מטמו"ן חדש מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים

מסע בין חלקיקים

מירב כפיר-גמליאל
דבי ווייטסון-סומך
זהבה שֶרְץ

אגף ספרי לימוד
באישור
משרד החינוך
אישור מס': 3190
אושר בתאריך: 23.9.2012

כיתה ז

מתאים לתכנית הלימודים המעודכנת
במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים

משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים

מכון ויצמן למדע
המחלקה להוראת המדעים

מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט

פיתוח וכתיבה
מירב כפיר-גמליאל
דבי וויטסון-סומך
ד"ר זהבה שרץ

ראשי הפרויקט
פרופ' בת-שבע אלון
פרופ' ענת ירדן
ד"ר זהבה שרץ

מרכז הפרויקט
ד"ר אמנון חזן

עיצוב גרפי ושרטוטים
זיו אריאלי
מור מוריה-שיפוני

עימוד
מור מוריה-שיפוני

איורים
זיו אריאלי

עריכה מדעית
ד"ר עמוס ברדע

עריכה לשונית
ד"ר רחל ברוך

עריכה מגדרית
ד"ר אתי גלעד

צילום ניסויים
מעבדת הצילום של מכון ויצמן

רוב הצילומים והאיורים המשולבים בספר נלקחו ברישיון מאת שטרסטוק Shutterstock.com.

היחידה כוללת קטעים מעובדים מהספר "מבנה החומר: ריק וחלקיקים" מאת פרופ' **יוסי נוסבוים**,
בהוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, 2000.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או
אמצעי אלקטרוני, אופטי, או מכני, או אחר, כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל
סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט, אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.
©
כל הזכויות שמורות
משרד החינוך
דפוס איילון, תשע"ג, 2012
מק"ט: 279-6372

פתח דבר

מה ב"מסע בין חלקיקים"?

היחידה "מסע בין חלקיקים" מיועדת לתלמידי כיתה ז' ונלמדת לאחר היחידה "מסע בין חומרים". ביחידה זו נמשיך בהיכרות עם עולם החומרים והפעם בהיבט מיקרוסקופי.
הסקרנות והרצון להבין את סודות היקום הניעו מדענים וחוקרים לנסות ולפענח את צפונות מבנה החומר על מנת להבין את תכונות החומרים הקיימים וליצור חומרים חדשים. בלימודינו ביחידה נתוודע אל המושג "מודל" במדע וטכנולוגיה ונלמד על מבנה החומר תוך שימוש במודל החלקיקים. מודל החלקיקים יסייע לנו בהבנה ואפיון של מצבי הצבירה של החומר ויעשיר את יכולתנו להבין ולהסביר תכונות, תופעות ושינויים פיסיקליים בחומרים. במהלך לימוד היחידה נעסוק במיומנויות של קריאת גרפים ונתרגל וניישם מיומנויות שנלמדו ביחידה הקודמת.

מהו מטמו"ן חדש?

סדרת מטמו"ן חדש כוללת את היחידות הבאות לכיתה ז':
יחידות במדעי החומר: מסע בין חומרים, מסע בין חלקיקים, מבט ראשון על אנרגיה.
יחידות במדעי החיים: חוקרים חיים, חוקרים מערכות הובלה.

בסדרה חומרי למידה מודפסים לתלמידים, מדריכים למורה וסביבה לימודית מתוקשבת, הנותנים מענה שלם ללמידה, לגיוון ולהעמקה בתחומי הכימיה, הפיזיקה, הביולוגיה והטכנולוגיה, בהלימה לתוכנית הלימודים המעודכנת (2012) במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים.
בחומרי מטמו"ן חדש באים לידי ביטוי הניסיון המצטבר של המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע בפיתוח, במחקר ובפדגוגיה, והמעורבות רבת השנים בפיתוח מקצועי של מורי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים.
תוצרי התוכנית מתמקדים בעיקר בהיבטים האלה:

- הבניית רעיונות ועקרונות מרכזיים במדע וטכנולוגיה ומתן הזדמנויות להיכרות עם חידושים ופריצות דרך בתחום.
- הקניה ויישום של מיומנויות למידה, חשיבה, חקר ותיכון ושילובם המפורש בחומרי הלמידה.
- התאמה לצורכיהם של לומדים שונים.
- התנסות בפעילויות מעבדה, חקר ופתרון בעיות.
- שילוב פריטי הערכה לצורכי למידה.
- טיפוח העניין, המוטיבציה, הלמידה השיתופית והמכוונות העצמית של הלומדים.

תודות

למורים שקראו והעירו ולכל המורים שהשתתפו בניסוי חומרי הלמידה בתשע"ב.

אנו מאחלים לכם למידה מהנה ופוריה
צוות מטמו"ן חדש

תוכן העניינים

פרק 1: עקרונות מודל החלקיקים של החומר

א. "משקפי הקסם" ... 8

ב. מודל החלקיקים של החומר ... 13

מהו מודל? ... 13

המודל של מבנה החומר ... 14

רִיק, רֵיק ומה שביניהם ... 16

על רִיק ועל חלקיקים ... 17

ג. מודל החלקיקים: ריח ופעפוע ... 22

התפשטות ריח הבושם הנוזלי ... 22

מהו גרף רציף? ... 26

התפשטות ריח מטהר אוויר מוצק ... 29

פעפוע של גז ברום ... 32

ד. אל תוך מצבי הצבירה ... 35

ציבור - צֶבֶר - מצב צבירה ... 35

הגורמים המשפיעים על תכונות החומר ... 36

תנועת החלקיקים בשלושת מצבי הצבירה ... 38

כיצד נעים חלקיקי הגז? ... 39

צורה ונפח החומר בשלושת מצבי הצבירה ... 42

האם אפשר לדחוס חומר בשלושת מצבי הצבירה? ... 45

תכונות האבקה ... 46

ה. מה למדנו בפרק זה? ... 52

שאלות סיכום ... 53

פרק 2: חלקיקים ושינויים בחומר

מבט לאחור ומבט לפנים ... 60

א. שינויים בחומר ... 60

ב. השפעת חימום וקירור על תנועת החלקיקים ... 63

ג. שינויי טמפרטורה ונפח ... 66

התפשטות תרמית - התפשטות החומר כתוצאה מהתחממותו ... 74

ד. שינויי לחץ במצב הגזי: מהו הלחץ? ... 77

ה. עוד על המצב הגזי ... 80

הקשר בין לחץ, נפח, טמפרטורה ומספר החלקיקים ... 80

השפעת חימום על לחץ הגז ... 80

השפעת שינוי הנפח על לחץ הגז ... 84

השפעת שינוי המסה על לחץ הגז ... 85

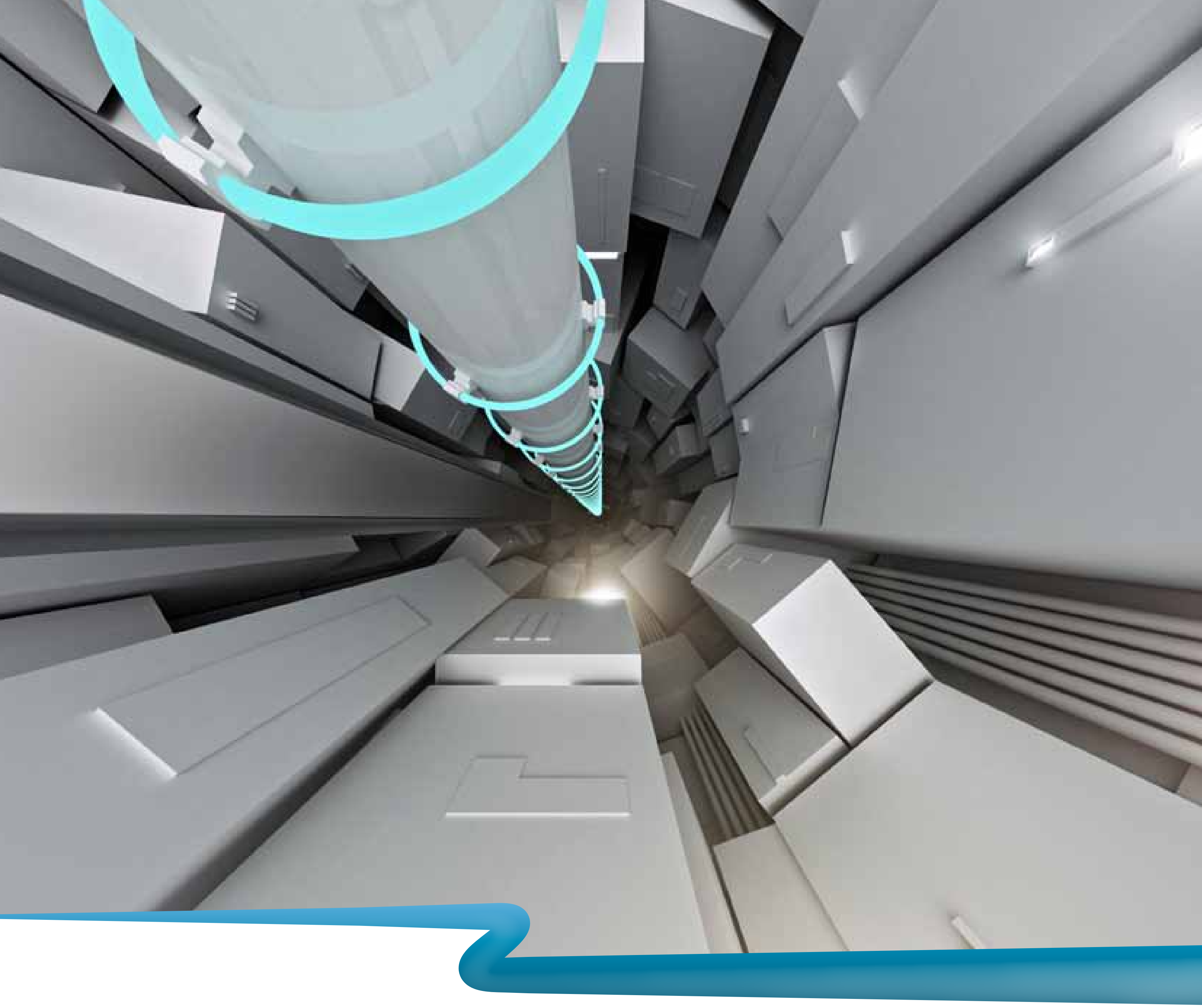
מתרגלים גרף רציף 88
ו. מה למדנו בפרק זה? 91
שאלות סיכום 92

פרק 3: חלקיקים ושינוי מצב הצבירה

מבט לאחור ומבט לפנים........ 96
א. משנים מצב צבירה........ 96
ממריאים... 98
ב. מודל החלקיקים: שינוי מצב צבירה 99
האנומליה של המים 100
ג. מהו ההבדל בין התאדות לבין רתיחה?........ 108
רתיחה........ 108
התאדות 108
ד. חוק שימור המסה........ 112
חוק שימור המסה בשינוי מצבי צבירה........ 112
ה. מה למדנו בפרק זה? 113
שאלות סיכום........ 114
מילון מונחים 116

מקרא הסמלים

שאלות	שאלות עליהן יש לענות במחברת.
משימה	משימת כתיבה, כמו: השלמת טבלה, גרף, איור וכדומה.
פעילות	פעילות בכיתה המלווה לעיתים בבנייה של תוצר, כמו: כרזה או דגם.
ניסוי	ניסוי לביצוע במעבדה.
פעילות ברשת	פעילות ממוחשבת באתר 'מטמ"ון חדש'.
צפייה בסרט	צפייה בסרטון באתר 'מטמ"ון חדש'.
מיומנויות במדע וטכנולוגיה	פעילות להקנייה או תרגול של מיומנויות למידה.
בדרך החקר	פעילות המדמה את דרכי פעולתם של מדענים.
מעניין ומסקרן	העשרת ידע באמצעות עובדות נוספות הקשורות לחומר הנלמד.
דיון	שאלות לדיון בכיתה עם המורה או בקבוצות.
הדגמה	ניסוי שמבוצע על-ידי המורה או נצפה באתר 'מטמו"ן חדש'.
משקפי קסם	משקפיים דימיוניים המאפשרים "לראות" את מה שעין האדם אינה רואה.
מידע והרחבה	מידע והרחבה על תכנים שמעבר לתוכנית הלימודים.



פרק 1

עקרונות מודל החלקיקים של החומר

א. "משקפי הקסם"

ממה בנויים החומרים המרכיבים את העולם? האם יש משהו משותף למבנה של נמלה, עץ בננה, כוס זכוכית, מסמר ברזל וגוף האדם? שאלות אלו העסיקו פילוסופים, חוקרים ומדענים רבים עוד לפני עידן המדע המודרני. שאלות אלה ורבות אחרות עדיין מעסיקות אותם היום. בפרק זה ננסה לפענח חלק מהמידע הקשור למבנה החומרים השונים. לשם כך נשתמש בשני כלי מחקר חשובים המשמשים מדענים:

- **תצפיות וניסויים** - כדי לגלות תופעות טבע.
- **דיונים והסברים** - כדי להבין ולפרש את תוצאות התצפיות והניסויים. אחד מכלי ההסבר שבהם נשתמש הוא **"משקפי הקסם"** - משקפי הקסם הם משקפיים דמיוניים המאפשרים לנו לדמיין כיצד בנוי החומר. באמצעות משקפי הקסם אפשר "לראות" מבנים שבהם עין האדם אינה מבחינה, אפילו לא דרך זכוכית מגדלת או באמצעות מיקרוסקופ משוכלל.

פעילות

פעילות 1: שאיבת אוויר

מטרת הפעילות: לבדוק מה קורה לאוויר בבקבוק, לאחר ששואבים ממנו חלק מהאוויר.

ציוד וחומרים: בקבוק יניקה (ראו תמונה), פקק, צינור גומי, משאבה יונקת, אוויר.

בקבוק יניקה מחובר למשאבה יונקת

מהלך הפעילות

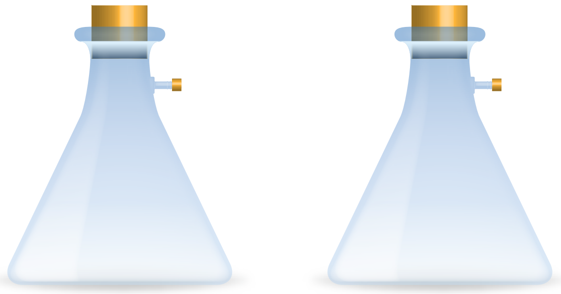
לפניכם מערכת הבנויה מבקבוק זכוכית סגור המכיל אוויר ומחובר בצינורית למשאבה השואבת חלק מהאוויר.

המשאבה שבה אנו מתכננים להשתמש בניסוי זה **"יונקת"**, כלומר מוציאה או שואבת חומר מתוך כלי שאליו היא מחוברת. במקרה שלנו המשאבה יונקת (מוציאה) אוויר מתוך בקבוק הזכוכית שאליו היא מחוברת. משאבות מסוג זה מיועדות לשאוב אוויר או גזים אחרים מתוך כלים שאליהם הן מחוברות. נפעיל את המשאבה ה"יונקת" מספר פעמים (5-6 פעמים), ונניח כי שאבנו מחצית מכמות האוויר שבבקבוק.

- **האם נוכל לראות (באמצעות העיניים שלנו) שינוי בתוך הבקבוק לאחר שאיבת האוויר? מדוע?**

דמיינו שאתם מרכיבים משקפיים דמיוניים - "משקפי קסם". "התבוננו" בבקבוק הזכוכית המלא באוויר באמצעות משקפי הקסם, לפני שאיבת האוויר ולאחר שאיבת האוויר.

