היא 1.25 גרם למ"ל (יתכן שתקבלו ערך שונה במעט, אך לא באופן משמעותי). אפשר לשמור את התמיסה במקרר לתקופות ארוכות, כל עוד היא אינה מעלה סימני זיהום.

דף משימה 1

לכל צוות

- 4 חפצים למדידה - כל חפץ חייב להיות בעל קוטר הקטן מקוטרה של 100 מ"ל, ובעל נפח של 30-40 מ"ל, כך שניתן יהיה למדוד בקלות את נפחו במשורה זו:

(1) מחק

(2) נר

(3) פיסת גזר טרי

(4) פיסת פלסטלינה

- 200 מ"ל מים בכוס כימית
- 200 מ"ל תמיסת סוכר רוויה בכוס כימית (ראו הוראות הכנה בהמשך)
- משורה של 100 מ"ל
- שיפוד (לדחיקת הגופים אל המים במקרים בהם הם צפים)
- מאזניים דיגיטליים (ברגישות של 0.1 גרם)
- עט סימון (מַרְקֵר)

דף משימה 2

לכל הכיתה

- כוס כימית גדולה (500-1,000 מ"ל) ובה מים (בה תבדקו אם הקופסה של התלמידים שוקעת)

- כּוֹס כימית גדולה (500-1,000 מ"ל) ובה תמיסת סוכר רווּיָה (בה תבדקו אם הקופסה של התלמידים צפה)

לכל קבוצה

- קופסת פלסטיק קטנה עם מכסה. בְּדָקוּ שהקופסה אטומה למים כאשר היא מכוסה. אפשר להשתמש במבחנה גדולה עם פקק. היתרון במבחנה הוא בכך שהיא דקה, ולכן ניתן להכניסה בקלות אל מְשׁוֹרָה ולמדוד בקלות את נפחה.
- 100-200 גרם של חול (ניתן להשתמש בחול ים המשמש להכנת בטון בבנייה)
- מְשׁוֹרָה או כּוֹס כימית המתאימה למדידת נפח הקופסה (או המבחנה). וודאו שהמשורה או הכּוֹס הכימית היא הקטנה ביותר אליה בה עדיין ניתן לטבול את הקופסה (או את המבחנה), כך שהמדידות תהיינה מדויקות ככל האפשר.
- מאזניים דיגיטליים

תחנת יום שיא

לצוות התחנה

- כּוֹס כימית גדולה (500-1,000 מ"ל) ובה מים (בה תבדקו אם הקופסה שוקעת), או מְשׁוֹרָה אליה תכניסו את המבחנה
- כּוֹס כימית (או מבחנה) זהה ובה תמיסת הסוּדָר (בה תבדקו אם הקופסה צפה)

לקבוצה המבקרת בתחנה

- קופסת פלסטיק קטנה עם מכסה. בְּדָקוּ שהקופסה אטומה למים כאשר היא מכוסה. אפשר להשתמש במבחנה גדולה עם פקק. היתרון במבחנה הוא בכך שניתן בקלות להכניסה אל מְשׁוֹרָה.
- 100-200 גרם של חול ים (חול המשמש להכנת בטון בבנייה)
- מְשׁוֹרָה או כּוֹס כימית המתאימה למדידת נפח הקופסה (או המבחנה). וודאו שהמשורה או הכּוֹס הכימית היא הקטנה ביותר אליה בה עדיין ניתן לטבול את הקופסה (או את המבחנה), כך שהמדידות תהיינה מדויקות ככל האפשר.
- מאזניים דיגיטליים