קבלו מהמורה דף (כמתואר באיור 1 בעמוד הבא) וצרפו אותו למחברתכם. בדף זה יש ציור של שני הבקבוקים. בבקבוק א' ציירו את האוויר כפי שאתם חושבים שהוא נראה לפני שאיבת האוויר, ובבקבוק ב' ציירו את האוויר כפי שאתם חושבים שהוא נראה לאחר השאיבה.



בקבוק ב'
האוויר בבקבוק כפי שאני חושב שהוא נראה **אחרי** השאיבה

בקבוק א'
האוויר בבקבוק כפי שאני חושב שהוא נראה **לפני** השאיבה

איור 1: האוויר בבקבוקים לפני ואחרי השאיבה

מידע והרחבה

אחת הדוגמאות המוכרות למשאבה יונקת היא ה"משאבה" הפועלת במטבח מעל אזור הבישול והמיועדת לסלק "ריחות" ואדים מהמטבח. משאבה זאת נקראת "קולט אדים", והיא שואבת את הגזים הנוצרים בזמן הבישול ומעבירה אותם אל מחוץ למטבח. גם שואב האבק פועל על בסיס עיקרון דומה. שואב האבק שואב אבק וחלקיקי לכלוך קטנים מהסביבה לתוך מכל פנימי, ואותו מרוקנים מדי פעם לפח האשפה. משאבות "יונקות" הפוכות באופן פעולתן מסוג משאבות אחר, שאותו נכיר בהמשך, משאבות דחיסה (כמו משאבת אופניים).

משאבה יונקת - קולט אדים ושואב אבק

שאלות

1. תארו במילים את הציורים שציירתם.
2. התבוננו בציור שאותו צייר/ה תלמיד/ה אחר/ת בכיתה.
   א. האם הציור שלכם דומה לציור של חברכם או חברתכם?
   ב. אם יש הבדלים בין הציורים, מהם ההבדלים העיקריים?
3. א. דונו עם חברכם/חברתכם איזה מבין הציורים מתאר בצורה נכונה יותר את המציאות ומדוע.
   ב. האם אתם מוכנים כעת לשנות את הציור שלכם? אם כן, הסבירו מהו השינוי שחל בציור שלכם ומדוע.
4. המורה י/תבחר מספר תלמידים שיציגו על הלוח את הציורים וההסברים שלהם. מבין הציורים שנמצאים על הלוח, בחרו את הציור שנראה לכם המתאים ביותר לתיאור האוויר בבקבוק לפני השאיבה ואחריה, העתיקו אותו למחברתכם ונמקו מדוע בחרתם בו.

שימו לב - בשלב זה תלמידים שונים ציירו ציורים שונים המייצגים את מבנה החומר. גם פילוסופים ומדענים, לאורך ההיסטוריה של האנושות והמדע, העלו ועדיין נוהגים להעלות השערות שונות לגבי מבנה החומר כדי להסביר תופעות שונות. בהמשך נדון בהצעות השונות של התלמידים. כעת נעסוק בפעילות נוספת וננסה להסביר גם אותה בעזרת "משקפי הקסם".

פעילות

פעילות 2: דחיסת אוויר

בפעילות 1 שאבנו בעזרת משאבת יניקה אוויר מתוך בקבוק זכוכית המכיל אוויר והתבקשתם להשתמש ב"משקפי הקסם" ולדמיין כיצד יראה האוויר לפני פעולת השאיבה ואחריה. האם אפשר להוסיף אוויר לתוך בקבוק זכוכית המכיל אוויר? בפעילות זאת נשתמש במערכת דומה, אך במקום משאבה יונקת נשתמש במשאבה דוחסת, כלומר ננסה להכניס אוויר נוסף לנפח הקבוע של הבקבוק.

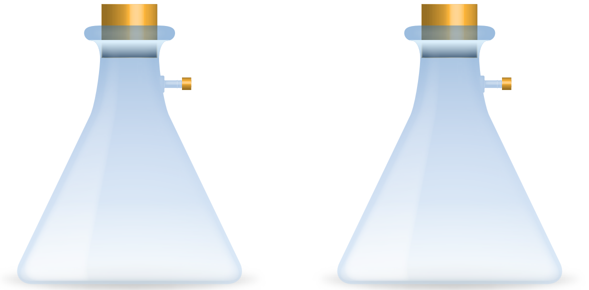
דחיסה היא פעולה שבה מכניסים כמות נוספת של חומר למקום בעל נפח קבוע.

מטרת הפעילות: לתאר מה קורה לאוויר בבקבוק, לאחר שדוחסים לתוכו אוויר נוסף

ציוד וחומרים: בקבוק יניקה, פקק, צינור גומי, משאבה דוחסת, אוויר.

מהלך הפעילות

1. הפעילו את המשאבה הדוחסת 5-6 פעמים ונסו להוסיף עוד אוויר לבקבוק הזכוכית המכיל אוויר.
   א. האם הצלחתם להוסיף עוד אוויר לבקבוק הזכוכית?
   ב. האם אפשר לראות באמצעות העין שינוי בבקבוק לאחר הדחיסה? הסבירו את תשובתכם.
   ג. קבלו מהמורה דף נוסף וגם אותו צרפו למחברתכם. בדף זה יש ציור של שני בקבוקים. השתמשו ב"משקפי הקסם" וציירו בבקבוק א' כיצד נראה האוויר, כפי שאתם מדמיינים אותו לפני דחיסת האוויר, ובבקבוק ב' ציירו כיצד נראה האוויר, כפי שאתם מדמיינים אותו לאחר הדחיסה.
   ד. תארו במילים את הציור שציירתם.
   ה. האם הציור שציירתם בפעילות זו שונה מהציור שציירתם בפעילות 1? פרטו במה הוא שונה.



בקבוק א'
האוויר בבקבוק כפי שאני חושב שהוא נראה **לפני** הדחיסה

בקבוק ב'
האוויר בבקבוק כפי שאני חושב שהוא נראה **אחרי** הדחיסה

איור 2: האוויר בבקבוקים לפני ואחרי דחיסה

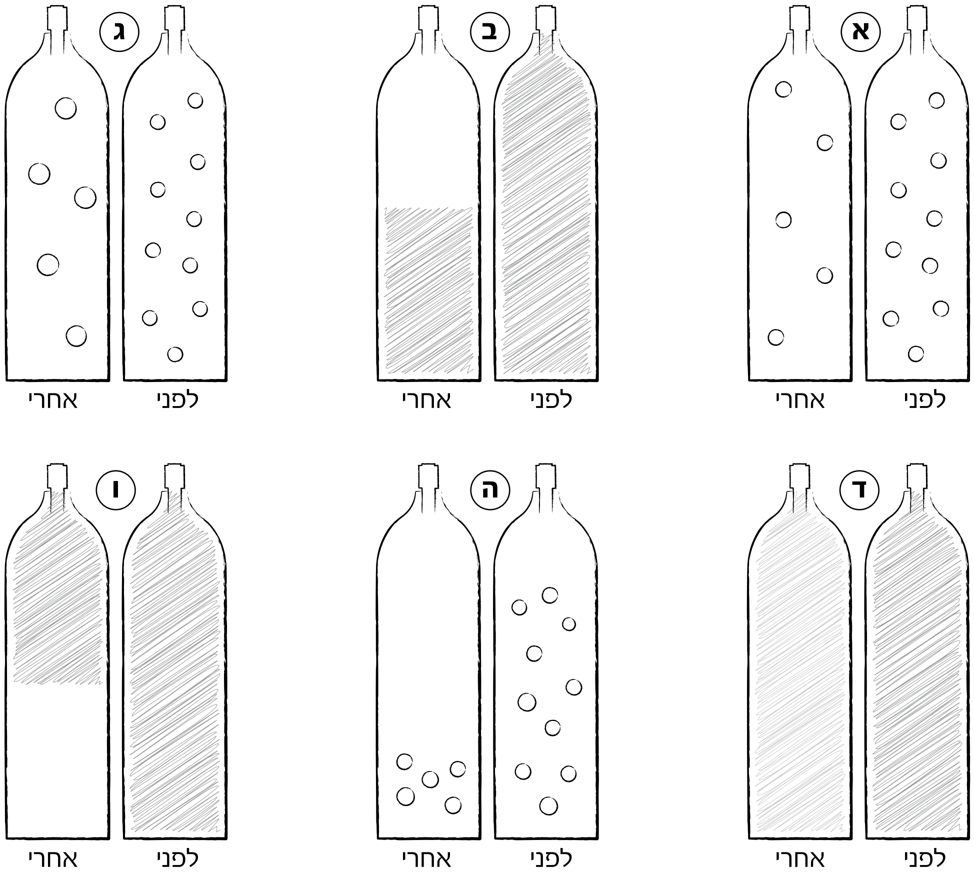
פעילות 3: כיצד נראה האוויר במכלי החמצן של הצוללן?

מכלי חמצן

יצורים ימיים כמו דגים יכולים לנשום במים, אך אנחנו בני האדם (ועוד הרבה יצורים חיים אחרים) יכולים לשהות מתחת למים במשך פרקי זמן קצרים (עד כשתי דקות) ללא אביזרים מתאימים לנשימה. האם חשבתם אי פעם כיצד צוללנים שוהים מתחת למים במשך פרקי זמן ארוכים? הצוללנים נושאים על גבם מכלים המלאים **אוויר דחוס**, ואלו מאפשרים להם לנשום מתחת למים. צינורית ו"וסת לחץ" המחברים בין מכל האוויר לפי הצוללן, מאפשרים לאוויר להגיע מהמכל אל הצוללן.

בהנחה שכמות האוויר במכל מספיקה לארבע שעות צלילה, כיצד יֵראה האוויר במכל מלא (לפני השימוש), וכיצד יראה האוויר במכל לאחר שעתיים של צלילה?

תלמידים שונים התבקשו להשתמש ב"משקפי הקסם" על מנת לצייר את האוויר במכל, כפי שהם חושבים שהוא נראה לפני השימוש ואחריו. לפניכם חלק מהציורים שהילדים ציירו:



ציורי תלמידים המתארים את מבנה האוויר במכל צלילה

שאלות

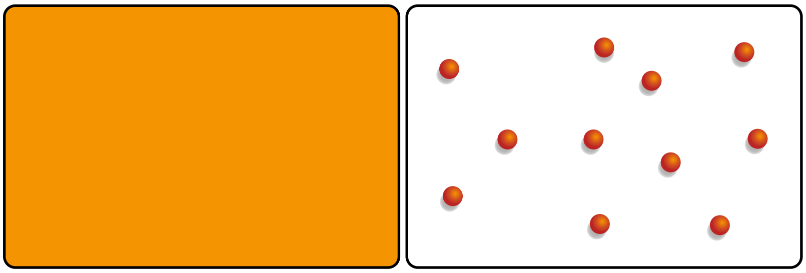
1. אפשר לחלק את ציורי התלמידים לשתי קבוצות עיקריות. מהן? על-פי מה מיינתם את הציורים?
2. התבוננו בציורי התלמידים ובחרו את הציור שנראה לכם המתאים ביותר לתיאור מבנה האוויר. הסבירו מדוע בחרתם באיור זה. אם לא מצאתם ציור התואם את דעתכם, ציירו ציור אחר במחברתכם המתאר את מבנה האוויר במכל האוויר לפני השימוש ואחריו.
3. התבוננו שוב בציורים ובחרו ציור שלדעתכם **אינו** מתאר בצורה טובה את האוויר במכלים, והסבירו מדוע אתם חושבים כך.

צוללן מתחת למים

בעקבות הפעילויות שערכנו עד כה, אפשר למיין את ציורי התלמידים לשתי קבוצות עיקריות:

קבוצה ראשונה מייצגת ציורים אשר מתארים מבנה רציף של החומר - ללא רווחים.

קבוצה שנייה מייצגת ציורים אשר מתארים מבנה חלקיקי של החומר - כשבין החלקיקים יש רווחים.



איור 3: ייצוגים של מבנה החומר על-פי ציורי תלמידים

דיון

התחלקו לשתי קבוצות: קבוצה אחת המייצגת את תומכי המבנה הרציף של החומר וקבוצה שנייה המייצגת את תומכי המבנה החלקיקי של החומר. על כל קבוצה להסביר לחברי הקבוצה השנייה את תופעת הדחיסה ותופעת השאיבה שביצענו בפעילויות 1 ו-2 בהתאם למבנה החומר שאותו היא מייצגת.

איזו מבין שתי האפשרויות המוצגות באיור 3 מתארת נכון יותר את מבנה החומר? בעזרת איזו מהאפשרויות ניתן להסביר תופעות? איזה מהמודלים יכול להסביר דחיסה של אוויר, למשל? על שאלות אלה ואחרות נענה בהמשך.

ב. מודל החלקיקים של החומר

מהו מודל?

מודל הוא דימוי או דגם שבאמצעותם אפשר להמחיש, להסביר תופעות, עובדות או חוקים.
מודלים רבים משמשים להדגמת תופעות והיבטים שונים בתחומי חיים רבים. התמונות הבאות מציגות מודלים שונים.

1. מודל של לב

2. מודל של בית

3. מודל של מטוס

השימוש במודלים מאפשר הבנה טובה יותר של המציאות, שאותה לא תמיד אפשר לראות, וכן לתכנן מבנים, מערכות או ניסויים. מודל טוב מדמה ככל האפשר היבטים מסוימים של הדברים (לב, בית, מטוס) שאותם הוא מייצג. **אף מודל אינו מושלם, ולעתים מתאר המודל רק חלק מההיבטים של המציאות.** לדוגמה, המודל של הלב מתאר את מבנה הלב וחלקיו, אך אינו מתאר את פעולת הלב.

דיון

התבוננו במודלים של הלב, הבית והמטוס ודונו בשאלות הבאות:

1. במה שונה המודל מהמציאות? בתשובתכם התייחסו לשלושת המודלים המוצגים באיורים.
2. לאיזה צורך משתמשים במודלים אלו?
3. ישנם חסרונות לשימוש במודלים, מאחר שקיימים הבדלים משמעותיים בין המודל למציאות.
   ציינו יתרון אחד וחיסרון אחד של השימוש במודלים.

המודל של מבנה החומר

שאלות הנוגעות להבנת העולם ולתופעותיו עניינו את האדם מאז ומתמיד. חכמי יוון לפני כ- 2400 שנים, פילוסופים, הוגים וחוקרים לאורך ההיסטוריה התעניינו בשאלות כגון:

- כיצד בנוי החומר?
- מדוע לגז אין נפח קבוע?
- מדוע אפשר לדחוס גז, אך אי אפשר לדחוס מוצק או נוזל?
- מדוע חומרים משנים את מצב הצבירה שלהם, כאשר מחממים או מקררים אותם?

מאז תחילת ההתפתחות הגדולה של המדע הניסויי לפני כ - 300 שנים, נאסף מידע רב על תכונות של חומרים ותופעות הקשורות לשינויים החלים בחומר. החוקרים והמדענים שניסו להסביר את התכונות והתופעות ביססו את ההסברים על מודלים שתיארו את "מבנה החומר". מודלים אלו השתנו עם התפתחות המדע הניסויי ועם הצורך להסביר ניסויים ותופעות שהלכו והתגלו במשך השנים.

הפעילויות שערכנו עד עתה העלו שאלות ותהיות הקשורות למבנה החומר. המדענים ובני האדם בעבר סברו כי לחומר מבנה רציף. מודל זה נראה הגיוני לאנשים מסוימים ולחלק מהתלמידים גם כיום, אולם - מסתבר כי אי אפשר להסביר את התופעות שחקרנו בעזרת המודל הרציף. לדוגמה, האם אפשר באמצעות המודל הרציף של מבנה החומר להסביר שאיבה של אוויר מתוך בקבוק? האם אפשר להסביר באמצעות המודל הרציף של מבנה החומר את הדחיסה של אוויר לתוך בקבוק?

חלק מהתלמידים סברו כי החומר בנוי **מחלקיקים**. האם מודל זה אכן מצליח להסביר שאלות אלו? המודל של מבנה החומר המקובל כיום על מדענים וחוקרים הוא **"מודל החלקיקים של החומר"**. זהו מודל עכשווי המתאר את מבנה החומר כמקובל בעולם המדע.

מודל החלקיקים של החומר מבוסס על ההנחות הבאות:

- החומר בנוי מחלקיקים
- בין החלקיקים קיים רִיק
- חלקיקי החומר נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית
- בין חלקיקי החומר קיימים כוחות משיכה

בהמשך הפרק נלמד על כל אחת מהנחות אלה ונכיר אותן באמצעות התבוננות בתופעות ועריכת ניסויים.

מידע והרחבה

סופי לעת עתה!

אחת התאוריות הראשונות שתיארו את מבנה החומר, הייתה תאוריית ארבעת היסודות שנוצרה במאה ה-6 לפני הספירה ביוון העתיקה על ידי הפילוסוף **אמפדוקלס** ונתמכה על ידי הפילוסוף **אריסטו**. תאוריה זו גרסה כי כל החומר בעולם מורכב מארבעה "יסודות": מים, אש, אוויר ואדמה. מרבית חכמי יוון הסכימו עם תאוריה זו, והיא הייתה מקובלת עד לימי הביניים.

תאוריה מנוגדת שנוצרה ביוון העתיקה היא זו של **דמוקריטוס**, ולפיה אם נחלק חומר לחלקים קטנים יותר, תכונות החומר לא תשתנינה. אם נמשיך ונחלק את החלקים, נקבל בסופו של דבר חלק זעיר מאוד של החומר שלא נוכל להמשיך ולחלקו. חלק זעיר זה כונה על ידי דמוקריטוס "אטומוס"- בלתי ניתן לחלוקה. כך, לדוגמה, אם נחצה גוש נחושת לשני חצאים, תכונות חצאי הנחושת תהיינה זהות לתכונות גוש הנחושת השלם. אם נמשיך ונחלק את שני חצאי הנחושת, יתקבל בסופו של דבר חלק זעיר מאוד של נחושת שאותו לא נוכל להמשיך ולחלק. בעת החדשה נזנחה תורת ארבעת היסודות, והתורה האטומית של דמוקריטוס זכתה לחיזוק ולביסוס. למרות שאייזק ניוטון טען כבר במאה ה-17, כי חומר מורכב מחלקיקים זעירים, רק בשנת 1802 ביסס ג'ון דלטון באמצעות מחקרים שפורסמו במאמרים, את ההשערה שכל החומרים מורכבים מחלקיקים. כאן המקום לציין כי התאוריה המדעית המקובלת היום על מבנה החומר נשענת על מחקרים מדעיים המבוססים על ניסויים מורכבים וחישובים מתקדמים. התאוריות הנוכחיות הן שרירות ותקפות כל עוד הן מסבירות תופעות קיימות, ואין שום תופעה הסותרת אותן, או תופעה שאת קיומה הן אינן מצליחות להסביר. במילים אחרות - כל עוד לא הוכח אחרת, התאוריות המקובלות הן בחזקת **"סופי לעת עתה"**. ייתכן שיבוא יום, ותימצאנה עדויות מדעיות הסותרות את התאוריות המקובלות עלינו היום.

צפייה בסרט

הסרטון "סוד הריק" מהסדרה "סופי לעת עתה" עוסק בנושא רִיק, רֵיק ומה שביניהם.

שאלות

השאלות הבאות מתייחסות לקטע הקריאה ולסרטון "סופי לעת עתה":

1. כיצד נקרא "ריק" בלועזית?
2. אריסטו ודמוקריטוס טענו טענות מנוגדות בנוגע לקיומו של ריק. כתבו את טענותיהם של שני פילוסופים אלו ואת הנימוקים לטענותיהם.
3. באיזו תאוריה תמך אייזק ניוטון - בתאוריה של אמפדוקלס או בתאוריה של דמוקריטוס?
4. הכנסייה הנוצרית לא קיבלה את הרעיון שבין החלקיקים קיים ריק. מדוע?
5. סרטון זה שייך לסדרת סרטונים הנקראת "סופי לעת עתה". מה אפשר ללמוד משמה של הסדרה על תאוריות מדעיות?

מודל החלקיקים של החומר המקובל כיום הוא סופי אך ורק באופן זמני, לעת עתה. מודל זה ייחשב נכון כל עוד הוא מסוגל להסביר תופעות ולחזות תוצאות של תופעות וניסויים מדעיים.

רְיק, רֵיק ומה שביניהם

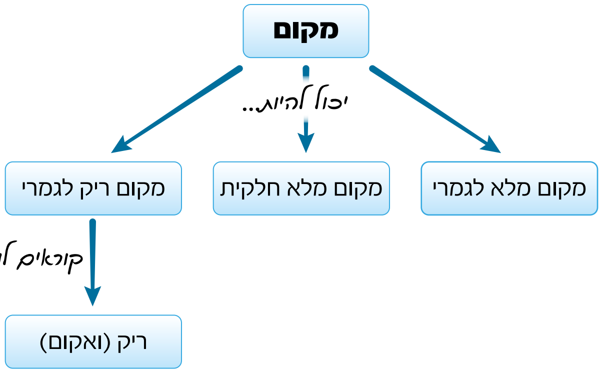
רְיק (ואקום) - מצב של היעדר מוחלט של חומר

משימה

לפניכם תמונות של שני חדרים.

1. רשמו במחברתכם את תכולתו של כל אחד מהחדרים.
2. האם אחד מהחדרים רֵיק? הסבירו את תשובתכם.

בחיי היומיום כאשר אנו אומרים כי מקום מסוים רֵיק, בדרך כלל אנו מתכוונים שאין במקום חפצים, אנשים, בעלי חיים או צמחים. אך למעשה המקום אינו ריק - המקום מכיל אוויר, לכן ברור כי אין בו רִיק. על מנת שיהיה רִיק, היינו צריכים לשאוב גם את האוויר. כאשר אנו מדברים על רִיק - כדוגמת הריק שבין חלקיקי החומר - אנו מתכוונים שהמקום רֵיק לגמרי, ללא כל חומר בתוכו, גם לא אוויר או כל גז אחר.



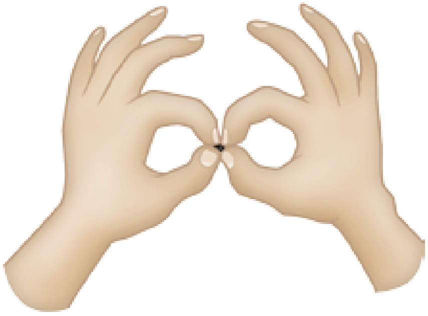
ניתן ליצור בכלי רִיק באופן מלאכותי, למשל, על-ידי שאיבה של אוויר הנמצא בתוכו. בניסויים מסוימים במדע וברפואה מקובל ליצור רִיק (ואקום) על-ידי שאיבת האוויר מהמתקן שבו מתבצע הניסוי. זאת על מנת למנוע תגובה לא רצויה של חומרי הניסוי עם האוויר, תגובה היכולה להשפיע על תוצאות הניסויים. יצירת ריק משמשת גם באריזות של מוצרי מזון ותרופות.

על רִיק ועל חלקיקים

מהו גודלו של חלקיק חומר?

חלקיקי החומר קטנים מאוד. ההתנסות הבאה תסייע להמחיש גודל קטן זה.

כמה חלקיקי אוויר יש במקום קטנטן שנפחו כ- 1 סמ"ק?
קחו את שתי הידיים שלכם, קרבו את האצבע אל האגודל וקרבו את שתי הידיים זו לזו. בין שתי הידיים מתקבל "מקום" בנפח של בערך 1 סמ"ק (ראו איור 4 - המקום המושחר).
נסו לאמוד כמה חלקיקי אוויר (חלקיקי חנקן, חמצן, פחמן דו-חמצני וגזים נוספים) יש במקום הקטן הזה?
1,000,000 - מיליון חלקיקים?
100,000,000 - מיליארד חלקיקים?
100,000,000,000,000,000 - טריליון חלקיקים?


איור 4: יצירת נפח של 1 סמ"ק באמצעות הידיים

1. ציירו במחברתכם מסגרת בצורת ריבוע, שאורך כל אחת מצלעותיה - 1 ס"מ.
2. קחו עיפרון ביד, ובמשך דקה ציירו נקודות בתוך המסגרת המלבנית על-ידי הקשת העיפרון על הדף. תוך כדי כך ספרו את מספר הנקישות. הקפידו להקיש בקצב המאפשר לכם לספור את הנקישות.

3. כמה נקישות ספרתם בדקה? 50, או אולי 60, אולי מישהו/מישהי הצליח/ה לספור עד 70 (פחות משניה אחת לנקישה!)? כמה נקישות הצליחו כל תלמידי הכיתה לספור יחד? בין 1500 - 2000 (אולי יותר) נקישות בדקה אחת (החישוב: 60 נקישות X 30 תלמידים בכיתה).

אילו יכלו כל תלמידי הכיתה להמשיך ולהקיש ללא הפסקה במשך שנה, היינו מגיעים למספר גדול מאוד, אך לא די גדול כדי לייצג את המספר האמיתי של חלקיקי האוויר באותו המקום.

מדענים חִשבו ומצאו ש**בנפח של 1 סמ"ק של אוויר יש בערך 10,000,000,000,000,000 חלקיקים של אוויר**. איך נכנה את המספר העצום הזה? אפשר לכתוב אותו בדרך קצרה יותר - בצורה של חזקה - $\mathbf{10^{16}}$ (עשר בחזקת 16). בהנחה שחישוב המדענים מדויק. נסו לדמיין מהו גודלו של חלקיק אוויר. קטן מאוד מאוד!

איזה חלק מנפח החומר תופסים החלקיקים, ואיזה חלק תופס הרִיק שביניהם?

ניסוי

ניסוי 1 - דחיסת אוויר

מטרת הניסוי: לבדוק איזה חלק מנפח האוויר תופסים החלקיקים

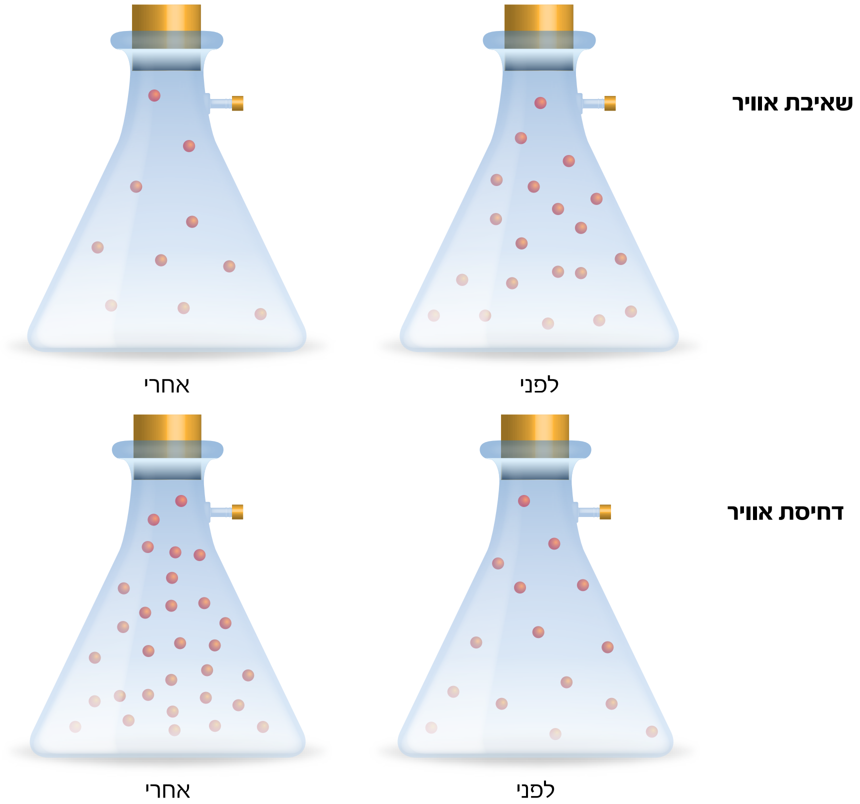
ציוד וחומרים: מזרק, פקק, אוויר.

מהלך הניסוי

1. שאבו 10 סמ"ק אוויר לתוך המזרק וסגרו את פיית המזרק בפקק.
2. לחצו בכוח סביר על הבוכנה.
   בכמה סמ"ק קטן נפח האוויר שבמזרק?

בניסוי זה הצלחתם להקטין את נפח האוויר שבמזרק. מדענים בדקו, חִשבו ומצאו, שבאמצעות מכשירים הקיימים במעבדה אפשר לדחוס בכוח רב נפח של 1000 סמ"ק אוויר לנפח של 1 סמ"ק. משמעות הדחיסה היא שהמרחקים בין החלקיקים קְטֵנים, החלקיקים עצמם אינם משתנים, הם מתקרבים זה לזה, וכך הנפח קטֵן. מכאן אפשר להסיק ש**הרוב המוחלט של נפח הגז (לפחות 99.9%) הוא רִיק!**

בסעיפים הקודמים נעזרנו ב"**משקפי הקסם**" וציירנו את חלקיקי האוויר בבקבוק זכוכית בשני מצבים - דחיסת אוויר ושאיבת אוויר. להלן ציורים המתארים את מבנה האוויר בצורה המייצגת באופן הטוב ביותר את מודל החלקיקים:



איור 5: מבנה האוויר בהתאם למודל החלקיקים (לפני ואחרי דחיסה או שאיבה של אוויר)

שאלות

1. הביאו דוגמאות לשימושים בדחיסת אוויר וגזים אחרים בחיי היומיום.
2. לפניכם משפטים העוסקים באיורים המייצגים בצורה נכונה את השאיבה והדחיסה של האוויר (איור 5). התבוננו באיורים בעיון וציינו ליד כל משפט אם הוא נכון או לא נכון.
   א. בתהליך שאיבת האוויר מהבקבוק מספר החלקיקים של האוויר גדֵל. **נכון / לא נכון**
   ב. גודלם של חלקיקי האוויר משתנה לאחר שאיבת האוויר מהבקבוק. **נכון / לא נכון**
   ג. המרחק בין חלקיקי האוויר שבבקבוק גדֵל לאחר הדחיסה. **נכון / לא נכון**
   ד. המרחק בין חלקיקי האוויר גדֵל לאחר שאיבת האוויר מהבקבוק. **נכון / לא נכון**
   ה. בתהליך דחיסת האוויר לתוך הבקבוק מספר החלקיקים אינו משתנה. **נכון / לא נכון**

מידע והרחבה

ריק בחיי היומיום

בחיי היומיום אנו משתמשים במכשירים שונים הפועלים על עקרון הריק או הוואקום.

שימור מזון ובישול בוואקום

אחת הדרכים למניעת קלקול וריקבון של המזון במשך זמן רב ככל האפשר, היא הכנסתו למכלים: קופסאות שימורים, צנצנות אטומות או אריזות פלסטיות, ויצירת ואקום על ידי שאיבת האוויר מהמכל ואטימתו. הוצאת האוויר מהמכל מונעת מיצורים חיים כגון חיידקים להתקיים בו ולגרום לקלקול המזון. בנוסף, הוצאת האוויר מהמכל אינה מאפשרת תגובה בין החמצן לבין המזון, ובכך היא מונעת השחרה של המזון או קלקולו.

באופן דומה בישול בוואקום היא שיטה שבה מכניסים אוכל במצב נא (לא מבושל) לשקיות פלסטיק מיוחדות, שואבים מהן את האוויר, והן נאטמות. לאחר האטימה המזון מבושל בתוך השקית בטמפרטורה מסוימת למשך זמן מדויק. הוצאת האוויר מתוך השקית ואטימתה מונעת תהליכי חמצון והשחרה של המזון והתנדפות של הריחות והטעמים.

שקיות אחסון

שקיות אחסון בוואקום הן מוצר המסייע לחיסכון במקום אחסון של חפצים בבית. מדובר בשקיות העשויות סיבי ניילון איכותיים והמיועדות לאחסון שמיכות פוך, כריות, בגדים ומעילים. לשקית רוכסן סגירה לאטימה מושלמת של השקית, לאחר שאיבת האוויר מתוך השקית באמצעות שואב אבק, קטֵן נפח השקית. יצירת הוואקום מאפשרת חיסכון רב במקום האחסון.

אריזות וואקום: 1.שימורי טונה, 2. שקיות אחסון, 3. צנצנות ובקבוקים אטומים, 4. שימורי זיתים

שאלות

1. חפשו בביתכם מוצרים הארוזים באריזות ואקום. רשמו את שמות המוצרים שמצאתם ותארו את סוג אריזת הוואקום (קופסאות שימורים, צנצנת זכוכית או אריזת פלסטיק).
2. הציגו שלוש דוגמאות נוספות לשימושים בריק (ואקום) בטכנולוגיה ובחיי יומיום (אפשר להיעזר במקורות מידע כמו ספרים, אינטרנט או מומחים). רשמו ליד כל דוגמה את מקורה (ידע אישי או אחר).

לסיכום

מודל החלקיקים של החומר מבוסס על ההנחות הבאות:

- ☑ **החומר בנוי מחלקיקים**
- ☑ **בין החלקיקים קיים ריק**
- חלקיקי החומר נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית
- בין חלקיקי החומר קיימים כוחות משיכה

עד כה התופעות שבהן עסקנו הוסברו בעזרת שתי ההנחות הראשונות של מודל החלקיקים. ראינו כי החומר בנוי מחלקיקים קטנים מאוד, וכי בין החלקיקים אין כלום, יש ריק הממלא את רוב הנפח של החומר במצב צבירה גז. הדגמנו זאת בעזרת תופעות המתרחשות בחומר אוויר.

בהמשך ננסה לענות על שאלות נוספות:

- כיצד מסביר מודל החלקיקים את מבנה החומר במצבי הצבירה השונים?
- כיצד מסביר מודל החלקיקים מדוע גז ניתן לדחיסה, ואילו נוזל ומוצק אינם ניתנים לדחיסה?
- כיצד מסביר מודל החלקיקים מדוע הנוזל והגז מקבלים את צורת הכלי, ואילו למוצק יש צורה קבועה?

תוכלו בוודאי להוסיף שאלות נוספות אשר להן הייתם רוצים לקבל תשובה באמצעות הבנה מעמיקה יותר של מודל החלקיקים.

ג. מודל החלקיקים: ריח ופעפוע

בחלק זה נכיר בתופעות שונות הקשורות למבנה החומר במצבי הצבירה השונים, נדון בהן ונסביר אותן באמצעות מודל החלקיקים.

התפשטות ריח הבושם הנוזלי

ניסוי

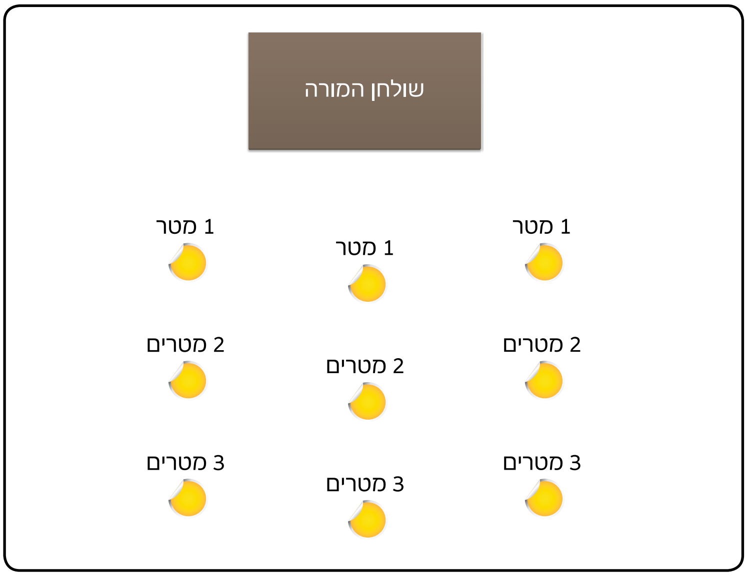
ניסוי 2: כיצד מגיע ריח הבושם לאף שלנו?

מטרת הניסוי: לבדוק כיצד מתפזר הריח בסביבה

ציוד וחומרים: בקבוק בושם, צמר גפן, צלחת פטרי, סרט מדידה, מדבקות, שעון עצר, משורה, סרטים לכיסוי העיניים.

מהלך הניסוי

1. סגרו את הדלת ואת כל חלונות הכיתה.
2. סמנו בעזרת מדבקות מרחקים של 1 מטר, 2 מטרים, 3 מטרים משולחן המורה בכמה כיוונים (התבוננו באיור 6). הציבו תלמיד/ה ליד כל מדבקה וכסו את עיני התלמידים במטפחות.
3. המורה י/תמזוג 5 מ"ל בושם נוזלי לצלחת פטרי, ויניח/תניח אותה על שולחן המורה.
4. כל אחד מהתלמידים הניצבים ליד מדבקה (ועיניהם מכוסות) ירימו את ידיהם ברגע שיריחו את הבושם.
5. שלושה תלמידים ישמשו כצופים ויפעילו שעון עצר כדי למדוד את הזמן העובר עד להרחה של הבושם. הצופים ירשמו את פרק הזמן שנחוץ לכל תלמיד/ה להריח את הבושם.



איור 6: דוגמה לפיזור המדבקות והתלמידים

6. העתיקו את הטבלה למחברת ומלאו בה את הנתונים.

טבלה 1: זמן הרחת הבושם על ידי תלמידים הניצבים במרחק שונה ממקור הבושם.

מרחק	מספר התלמידים	פרק הזמן שעבר עד להרמת היד
1 מטר	1	
	2	
	3	
2 מטרים	4	
	5	
	6	
3 מטרים	7	
	8	
	9	

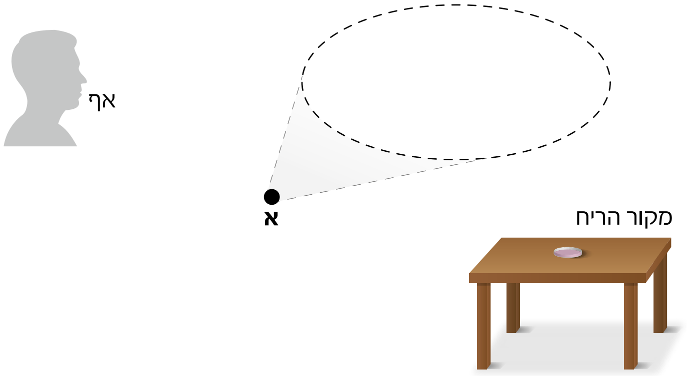
לדוגמה

7. מדדו באמצעות משורה את נפח הבושם הנוזלי שנותר בצלחת הפטרי בסיום הניסוי ורשמו את התוצאה במחברתכם.

שאלות

התבוננו בטבלה 1 וענו:

1. האם כל התלמידים הרימו את היד באותו הזמן?
2. האם כל התלמידים שהיו באותו המרחק מהבושם, הרימו את ידיהם ביחד?
3. קבלו מהמורה דף נוסף, שבו מופיע איור כדוגמת איור 7 וגם אותו צרפו למחברתכם. דמיינו שברשותכם "משקפי קסם" שבאמצעותם תוכלו לעקוב אחר ריח הבושם. מה הייתם רואים? ציירו את חלקיקי הריח בנקודה א' הנמצאת במחצית הדרך בין צלחת הבושם לבין האף.



איור 7: כיצד ייראו חלקיקי הבושם במחצית הדרך בין צלחת הבושם לבין האף?

שאלות

4. הסבירו במילים את הציור שציירתם.
5. השוו את הציור וההסבר שלכם עם הציור וההסבר של אחד/ת מחבריכם לכיתה. מהו השוני, ומהו הדמיון?
6. א. באיזה מצב צבירה נמצא הבושם שבצלחת בתחילת הניסוי?
   ב. באיזה מצב צבירה נמצא הבושם שבאוויר?
   ג. כיצד נקרא שינוי מצב הצבירה שעובר הבושם?
7. האם חל שינוי במסת הבושם הנוזלי שיש בצלחת בסיום הניסוי? הסבירו מדוע.
8. שערו מה יקרה למסה של הבושם הנוזלי, אם נשאיר את הבקבוק פתוח במשך שבוע? בדקו את השערתכם בעזרת ניסוי שתבצעו בבית.
9. הסבירו מדוע התבקשתם בהנחיות לביצוע הניסוי לוודא שהדלת וחלונות הכיתה יהיו סגורים.
10. האם תמיד שני אנשים העומדים במרחק זהה ממקור הריח, יריחו באותו הזמן את ריח הבושם? הסבירו את תשובתכם.
11. גיל הגיע למסקנה הבאה: "מהניסוי אני לומד שחומר במצב צבירה גז בנוי מחלקיקים, ואילו חומר במצב צבירה נוזל אינו בנוי מחלקיקים". האם גיל צודק? הסבירו את תשובתכם.

בקבוק בושם

הסבר תוצאות הניסוי לפי מודל החלקיקים מצביע על כך, שגם הבושם במצב הנוזלי (בצלחת הפטרי) וגם הבושם במצב הגזי (שהתפזר באוויר) בנויים מחלקיקים - חלקיקי בושם. הבושם הוא נוזל נדיף, כלומר הופך מנוזל לגז בקלות בטמפרטורת החדר, כלומר, עובר התנדפות[1]. בניסוי שזה עתה ערכנו, חלקיקי הבושם הנוזלי שבצלחת הפתוחה, הנמצאים קרוב לפני שטח הנוזל, "עזבו" את פני השטח של הבושם הנוזלי. חלקיקים אלו נעו בכל הכיוונים והתפזרו בחדר. הבושם עבר התאדות (התנדפות) - מעבר ממצב נוזלי למצב צבירה גזי.

כיצד מגיע הריח אל אפינו? בחדר שבו נמצאת צלחת הפטרי ובתוכה הבושם נמצאים חלקיקי אוויר הנעים בחלל החדר בקווים ישרים ובתנועה מתמדת ואקראית. גם חלקיקי הבושם הנמצאים בשטח הפנים של הבושם הנדיף שבצלחת הפטרי נעים בתנועה מתמדת ואקראית ומתפזרים בחלל החדר. חלקיקי האוויר וחלקיקי הבושם נעים כל הזמן, הם מתנגשים זה בזה (חלקיקי בושם בחלקיקי בושם אחרים, חלקיקי אוויר בחלקיקי אוויר אחרים וחלקיקי אוויר בחלקיקי הבושם) ומתפזרים בחדר בכל הכיוונים ללא סדר או כיוון מסוים. כאשר חלקיקי הבושם מגיעים קרוב לאפינו, אנו חשים בריח הבושם בעזרת חוש הריח שלנו.

התופעה שבה חלקיקי חומר נעים ממקום שבו הם צפופים למקום שבו הם פחות צפופים (או בכלל לא נמצאים) נקראת בשם **פעפוע** (דיפוזיה). התפזרות חלקיקי הבושם, ריח עוגה הנאפית בתנור או ריח המרק המתבשל הם דוגמאות לפעפוע של גז.

1 התנדפות - סוג של שינוי מצב צבירה מנוזל לגז המתרחש מפני השטח של הנוזל. ישנם חומרים בעלי נדיפות גבוהה כמו בושם או אצטון.

פעפוע של גז: מרק מתבשל ועוגה הנאפית בתנור

מעניין ומסקרן

תתרנות (אנוסמיה) היא היעדר חוש ריח. העדר חוש הריח יכול להיות זמני או קבוע. העדר זמני של חוש הריח יכול להיגרם כתוצאה מהצטננות או מזיהום. העדר קבוע של חוש הריח יכול להיגרם כתוצאה מפגם תורשתי או מפגיעה בקולטני הריח באף על ידי הרחה של חומרים מסוכנים. כיצד מאבחנים תתרנות? רופאים נותנים לנבדק/ת להריח סדרה של ריחות נפוצים כגון קפה, לימון וקינמון. על פי תשובות הנבדק/ת, הרופא מאבחן אם הנבדק/ת תתרן/ית.

שאלות

1. לעתים תתרנות יכולה לפגום באיכות חייהם של התתרנים ואף לגרום לסיכון. תארו מקרים כאלה.
2. האם יש הבדל בין חלקיקי הבושם המגיעים לאפם של בני אדם רגילים לבין אלו המגיעים לאפם של תתרנים?

מדע בבית

ניסוי

מטרת הניסוי: לבדוק האם תופעת הפעפוע מתרחשת גם בנוזלים

ציוד וחומרים: כוס המכילה מים, תרכיז פטל.

מהלך הניסוי

1. הוסיפו לתוך כוס המים 2-3 טיפות של תרכיז פטל, העמידו את הכוס במקום בטוח והמנעו מטלטולה.
2. התבוננו בנוזל כעבור כ-10 דקות.

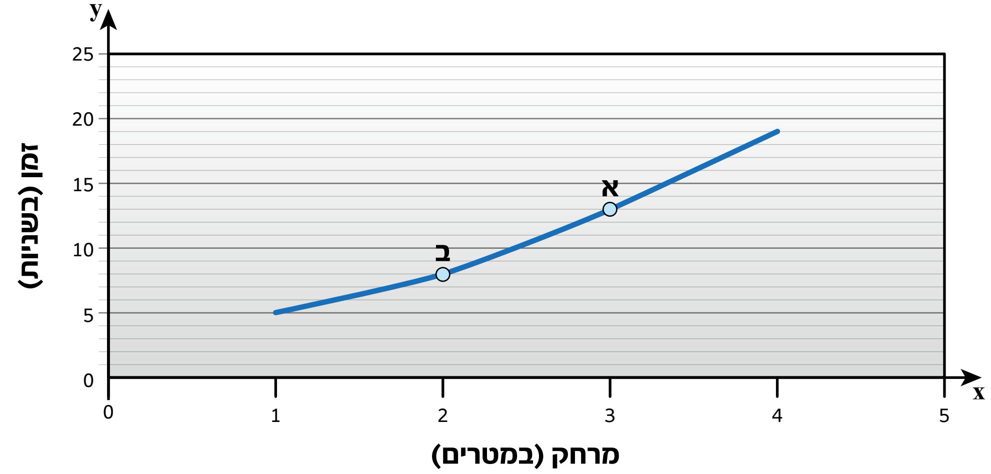
תארו את השינוי שחל בצבע הנוזל והסבירו את השינוי בעזרת מודל החלקיקים.

מניסוי זה למדנו שתופעת הפעפוע שאותה הכרנו בגזים, מתרחשת גם בנוזלים. מכאן אפשר ללמוד שהנוזלים בנויים מחלקיקים. חלקיקי המים וחלקיקי תרכיז הפטל נעים בתנועה מתמדת ואקראית לכל הכיוונים ומתפזרים לאחר זמן מסוים בצורה אחידה.

מהו גרף רציף?

מיומנויות למידה במדע

הניסוי שבדק את זמן ההרחה של בושם כתלות במרחק, נערך עם מספר רב של משתתפים. הנתונים שנאספו מוצגים בגרף שבאיור 8 שלפניכם.



איור 8: הקשר בין המרחק ממקור הריח (במטרים) לבין הזמן שעובר עד להרחה (בשניות)

הייצוג שבאמצעותו הנתונים מוצגים נקרא **גרף קווי**.

גרף קווי בודק האם יש קשר בין משתנים כמותיים (גדלים המבוטאים באמצעות מספר) ומציג את הקשר. בגרף מסוג זה משתמשים כדי לייצג שינוי בערכים של גורם אחד (זמן) המוצג על ציר ה- y, בעקבות שינויים בערכים של גורם אחר (מרחק) המוצג על ציר ה- x.

בגרף שבאיור 8 מיוצגים שני משתנים, שמות המשתנים משמשים ככותרות לצירים תוך ציון יחידות המידה:

בציר X (אופקי) - מרחק (במטרים).

בציר Y (אנכי) - זמן (בשניות).

גרף זה הוא גרף קווי שמציג את תוצאות מדידת פרק הזמן שעובר עד להרחת הבושם במרחקים שונים מהמקום שבו הבושם מונח. המודדים רצו לבדוק מהו הקשר בין המרחק שבו נמצא האדם ממקור הריח לבין הזמן שעובר עד שהוא/היא חש/ה בריח. הנתונים המוצגים בגרף מייצגים את ממוצע התוצאות של כל התלמידים שהשתתפו בניסוי.

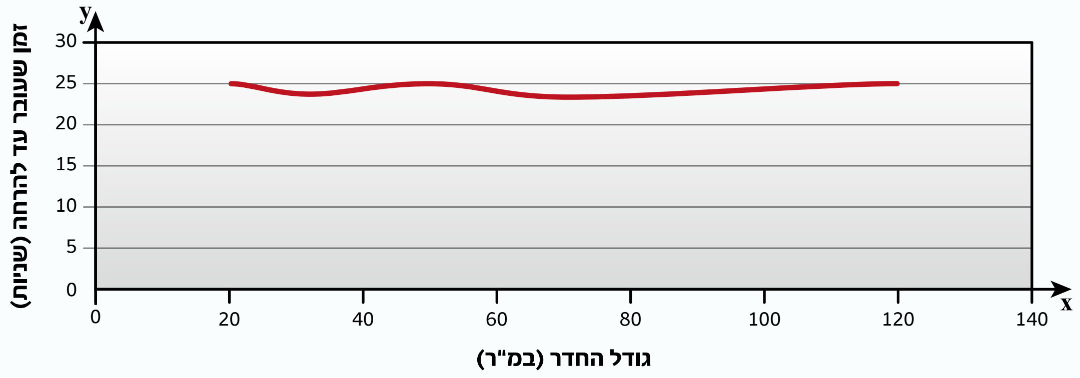
לכל גרף יש "**סיפור**". הקטע הבא הוא סיפורו של הגרף שבאיור 8:

מתוך עיון בעקומת הגרף אפשר ללמוד שככל שהמרחק גדל, פרק הזמן שעובר עד להרחה מתארך. במרחק של 1 מטר התלמידים הריחו את הבושם בממוצע לאחר 5 שניות. במרחק של 2 מטרים התלמידים הריחו את הבושם בממוצע לאחר 8 שניות. במרחק 3 מטרים התלמידים הריחו את הבושם בממוצע לאחר 13 שניות, ובמרחק 4 מטרים הריחו את הבושם בממוצע לאחר 19 שניות.

שאלות

עיינו שוב בגרף שבאיור 8 וענו על השאלות הבאות:

1. באילו יחידות נמדד הגודל "מרחק"?
2. מהו טווח הערכים על ציר ה-X?
3. באילו יחידות נמדד הגודל " זמן"?
4. מהו טווח הערכים על ציר ה-Y?
5. על-פי הגרף, כעבור כמה שניות יחושו תלמידים בריח, אם הם עומדים במרחק ארבעה מטרים ממקור הריח?
6. אילו תלמידים יחושו בריח קודם, תלמידים הנמצאים בנקודה א' או תלמידים הנמצאים בנקודה ב'? נמקו.
7. נסחו במילים שלכם: מה אפשר ללמוד על תהליך הפעפוע מהנתונים המיוצגים בגרף?
8. כיצד מחזקות תוצאות הניסוי את מודל החלקיקים של החומר?
9. תלמידים רצו לבדוק אם יש קשר בין גודל החדר שבו מתקיים הניסוי, לבין פרק הזמן שעובר עד שהתלמידים חשים בריח. הניסוי נערך במספר בתי ספר בארץ באופן הבא: העמידו שורה של 5 תלמידים במרחק של 5 מטרים ממקור הריח ובדקו לאחר כמה זמן התלמידים חשו בריח. הניסוי נערך בחדרים בגדלים שונים (ראו נתונים בציר X) ונעשו מספר חזרות לכל ניסוי. הנתונים שנאספו מוצגים בגרף הבא:



איור 9: הקשר בין גודל החדר (במ"ר) לבין הזמן שעובר עד להרחה (בשניות)

א. מהו טווח הערכים על ציר ה-X?

ב. מהו טווח הערכים על ציר ה-Y?

ג. מה אפשר ללמוד מהתוצאות לגבי הקשר בין גודל החדר לבין הזמן הממוצע שעובר עד להרחה? (בחרו את התשובה הנכונה).

ג1. אין קשר בין גודל החדר לבין זמן ההרחה.

ג2. ככל שהחדר גדול יותר, הזמן שעובר עד ההרחה קטן.

ג3. ככל שהחדר גדול יותר, הזמן שעובר עד ההרחה גדל.

ג4. אי אפשר לדעת מתוך התבוננות בגרף.

ד. נמקו את בחירתכם בשאלה ג.

ה. מדוע, לדעתכם, ערכו התלמידים את הניסוי מספר פעמים ולא הסתפקו בפעם אחת?

פעילות

פעילות 4: הדמיה של פיזור הבושם באוויר

עדשים ירוקות ועדשים אדומות

ציוד וחומרים

- עדשים אדומות ועדשים ירוקות (אפשר לחילופין להשתמש בחרוזים בשני צבעים או בעיגולי נייר ממכשיר ניקוב נייר בשני צבעים או בסוכריות צבעוניות.
- דף A3

מהלך הפעילות

רצוי לתעד את כל שלבי המשימה בעזרת מצלמה דיגיטלית או במצלמת הטלפון הנייד.

1. דף הנייר משמש כמודל לחדר. העדשים האדומות משמשות כמודל לחלקיקי האוויר. העדשים הירוקות משמשות כמודל לחלקיקי הבושם.
2. הניחו את גיליון הנייר A3 על השולחן. במרכזו ציירו עיגול בקוטר של 3 ס"מ בערך ורשמו במרכזו "צלחת בושם".
3. הניחו במרכז העיגול 30 עדשים ירוקות.
4. פזרו על דף הנייר 50 עדשים אדומות המשמשות מודל לפיזור חלקיקי האוויר בחדר. אל תשכחו לפזר חלק מחלקיקי האוויר גם בצלחת הבושם. צלמו מצב זה כמצב התחלתי.
5. פזרו בהדרגה את "חלקיקי הבושם" על פני ה"חדר". בהתחלה פזרו את החלקיקים בקרבת ה"צלחת". צלמו מצב זה כשלב ראשון בפיזור הבושם בחדר.
6. המשיכו לפזר את חלקיקי הבושם על פני ה"חדר" בשלבים ודאגו לצלם כל שלב. דאגו לצלם לפחות חמישה שלבים בתהליך, כשהשלב האחרון הוא פיזור מלא של חלקיקי הבושם ב"חדר".

שאלות

1. במה שונה המודל של העדשים כחלקיקים מהמציאות? התייחסו בתשובתכם לגודל, לצבע ולתנועה.
2. באיזה שלב של ההדמיה יש ייצוג למצב צבירה נוזל, ובאיזה מצב יש ייצוג למצב צבירה גז?
3. האם גם חלקיקי האוויר במציאות נמצאים בתנועה מתמדת? הסבירו את תשובתכם.
4. השלב האחרון הוא השלב שבו יש כ- 3-5 חלקיקי בושם בצלחת. מה, לדעתכם, קרה למסה של הבושם בצלחת במהלך הפיזור?
5. האם נכון לומר שחלקיקי הבושם "נעלמו" מהצלחת? הסבירו את תשובתכם.
6. האם המסה הכוללת של חלקיקי הבושם בתחילת ההדמיה ובסוף ההדמיה השתנתה?
7. הכינו מצגת או פוסטר מדעי ושלבו בהם את התמונות וההסברים בכל שלב והציגו אותם בפני תלמידי הכיתה. הציגו מקרא ובו הסבר מה מסמל כל אחד מהחומרים.

התפשטות ריח מטהר אוויר מוצק

ניסוי

מטהר אוויר מוצק

ניסוי 3: כיצד מתפשט ריח של מטהר אוויר מוצק בחדר?

בניסוי הבא ייעשה שימוש במטהר אוויר מוצק, מהסוג המשמש להפצת ריח בחדרים ובארונות.

מטרת הניסוי: לבדוק מה קורה למסה של מטהר אוויר מוצק לאורך זמן

ציוד וחומרים: מטהר אוויר מוצק באריזתו, מאזניים.

מהלך הניסוי

1. לפניכם מטהר אוויר הנמצא באריזה אטומה. הסירו את האריזה האוטמת את מטהר האוויר והוציאו את המוצר מאריזת הפלסטיק.
2. מדדו במאזניים את מסתו של המוצר וכתבו את התוצאה המתקבלת.
3. במהלך השבועיים הבאים אתם מתבקשים למדוד את מסתו של מטהר האוויר מדי יומיים. הקפידו למדוד את המסה של החומר בכל יום באותה השעה והעבירו את הנתונים לטבלה במחברתכם.

טבלה 2: ממצאי מדידת מסה של מטהר אוויר מוצק במהלך שבוע/שבועיים

זמן (ימים)	מסת מטהר האוויר (גרמים)
יום 1: תחילת הניסוי	

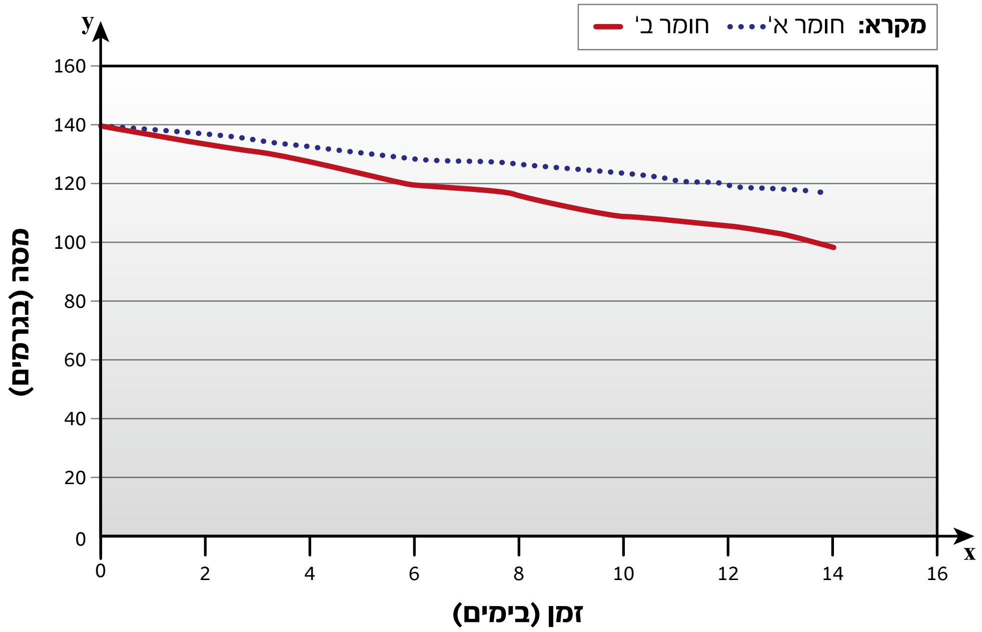
לדוגמה

א. באיזה מצב צבירה נמצא החומר בתוך מטהר האוויר?
ב. באיזה מצב צבירה נמצא הריח שמגיע אל אפינו?
ג. שערו מה יקרה למסה ולנפח של מטהר האוויר לאחר יום או יומיים בעקבות פתיחת האריזה. נמקו את השערתכם.

לאחר פרק זמן של שבועיים שבמהלכו מדדתם את המסה של מטהר האוויר, התבוננו בטבלה וענו על השאלות.

ד. מה הייתה המסה ההתחלתית של מטהר האוויר?
ה. מהי מסתו לאחר שבוע?
ו. מהי מסתו לאחר שבועיים?
ז. בכמה גרמים השתנתה המסה של מטהר האוויר במהלך השבועיים של המעקב?
ח. מהי המסקנה העולה מנתוני הטבלה?
ט. האם מסקנתכם עולה בקנה אחד עם השערתכם בסעיף ג'?

הגרף שבאיור 10 שלפניכם מתאר את המסה (בגרמים) של שני סוגי מטהרי אוויר במהלך שבועיים.



איור 10: מסה (בגרמים) של שני סוגי מטהרי אוויר במהלך שבועיים

עיינו בגרף שבאיור 10 וענו:

1. מהו הגורם המיוצג על ציר X? מהן היחידות שלו?
2. מהו טווח הערכים של הגורם המיוצג על ציר X?
3. מהו הגורם המוצג על ציר Y? מהן היחידות שלו?
4. מהו טווח הערכים של הגורם המיוצג על ציר Y?

בגרף שתי עקומות. עיינו במקרא הגרף וענו:

5. מה מייצג הקו המקווקו?
6 מה מייצג הקו הרציף?
7. בכמה השתנתה המסה (בגרמים) של חומר א' במהלך המדידה כולה?
8. מה היה השינוי במסה (בגרמים) של חומר א' לאחר 10 ימים?
9. מה היה השינוי במסה (בגרמים) של חומר ב' במהלך המדידה?
10.מה היה השינוי במסה (בגרמים) של חומר ב' לאחר 10 ימים?
11.לאחר כמה ימים הייתה המסה של חומר א' 120 גרם?
12.לאחר כמה ימים הייתה המסה של חומר ב' 120 גרם?
13.במסתו של איזה מבין מטהרי האוויר חל שינוי גדול יותר, במסתו של חומר א' או במסתו של חומר ב'?

14.עיינו בתשובתכם לשאלות 1-13 ונסחו במילים שלכם את "סיפור" הגרף.
התייחסו לשתי העקומות, לשינויים שחלים בעקומות ולהשוואה בין העקומות.

15.איזה מטהר אוויר הייתם ממליצים לחבריכם לקנות, בהנחה שהמחיר וסוג הריח של שני המטהרים דומים? נמקו את תשובתכם.

16.התבוננו בתצלום שבו מוצג סוג נוסף של מטהר אוויר.
א. במה שונה מטהר אוויר זה ממטהר האוויר שהוצג בתחילת הפעילות?
ב. מה המשותף לשני סוגי מטהרי האוויר?
ג. שערו מהו תפקידם של המקלות הטבולים במטהר האוויר.

מטהר אוויר

מעניין ומסקרן

פרומונים

בוודאי הבחנתם לא פעם בנמלים המתרוצצות ברחבי הבית ובחצר בחיפוש אחרי מזון. כאשר אחת מהנמלים מוצאת מקור מזון, היא מאותתת לחברותיה להגיע למקום. כיצד מאותתת הנמלה לחברותיה, וכיצד מוצאות הנמלים את דרכן חזרה אל הקן? התשובה לכך היא על-ידי **פְּרוֹמוֹנִים** - חומרי ריח נדיפים, נותני ריח, המופרשים מפרט אחד של בעל-חיים ומשפיעים על התנהגותו או התפתחותו של פרט אחר של בעל-חיים מאותו מין ביולוגי. כיצד הן עושות זאת? מסתבר שהנמלים גוררות את קצה הגוף האחורי שלהן על הקרקע ומפרישות פרומון. נמלים אחרות קולטות את הריח באמצעות מחושיהן וצועדות בעקבותיו אל מקור המזון או חזרה לקן. פרומון זה נקרא "פרומון השביל", מאחר שהוא יוצר שביל המאפשר לנמלים לנוע לאורכו אל מקור המזון וחזרה אל הקן.

מגוון רחב של בעלי חיים מפרישים פרומונים לצרכים שונים:

דבורת הדבש - מפרישה פרומונים ובאמצעותם היא מאותתת לחברותיה הדבורים על סכנה, מסמנת את מיקומם של פרחים, מקורות מזון וכן את מיקומו של פתח הכוורת.

נקבת פרפר "שבתאי השקד" מפרישה פרומוני רבייה המושכים זכרים של פרפר השקד. חלקיקי פרומון הרבייה מפעפעים באוויר ומגיעים אל זכרים הנמצאים במרחקים גדולים מהנקבה (עד 5 קילומטרים), הזכרים חשים במחושיהם את מגע חלקיקי הפרומון ונעים בכיוון הנקבה כדי להפרותה.

מחקרים שונים בשלושים השנים האחרונות הצביעו על כך שגם בני אדם מגיבים לפרומונים מסוימים, אם כי באופן מתון יותר מאשר חרקים ומכרסמים. כך, למשל, נמצא כי תינוקות בני יומם נמשכים לריח השד האימהי.

צפייה בסרט

צפו בסרטון טרמיטים ופרומונים שבו ניתן לראות תנועה של טרמיטים על מסלול שצורתו 8.

שאלות

השאלות הבאות מבוססות על קטע הקריאה "פרומונים" והסרטון "טרמיטים ופרומונים":

1. מדוע נעו הטרמיטים במסלול מוגדר ולא סטו ממנו?
2. האם הטרמיטים ימשיכו לנוע במסלול, אם נמחק חלק מהמסלול?
3. מה, לדעתכם, יקרה, אם במקום טרמיטים נשתמש ביצור אחר, למשל עכבישים? נמקו את תשובתכם.
4. פרומונים הם חומרים נדיפים. מה היתרון של תכונה זו לתפקוד הפרומונים?
5. פרומון שאותו מפריש יצור אחד, אינו משפיע על יצור אחר שאינו מאותו מין ביולוגי. מהו היתרון של תכונה זאת?

פעפוע של גז ברום

פעילות

פעילות 5: פעפוע של גז ברום באוויר ובריק

בסעיפים הקודמים הזכרנו כי תהליך התפזרות החלקיקים ממקום שבו הם צפופים למקום שבו הם פחות צפופים, נקרא בשם **פעפוע**. בפעילויות אלו למדנו כי תנועת החלקיקים גורמת לתופעה של פעפוע של חלקיקי הבושם הנוזלי ושל חלקיקי מטהר האוויר המוצק משטח הפנים של הנוזל או משטח הפנים של המוצק אל האוויר בחלל החדר. בפעילות הבאה נראה כי פעפוע יכול להתרחש בריק, בגז (כמו במקרה של הבושם ומטהר האוויר) וגם בנוזלים. בסעיף זה נצפה בפעפוע של החומר ברום באוויר ובריק ונסביר את התופעות באמצעות תנועת החלקיקים.

פעילות ברשת

חלק א' - התפשטות של ברום באוויר

השאלות שלפניכם עוסקות בסרטון התפשטות גז הברום. במהלך הצפייה תקבלו הסברים מהמורה, מאחר שהסרטון הוא באנגלית. קראו את השאלות לפני הצפייה בסרטון.

צפו בסרטון בפרק הזמן 0:00-1:13

1. חלקיקי גז הברום מיוצגים בסרטון ככדורים אפורים. איזה מהמשפטים הבאים מתאר את אופן תנועת חלקיקי הברום במצב הגזי?
   א. החלקיקים נעים בקווים ישרים כלפי מטה בלבד.
   ב. החלקיקים נעים בקווים ישרים, כלפי מעלה בלבד.
   ג. החלקיקים נעים בקווים ישרים לכיוון שמאל בלבד.
   ד. החלקיקים נעים בקווים ישרים לכיוון ימין בלבד.
   ה. החלקיקים נעים בקווים ישרים באופן אקראי לכל הכיוונים.

2. הסרטון מציג שני מכלי זכוכית המונחים זה על זה, וביניהם מפרידה מחיצת זכוכית. השלימו בטבלה את הנתונים המתארים את המכלים לפני הוצאת המחיצה:

טבלה 3: השוואה בין הגזים בשני מכלי הזכוכית

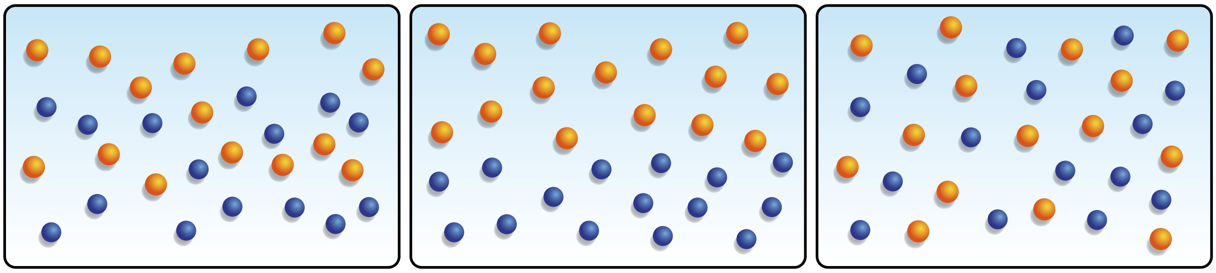
המאפיינים	מכל עליון	מכל תחתון
צבע הגז		
שם הגז		

לדוגמה

מחסן מילים: אוויר, ברום, חסר צבע, חום

3. לאחר הסרת המחיצה בין שני המכלים ראינו שגז הברום מתפשט וממלא גם את המכל העליון. כיצד נקראת תופעה זו?
א. המסה ב. פעפוע ג. התנדפות ד. התעבות

4. לפניכם שלושה משפטי הסבר (א-ג). התאימו בין המשפטים לבין הציורים (1-3).



1 2 3

א. חלקיקי הברום נמצאים בחלק התחתון, וחלקיקי האוויר נמצאים בחלק העליון.
ב. לאחר הסרת המחיצה, חלקיקי הברום וחלקיקי האוויר נעים ומתנגשים זה בזה (פעפוע) ומתחילים להתערבב.
ג. חלקיקי הברום וחלקיקי האוויר מפוזרים באופן אחיד במכל.

5. בהנחה שמערכת הניסוי סגורה - האם חל שינוי **במסה** גז הברום אחרי הסרת המחיצה? הסבירו את תשובתכם.
6. בהנחה שמערכת הניסוי סגורה - האם חל שינוי **במסה** האוויר אחרי הסרת המחיצה? הסבירו את תשובתכם.
7. בהנחה שמערכת הניסוי סגורה - האם חל שינוי **בנפח** גז הברום אחרי הסרת המחיצה? הסבירו את תשובתכם.
8. בהנחה שמערכת הניסוי סגורה האם חל שינוי **בנפח** האוויר אחרי הסרת המחיצה? הסבירו את תשובתכם.
9. מה גורם לכך שכל כמות של גז, אפילו הקטנה ביותר, תתפוס את כל נפח הכלי שהיא נמצאת בו?
10. השלימו מתוך מחסן המילים את המילים החסרות.

חלקיקי האוויר וחלקיקי גז הברום ___________ באופן חופשי, כתוצאה מכך הגזים השונים ___________ וממלאים את כל ______________ הכלי שבו הם נמצאים. כאשר ___________ את נפח הכלי, הגזים ממלאים את הנפח החדש ללא שינוי בכמות הגזים. אפשר להסיק שמספר החלקיקים ___________. לכן אפשר להסיק ש___________ בין החלקיקים גדל לאחר ההתפשטות.

מחסן מילים: מתפשטים, נפח, נעים, מגדילים, משתנה, לא משתנה, גדול, קטן, המרחק

חלק ב' - התפשטות של ברום בְּרִיק

הניסויים שערכנו עם הבושם, מטהר האוויר והסרט שבו צפינו בתופעת הפעפוע של ברום, נערכו בסביבה של אוויר.

1. שערו מה יקרה, אם נחזור על אותם הניסויים בדיוק, אך בְּרִיק, כלומר בסביבה מרוקנת מחומר?

צפו בסרטון בפרק הזמן 1:14-1:51

בחלק זה של הסרטון מוצג פעפוע של הגז ברום בריק. בניסוי מוצגת מערכת שבה רוקנו בעזרת משאבה יונקת את האוויר מכל מתקן הזכוכית, מלבד החלק שבו נמצא גז הברום המבודד על ידי ברז.

2. בסרטון משווים את זמן התנועה של גז הברום באוויר ובריק. תוצאות הניסוי הן:
   א. אפשר להבחין בתופעת הפעפוע של גז הברום **באוויר** מיד / כעבור מספר דקות.
   ב. אפשר להבחין בתופעת הפעפוע של גז הברום **בריק** מיד / כעבור מספר דקות.
3. בחרו מתוך הטענות הבאות את הטענה המנסחת את מסקנת הניסוי בצורה הנכונה ביותר. נמקו את הטענה בעזרת מודל החלקיקים.
   א. תופעת הפעפוע נמשכת יותר זמן באוויר מאשר בריק.
   ב. תופעת הפעפוע נמשכת יותר זמן בריק מאשר באוויר.
   ג. אין הבדל במשך זמן התופעה בין אוויר לבין ריק.
4. לפניכם מספר היגדים. סמנו אילו היגדים מבוססים על תוצאות הניסוי, ואילו היגדים אינם מבוססים על תוצאות הניסוי.

טבלה 3: מיון היגדים

מסקנה לבדיקה	לא ניתן להסיק מתוצאות הניסוי	המסקנה מבוססת על תוצאות הניסוי
1. ברום ואוויר בנויים מחלקיקים וביניהם קיים ריק.		
2. חלקיקי הברום נעים מהר יותר מחלקיקי האוויר.		
3. חלקיקי האוויר והברום נמצאים בתנועה מתמדת.		
4. תופעת הפעפוע של ברום בריק מהירה יותר מתופעת הפעפוע של ברום באוויר.		
5. כמות חלקיקי האוויר במכל גדולה מכמות חלקיקי הברום במכל.		
6. גזים מתפשטים וממלאים את נפח הכלי שבו הם נמצאים.		

לדוגמה

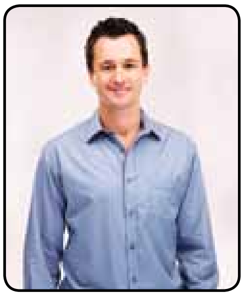
לסיכום

מהפעילויות בנושא הריח (הבושם הנוזלי ומטהר האוויר המוצק) ובנושא הפעפוע בנוזלים ובגזים והדיון בהן על-פי מודל החלקיקים, אנו למדים, כי גם הבושם הנוזלי וגם מטהר האוויר המוצק בנויים מחלקיקים. חלקיקים אלו נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית, וכשהם ניתקים מהמוצק או מהנוזל, הם עוברים למצב צבירה גזי ומגיעים לאפינו החש בריח.

ד. אל תוך מצבי הצבירה

בשלב זה של לימודי מדע וטכנולוגיה אנו יודעים שבשלושת מצבי הצבירה החומר בנוי מחלקיקים, וביניהם ריק. בתת-פרק זה נלמד כיצד מוסברים ההבדלים בין שלושת מצבי הצבירה על-פי מודל החלקיקים. ראשית, ננסה להבין את משמעות השם "מצב צבירה".

ציבור - צֶבֶר - מצב צבירה...



דיון

1. האם אפשר לקרוא לשלושת האנשים בתצלום האמצעי בשם "ציבור"?
2. האם יש מספר מינימלי של אנשים, שרק ממנו ומעלה תיחשב קבוצת אנשים ל"ציבור"?
3. האם חמישים אנשים המפוזרים בשפת הים עשויים להיחשב ל"ציבור"?
4. הביאו דוגמאות לשימושים שונים של המושג "ציבור" בחיי היומיום - לדוגמה "ציבור המאזינים".

באיור 11 מוצג אצטדיון כדורגל ממעוף הציפור.

אפשר להבחין באיור בשלושה מצבים:

מצב א' - אנשים המתאספים ומתקהלים בשער האצטדיון.

מצב ב' - עשרים ושניים שחקני כדורגל המפוזרים ומתרוצצים במגרש.

מצב ג' - צופים היושבים בצפיפות במקומותיהם ביציעים.

איור 11: אצטדיון כדורגל ממעוף הציפור

שאלות

1. באילו מהמצבים (א', ב', או ג') המתוארים באיור 11:
   א. האנשים נמצאים בצפיפות גבוהה?
   ב. אינם צפופים כלל?
   ג. לכל בן אדם יש מקום קבוע?
   ד. לכל בן אדם אין מקום קבוע?
   ה. לציבור יש סדר פנימי?
   ו. לציבור אין סדר פנימי?
2. מדוע מוצק, נוזל וגז מכונים "מצבי צבירה" של החומר? מה נצבר?

בסעיפים הקודמים למדנו שכל חומר הוא בעצם אוסף של מספר גדול מאוד של חלקיקים - כלומר, **צֶבֶר** של חלקיקים. מוצק, נוזל וגז מכונים "מצבי **צבירה**", כי בכל אחד מהם יש ה**צטבר**ות של חלקיקי החומר. מצבי הצבירה של החומר שונים זה מזה, כי הצטברות של חלקיקי החומר בכל אחד מהם היא שונה. לחומר תכונות שונות כגון: מצב צבירה, הולכת חשמל וצבע. תכונות אלו מאפיינות את **צבר החלקיקים** ולא את החלקיק הבודד. כך למשל, החומר נחושת מוליך חשמל, אך חלקיק נחושת בודד אינו מוליך חשמל. חומר מסוים יכול להימצא במצבי צבירה שונים, אך חלקיקי החומר הם אותם החלקיקים בכל אחד ממצבי הצבירה. מה שונה באופן הצטברות החלקיקים בכל אחד ממצבי הצבירה ומה גורם לשינוי בתכונות החומר העובר ממצב צבירה אחד למצב צבירה אחר?

הגורמים המשפיעים על תכונות החומר

הגורמים המשפיעים על תכונות החומר במצבי הצבירה השונים:

- **היערכות החלקיקים בחומר**
- **כוחות המשיכה בין החלקיקים**
- **המהירות ואופן התנועה של החלקיקים**

בסעיפים הבאים נעסוק בהשפעת הגורמים הללו על מצב הצבירה של החומר. בהמשך נלמד על הבדלים נוספים.

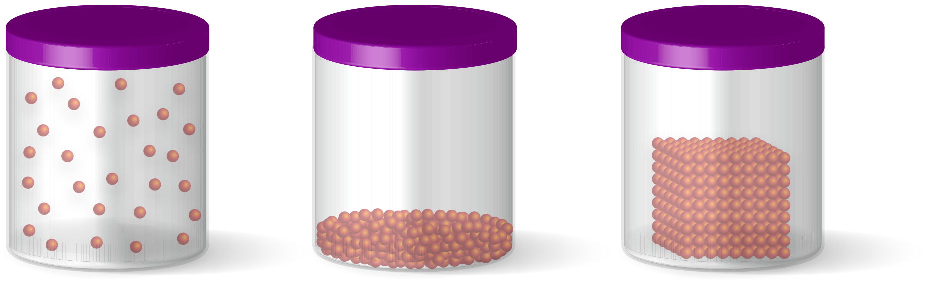
היערכות החלקיקים בשלושת מצבי הצבירה

בהתאם למודל החלקיקים, כל החומרים בעולם בנויים מחלקיקים שביניהם קיים ריק. אך סידור החלקיקים והמרווחים ביניהם שונים במצבי הצבירה השונים של החומר.

- **במוצק** - החלקיקים מסודרים מאוד וקרובים מאוד.
- **בנוזל** - החלקיקים פחות מסודרים ופחות קרובים זה לזה בהשוואה למוצק.
- **בגז** - החלקיקים אינם מסודרים, והמרחקים ביניהם גדולים מאוד.

בהמשך לימודינו ניווכח כי ההיערכות השונה של החלקיקים בשלושת מצבי הצבירה משפיעה על תכונות החומר כגון נפח החומר וצורתו במצב מוצק, נוזל וגז.

אילו יכולנו לצפות בחומר במצבי צבירה שונים באמצעות "משקפי הקסם", היה מתגלה לנו המראה הבא:



איור 12: מבנה החומר בשלושת מצבי הצבירה

דיון

התבוננו שוב באיור 11 ודמיינו שכל אדם בתמונה מסמל/ת חלקיק אחד של חומר.

איזה מבין המצבים (א', ב', או ג') יכול להזכיר את היערכות החלקיקים במצב צבירה של גז? נוזל? מוצק?

כוחות המשיכה ותנועת החלקיקים

מהלימוד עד כה אנו יודעים כי:

מודל החלקיקים של החומר מבוסס על ההנחות הבאות:

- ☑ **החומר בנוי מחלקיקים.**
- ☑ **בין החלקיקים קיים ריק.**
- ☑ **חלקיקי החומר נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית.**
- בין חלקיקי החומר קיימים כוחות משיכה.

בסעיף זה נמשיך ונדון בהנחות הנוספות של מודל החלקיקים של החומר המתייחסות לתנועת החלקיקים ולכוחות המשיכה ביניהם בשלושת מצבי הצבירה.

כוחות המשיכה בין חלקיקי החומר

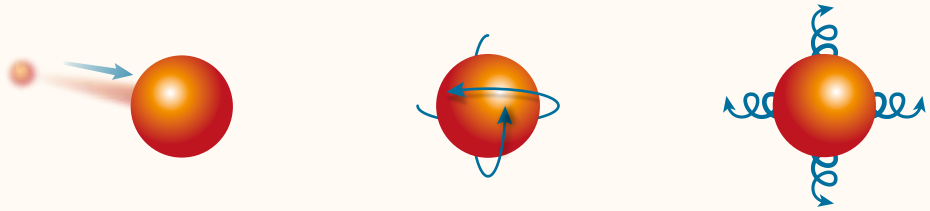
מדענים - פיזיקאים וכימאים - עוסקים במדידות וחישובים של הכוחות הקיימים בין חלקיקים. הניסויים והתאוריות המדעיות המקובלות כיום מראים כי:

- במוצק החלקיקים צפופים וקרובים זה לזה, וכוחות המשיכה בין החלקיקים חזקים מאוד.
- בנוזל כוחות המשיכה חזקים, אך פחות מאשר כוחות המשיכה הקיימים בין חלקיקי המוצק, וחלקיקי הנוזל פחות קרובים זה לזה מחלקיקי המוצק.
- בגז כוחות המשיכה בין החלקיקים חלשים מאוד, והמרחקים בין החלקיקים גדולים מאוד.

מידע והרחבה

תנועת החלקיקים בשלושת מצבי הצבירה

חלקיקי החומר נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית (את התנועה אי אפשר לראות באיורים), אך אופן התנועה שונה במצבי צבירה שונים. קיימים שלושה סוגים עיקריים של תנועה:



תנודה סיבוב מעתק

איור 14: אופני תנועה של החלקיקים

תנודה (ויברציה) - תנודה של החלקיק במקום

סיבוב (רוטציה) - סיבוב של החלקיק סביב עצמו

מעתק (טרנסלציה) - תנועה ממקום למקום בקווים ישרים

לחלקיקי המוצק אופן תנועה אחד בלבד: "תנודה". לחלקיקי הנוזל שני אופני תנועה: "תנודה", בדומה לחלקיקי המוצק, ותנועת "סיבוב" סביב עצמם. חלקיקי הגז נעים בנוסף לאופני התנועה "תנודה" ו"סיבוב" גם בתנועת "מעתק" המתאפיינת בתזוזת החלקיקים ממקום אחד למקום אחר במרחב בקווים ישרים.

פעילות

פעילות 6: "ריקוד החלקיקים"

הפעילות הבאה מהווה הדמיה הממחישה את תנועת החלקיקים באמצעות תנועה של אנשים בחדר:
לפעילות דרוש חלל הפנוי מרהיטים. להלן ההצעה לפעילות:
9 תלמידים מתנדבים יעמדו בשלשות ויצרו שלוש שורות של שלשות תלמידים העומדים קרובים זה לזה.
מצב א': תנודה - עמידה במקום והתנועעות מבלי לשנות את המקום (העברת משקל הגוף מרגל אחת לשנייה).
מצב ב': סיבוב - סיבוב סביב ציר הגוף (במקום), בדומה לתנועת הסביבון. תוך כדי סיבוב יש להחליף מקום עם השכן/ה הקרוב/ה.

מצב ג': מעתק - תנועה בחדר ממקום למקום בקווים ישרים. אם קיימת התנגשות עם תלמיד/ה אחר/ת, יש לשנות את כיוון התנועה ולהמשיך בתנועה ישרה עד להתנגשות נוספת בתלמיד/ה או בקירות החדר. הערה: אל תימנעו מהתנגשויות (אך בזהירות).

מצב ד': שילוב של שלושת סוגי התנועה יחד - כעת יש לשלב את שלושת סוגי התנועה יחד, התנודה, הסיבוב, המעתק - ולנוע במרחב הכיתתי.

שאלות

1. הפעילות שעשינו מדמה את סוגי התנועה השונים המאפיינים את מצבי הצבירה השונים. מה דומה ומה שונה בהשוואה שבין ההדמיה ובין המציאות?
2. נסו להתאים את אופני התנועה לחלקיקי החומר במצב מוצק, בנוזל ובגז.
   א. מצב א' מדמה תנועה **בגז / נוזל / מוצק**.
   ב. מצב ב' מדמה אחד מאופני התנועה הקיימים **בגז / נוזל / מוצק**.
   ג. מצב ג' מדמה אחד מאופני התנועה הקיימים **בגז / נוזל / מוצק**.
   ד. מצב ד' מדמה תנועה **בגז / נוזל / מוצק**.

כיצד נעים חלקיקי הגז?

הדגמה

הדגמה 1: מכונת הכדורים

מטרת ההדגמה: להמחיש את תנועת חלקיקי הגז

ציוד וחומרים: מכונת כדורים, כדורי זכוכית, סוללה.

מהלך ההדגמה

היות שאי אפשר לראות באופן ישיר את תנועת החלקיקים המרכיבים את החומר מפאת גודלם הזעיר, נשתמש במכונת הכדורים המדמה את תנועתם של חלקיקי הגז.

1. הניחו על הלוח העגול התחתון כ-20 כדורי זכוכית קטנים. כדורי הזכוכית מדגימים את חלקיקי הגז.
2. הפעילו את מנוע מכונת הכדורים על-ידי חיבור לסוללה אחת בלבד למערכת.
3. התבוננו בתנועת הכדורים.
   א. באיזה כיוון נעים מרבית הכדורים?
   ב. מה גורם לכדורים לשנות את כיוון התנועה?

מכונת הכדורים

4. בטבלה הבאה אתם מתבקשים לערוך השוואה בין המודל שמייצגת מכונת הכדורים לבין חלקיקי הגז.
א. העתיקו את הטבלה למחברתכם ותנו לה כותרת מתאימה.
ב. השלימו בטבלה את המידע.

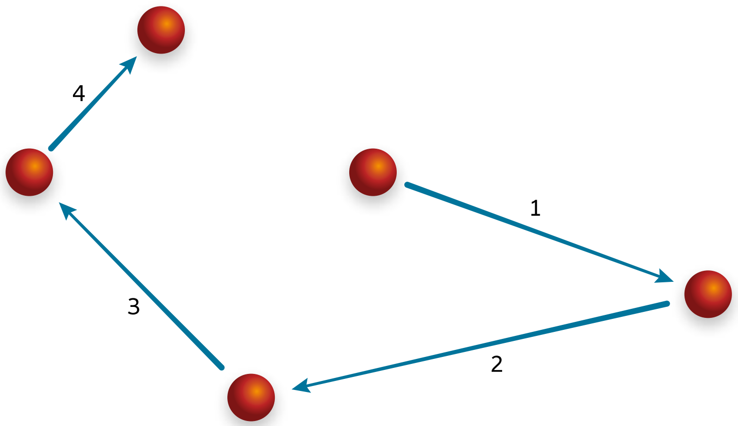
טבלה 5: ______________________________

תבחינים	כדורים	חלקיקים
מספר (גדול/קטן)		
גודל (גדול/קטן)		
הרווח שביניהם (גדול/קטן)		
נוכחות חומר במרווחים (אין/יש)		
גורם התנועה (עצמית/סוללה)		
כיוון התנועה (אקראי/בכיוון אחד)		

לדוגמה

5. בהתאם למודל החלקיקים, מהם היתרונות ומהם החסרונות של מודל מכונת הכדורים? ציינו יתרון אחד וחיסרון אחד לפחות.

בדומה לכדורי הזכוכית הנעים במכונת הכדורים, גם חלקיקי הגז נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית בחלל העומד לרשותם. חלקיקי הגז נעים ממקום אחד למקום אחר בקווים ישרים. לעתים הם מתנגשים זה בזה או בדפנות הכלי שבו הם נמצאים, וכתוצאה מההתנגשויות משנים את כיווניהם (ראו איור 13).



איור 13: תנועת החלקיק מתחילה מנקודה 1 לנקודה 2, מנקודה 2 לנקודה 3 וכן הלאה.

צפייה בסרט

בקישור "תנועת החלקיקים" תוכלו לראות הדמיה של תנועת החלקיקים בשלושת מצבי הצבירה. צפו בסרטון וענו על השאלות הבאות.

שאלות

1. מהם המאפיינים המשותפים לחלקיקים בשלושת מצבי הצבירה?
2. הקיפו בעיגול את התופעות שבהן צפיתם בהדמיה שבסרטון:
   א. בין חלקיקי החומר יש ריק.
   ב. אופן תנועת החלקיקים שונה במצבי צבירה שונים.
   ג. בין חלקיקי החומר יש כוחות משיכה.
   ד. חלקיקי הגז נעים בקווים ישרים.
   ה. חלקיקי הגז מתנגשים זה בזה ובדפנות הכלי.
3. באיזה מבין מצבי הצבירה החלקיקים אינם משנים את מקומם?
4. התבוננו במסך האחרון שבהדמיה. האם גודל החלקיקים משתנה במעבר ממצב צבירה אחד לאחר?
5. מה היה קורה לו יכולתם לפתוח את הכלי שבו נמצאים חלקיקי הגז? הסבירו את תשובתכם באמצעות מודל החלקיקים.
6. העתיקו את הטבלה למחברתכם והשלימו אותה.

טבלה 6: עקרונות מודל החלקיקים - השוואה בין חומרים במצבי צבירה שונים

משתנים להשוואה	**מוצק**	**נוזל**	**גז**
מודל (ציירו בכל עמודה 10 חלקיקים)			
גודל החלקיקים במעבר החומר ממצב צבירה אחד לאחר **(קטן/גדל/אינו משתנה)**			
סידור החלקיקים **(מסודר/אינו מסודר/מסודר מאוד)**			
המרווחים בין החלקיקים **(גדולים/קטנים/קטנים מאוד)**			
אופן תנועת החלקיקים **(תנודה/סיבוב/מעתק)**			

לדוגמה

מלימודינו עד כה אנו יודעים כי:

מודל החלקיקים של החומר מבוסס על ההנחות הבאות:

- ☑ **החומר בנוי מחלקיקים**
- ☑ **בין החלקיקים קיים ריק**
- ☑ **חלקיקי החומר נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית**
- ☑ **בין חלקיקי החומר קיימים כוחות משיכה**

צורה ונפח החומר בשלושת מצבי הצבירה

תנועת החלקיקים וכוחות המשיכה ביניהם מסייעים להבנה ולהסבר של מבנה החומר במצבי הצבירה השונים.

בתמונות שלפניכם שלושה חומרים שונים: זהב, מים ואוויר בתוך בלון.
כל חומר נמצא בשני כלים שונים. מה יקרה לנפח ולצורה של כל אחד מהחומרים, לאחר שנעביר אותו מכלי אחד לאחר?

מטיל זהב מחוץ לכספת ובתוכה

מהו מצב הצבירה של הזהב?
מהי צורתו של מטיל זהב בודד הנמצא מחוץ לכספת?
מהי צורתו של מטיל זהב בודד הנמצא בתוך הכספת?
מה יקרה לנפח מטיל הזהב כאשר נכניס אותו לתוך הכספת?

כל המים שבבקבוק נמזגים לכוס

מהו מצב הצבירה של המים?
מהי צורת המים שבבקבוק?
מהי צורת המים שבכוס?
מה יקרה לנפח המים, לאחר שנמזוג את כל המים מהבקבוק לכוס?

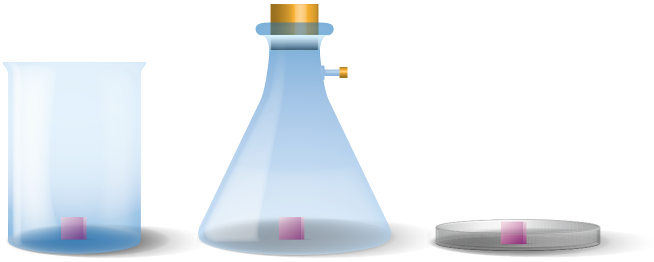
אוויר בבלון ובצמיג

מהו מצב הצבירה של האוויר?
מהי צורת האוויר שבבלון?
מהי צורת האוויר שבצמיג המכונית?
מה יקרה לאוויר, לאחר שנעביר אותו מהבלון לצמיג מכונית שריק מכל חומר?

כיצד נסביר את התופעה של שינויי הצורה והנפח במצבי צבירה שונים באמצעות מודל החלקיקים?

מבנה החומר במצב מוצק: חומרים במצב צבירה מוצק הם בעלי צורה קבועה ונפח קבועים.

כשחומר נמצא במצב צבירה מוצק, החלקיקים קרובים זה לזה וערוכים במבנה מסודר ואחיד; כוחות המשיכה הפועלים בין החלקיקים חזקים; החלקיקים אמנם מבצעים תנודות קלות במקום אך אינם משנים את מיקומם בצבר, על אף שהם בתנועה מתמדת. לפיכך החומר במצב צבירה מוצק הוא בעל צורה ונפח קבועים, כל עוד לא מופעל עליו כוח חיצוני; ועל כן העברת חומר במצב צבירה מוצק מכלי אחד לכלי שצורתו אחרת, לא תגרום לשינוי בצורת המוצק או בנפחו.



איור 15: קובייה בצלחת פטרי, בבקבוק ארלנמייר ובכוס כימית

מבנה החומר במצב נוזל: חומרים במצב צבירה נוזלי הם בעלי צורה משתנה, אך נפח קבוע.

כוחות המשיכה בין החלקיקים בנוזל חלשים מכוחות המשיכה במוצק. היות שכוחות המשיכה בין החלקיקים חלשים, יחסית, חלקיקי הנוזל "**מחליקים**" זה על גבי זה ומשנים את מיקומם בצבר, אך המרחק הממוצע בין חלקיק לחלקיק אינו משתנה! לפיכך במצב צבירה נוזל החומר משנה את צורתו בהתאם לצורת הכלי שבו הוא נמצא, אך הנפח של הנוזל נשמר במעבר בין כלים שונים.

שמן מקבל את צורת הכלי שבו הוא נמצא

מבנה החומר במצב גז: חומרים במצב צבירה גזי הם בעלי צורה ונפח המשתנים בהתאם לכלי שבו הם נמצאים. הגז תופס את כל נפח הכלי שבו הוא נמצא.

כוחות המשיכה בין חלקיקי הגז חלשים מאוד. לפיכך חלקיקי הגז נעים בחופשיות בתוך הכלי שבו הם נמצאים (ומתנגשים זה בזה ובדפנות הכלי). מסיבה זאת הגז תופס את כל נפח הכלי שבו הוא נמצא, וצורתו משתנה בהתאם לצורת הכלי.

אוויר בתוך אביזרי ציפה בבריכה

שאלות

1. רשמו ליד כל אחד מהמשפטים מהו מצב צבירה שאותו הוא מתאר:
   1. משנה את צורתו בהתאם לצורת הכלי, אינו שומר על נפחו: ניתן לדחיסה ונוטה להתפשט.
   2. שומר על צורתו, נפחו קבוע.
   3. משנה את צורתו בהתאם לצורת הכלי, נפחו קבוע.
2. לפניכם שני טורים: בטור א' מופיעות תופעות המאפיינות את מצבי הצבירה, ובטור ב' מופיעים ההסברים לתופעות לפי מודל החלקיקים. העתיקו למחברתכם את המשפטים בשני הטורים והתאימו בין התופעה לבין ההסבר המתאים.

טור א' - תופעות	טור ב' - הסברים לפי מודל החלקיקים
1. נפחו של המוצק קבוע.	א. חלקיקי החומר רחוקים זה מזה, וכוחות המשיכה ביניהם חלשים. החלקיקים נעים בחופשיות ובאקראיות בתוך הכלי שבו הם נמצאים.
2. גז מתפשט וממלא את כל הכלי שבו הוא נמצא.	ב. חלקיקי החומר נעים ומחליקים זה על גבי זה, הם מחליפים מקומות זה עם זה, אך תנועתם מוגבלת בשל כוחות המשיכה החזקים הקיימים ביניהם.
3. נוזל מקבל את צורת הכלי.	
4. צורתו של הגז משתנה בהתאם לצורת הכלי שבו הוא נמצא.	ג. חלקיקי החומר קרובים זה לזה וקיימים ביניהם כוחות משיכה חזקים. החלקיקים נמצאים בתנועה מתמדת, אך תנועתם מוגבלת למקום שבו הם נמצאים, ואין הם עוזבים את מקומותיהם.
5. נפחו של הנוזל קבוע.	
6. צורתו של מוצק אינה משתנה, כאשר מעבירים אותו מכלי לכלי.	

3. מקורה של המילה "גז" במילה האנגלית gas. מילה זו היא גלגולה של המילה היוונית "כאוס", שפירושה ביוונית "תוהו ובוהו". מדוע בחרו היוונים לקרוא למצב הצבירה גז בשם זה?

האם אפשר לדחוס חומר בשלושת מצבי הצבירה?

בתחילת הפרק למדנו כי אפשר להוסיף גז לכלי סגור (כמו מזרק או בלון או מכל) המכיל כבר גז. הכנסת כמות נוספת של חומר גזי למקום בעל נפח נתון נקראת דחיסה. דחיסה של גז יכולה להתבצע גם כאשר מקטינים נפח של גז במכל מסוים (כמו מזרק) ללא שינוי בכמות הגז.

דיון

דונו בקבוצה, שערו ונמקו:

1. האם אפשר לדחוס חומר במצב צבירה מוצק, כמו למשל גוש בטון?
2. האם אפשר לדחוס חומר במצב צבירה נוזל, כמו למשל שמן מכונות?

ניסוי

ניסוי 4: דחיסת חומרים במצבי צבירה שונים

מטרת הניסוי: לבדוק האם אפשר לדחוס חומר כשהוא נמצא בכל אחד משלושת מצבי הצבירה

ציוד וחומרים: מזרק, פקק, אוויר, מים (צבעוניים), מזרק פקוק ובתוכו קרח.

מהלך הניסוי

1. שאבו 25 סמ"ק אוויר לתוך מזרק וסגרו את פיית המזרק בפקק.
   א. האם המזרק אטום? כיצד אתם יודעים זאת?
2. לחצו בכוח סביר על הבוכנה.
   ב. בכמה סמ"ק קטן נפח האוויר שבמזרק?
   ג. האם, לדעתכם, חל שינוי במסת האוויר הנמצא במזרק? נמקו את תשובתכם.
3. שאבו 25 סמ"ק מים לתוך המזרק וסגרו את פיית המזרק בפקק.
   ד. לחצו בכוח סביר על הבוכנה.
4. האם הצלחתם לדחוס את המים שבמזרק?
   ה. האם התאמתה ההשערה ששיערתם לגבי דחיסה של נוזל לפני תחילת הניסוי?
5. לפניכם מזרק פקוק ובתוכו 25 סמ"ק קרח.
6. לחצו בכוח סביר על הבוכנה.
   ו. האם הצלחתם לדחוס את הקרח שבמזרק?
   ז. האם התאמתה ההשערה ששיערתם לגבי הדחיסה של מוצק לפני תחילת הניסוי?
7. הציגו בטבלה 7 שבעמוד הבא את הנתונים שהתקבלו במהלך הניסוי:

טבלה 7: ___________________________

מאפיינים	מזרק המכיל אוויר	מזרק המכיל מים	מזרק המכיל קרח
מצב הצבירה של החומר בתוך המזרק			
נפח החומר לפני הדחיסה			
נפח החומר לאחר הדחיסה			
האם החומר ניתן לדחיסה? (כן/לא)			
האם חל שינוי במסת החומר בעקבות הדחיסה? (כן/לא)			

לדוגמה

ח. נסחו כותרת מתאימה לטבלה.

ט. אילו מסקנות אפשר להסיק מנתוני הטבלה?

8. חזרו להסבר שכתבתם להשערות שלכם לפני ביצוע הניסוי ובדקו, האם השערתכם התאמתה?

9. הסבירו בעזרת **מודל החלקיקים** של החומר את תוצאות הניסוי לגבי דחיסה של חומר בכל אחד משלושת מצבי הצבירה. נסחו את תשובתכם באמצעות טיעון.

תוצאות ניסוי זה ותוצאות ניסויים רבים נוספים מלמדות, שבטמפרטורה קבועה ניתן לדחוס באמצעים מכנים חומרים במצב צבירה גז, כדוגמת חמצן, פחמן דו-חמצני או אוויר, אך אי אפשר לדחוס חומרים במצב צבירה נוזל ומוצק.

על פי מודל החלקיקים, החומר בנוי מחלקיקים וביניהם ריק, ובין החלקיקים קיימים כוחות משיכה. במצב צבירה גז חלקיקי החומר רחוקים זה מזה, וכוחות המשיכה ביניהם חלשים. פעולת הדחיסה מקרבת את החלקיקים זה לזה, ולכן נפח החומר הגזי בדחיסה קטן. במצב צבירה מוצק ובמצב צבירה נוזל, חלקיקי החומר קרובים מאוד זה לזה. מסיבה זאת אי אפשר באמצעות דחיסה להמשיך ולקרב את החלקיקים זה לזה, ונפח החומר במצבי צבירה אלו **אינו משתנה**.

תכונות האבקה

סוכר חום

קמח

סוכר לבן (מופק מקנה סוכר)

קרוב לוודאי שבאחד מהארונות שבמטבח ביתכם יש שקית של אבקת אפייה. העבירו את האבקה מהשקית אל כוס, ומשם אל צלוחית קטנה.

בוודאי שמתם לב שבכל פעם שאבקת האפייה עברה לכלי שצורתו שונה, קיבלה האבקה את צורת הכלי והתנהגה, לכאורה, בדומה לנוזל.

האם אבקה היא נוזל או מוצק?

שעון חול

בתמונה שלפניכם שעון חול. החול הנמצא בחלק העליון "זורם" אל החלק התחתון ומקבל את צורת הכלי. לכאורה, החול מתנהג כנוזל. בעצם, החול, כמו יתר האבקות, הוא מוצק. אבקת האפייה, כמו גם החול, או כל אבקה של חומר, היא אוסף של גרגירים (לא חלקיקים!). אם נתבונן מקרוב או בעזרת מיקרוסקופ בגרגיר בודד של אבקה, נראה שלגרגיר יש צורה מסוימת שאינה משתנה לאחר שמעבירים אותו מכלי אחד לכלי אחר. גרגיר זה הוא מוצק הבנוי ממספר עצום של חלקיקים שכוחות המשיכה ביניהם חזקים מאוד. כל גרגיר באבקה שומר על צורתו הקבועה.
ננסה להבין רעיון זה באמצעות דוגמאות מחיי היומיום: גרגירי אורז הנמצאים בכוס מקבלים את צורת הכוס. עם העברת גרגירי האורז לסיר גרגירי האורז מקבלים את צורת הסיר. האם אפשר לומר שמצב הצבירה של גרגירי האורז הוא נוזל, מאחר שהם מקבלים את צורת הכלי? התשובה היא לא! מצב הצבירה של גרגירי האורז הוא מוצק. גרגיר אורז בודד לא שינה את צורתו במעבר מכלי לכלי. התבוננות על גרגיר אחד באמצעות "משקפי הקסם" תגלה לנו, שחלקיקי האורז (בתוך גרגיר האורז) מסודרים במבנה מסודר האופייני לחומרים מוצקים.
נשווה בין תכונות הברזל לבין תכונות אבקת ברזל הנוצרת מכתישה של גוש ברזל ומורכבת מאוסף של גרגירי ברזל.

טבלה 8: השוואה בין גוש ברזל לאבקת ברזל

התכונה	גוש ברזל	אבקת ברזל
צורה	גוש	אבקה
צבע	אפור-שחור	אפור-שחור
טמפרטורת היתוך	1,538°C	1,538°C
משיכה למגנט	V	V
הולכת חום	V	V

אבקת ברזל

שאלות

התבוננו בטבלה 8 וענו על השאלות הבאות:

1. במה שונים גוש הברזל ואבקת הברזל זה מזה?
2. במה דומים גוש הברזל ואבקת הברזל זה לזה?
3. מהו מצב הצבירה של גוש הברזל בטמפרטורת החדר?
4. מהו מצב הצבירה של אבקת הברזל בטמפרטורת החדר?

כאשר בודקים את תכונותיהם של גוש הברזל וגרגירי הברזל מהם מורכבת אבקת הברזל מגלים שהתכונות המאפיינות אותם זהות. משמעות הדבר היא שבטמפרטורת החדר שניהם במצב צבירה מוצק.

לסיכום
אבקה היא אוסף של גרגירי חומר במצב מוצק, ובה כל אחד מהגרגירים (הבנוי ממספר מאוד גדול של חלקיקים שביניהם כוחות משיכה חזקים) הוא מוצק השומר על צורה ונפח קבועים.

שאלות

1. מהו מצב הצבירה של גרגיר של אבקה? הסבירו את תשובתכם.
2. האם המבנה החלקיקי של קוביית סוכר שונה מהמבנה החלקיקי של גרגירי סוכר? הסבירו את תשובתכם.
3. רותם מתקשה לבלוע כדורים שלמים, לכן היא נוהגת לכתוש אותם לאבקה כדי לבלוע אותם. האם הכתישה של הכדורים משנה את מצב הצבירה של החומר? האם היא משנה את המבנה החלקיקי של התרופה? הסבירו את תשובתכם.
4. הביאו 3 דוגמאות לחומרים המופיעים בצורת גוש ובצורת אבקה (כמו: חול, חצץ, אבן).
5. בטבלה שלפניכם טענות בנוגע למצב הצבירה של אבקות. העתיקו את הטבלה למחברתכם, סמנו האם טענות אלו נכונות או לא ונמקו את תשובתכם.

טבלה 9: טענות ונימוקים

הטענה	טענה נכונה/לא נכונה	נימוק
"כאשר מעבירים קמח מהשקית לקערה, הקמח מקבל את צורת הקערה, לכן אפשר להסיק מכך שהקמח הוא נוזל".		
"כל גרגר של אבקת הסוכר הוא, בעצם, חלקיק של אבקת סוכר, ולכן אבקת הסוכר דומה יותר בתכונותיה לנוזל, כי היא מקבלת את צורת הכלי שבו היא נמצאת כמו הנוזל".		

לדוגמה

מידע והרחבה

צמיגות של נוזלים

אחת מהתכונות המאפיינות נוזלים היא זרימה. נוזלים שונים נבדלים זה מזה במהירות הזרימה שלהם. תכונה זאת של החומר נקראת צמיגות, והיא מוגדרת כהתנגדות של החומר לזרימה.

נוזלים בעלי צמיגות שונה: שמן ומים

ניסוי

ניסוי 5: צמיגות נוזלים

מטרת הניסוי: לבדוק איזה מבין הנוזלים צמיג יותר

ציוד וחומרים: 3 מבחנות גדולות, 3 פקקים המתאימים למבחנות, נייר דבק, שלוש גולות זהות, מים, שמן, נוזל שקוף לשטיפת כלים.

מהלך הניסוי

1. מזגו למבחנה אחת 50 מ"ל מים, הוסיפו לנוזל את אחת הגולות, פקקו את המבחנה היטב ואטמו אותה בעזרת נייר דבק.
2. מזגו למבחנה שנייה 50 מ"ל שמן, הוסיפו לנוזל את אחת הגולות, פקקו את המבחנה היטב ואטמו אותה בעזרת נייר דבק.
3. מזגו למבחנה שלישית 50 מ"ל סבון כלים, הוסיפו לנוזל את אחת הגולות, פקקו את המבחנה היטב ואטמו אותה בעזרת נייר דבק.
4. הצמידו את שלוש המבחנות זו לזו באמצעות נייר דבק.
5. הפכו בו-זמנית את שלוש המבחנות והתבוננו בתנועת הגולות בתוך הנוזלים השונים.

א. דרגו את קצב התנועה של הגולות בתוך הנוזלים:

תנועה איטית ← ← תנועה מהירה

ב. דרגו את שלושת הנוזלים על-פי מידת צמיגותם:

צמיגות נמוכה ← ← צמיגות גבוהה

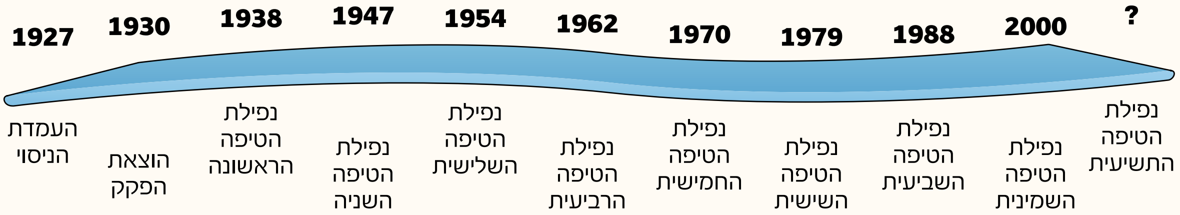
ג. הסבירו את תופעת הצמיגות בעזרת מודל החלקיקים של החומר.

ההבדל בזרימה של נוזלים שונים נובע מכוחות המשיכה השונים הקיימים בין חלקיקי החומר השונים. כאשר כוחות המשיכה בין החלקיקים חזקים יותר, החלקיקים מושכים זה את זה בחזקה ומקשים על החלקת שכבות החלקיקים זו על גבי זו. מכאן נובע שככל שהמשיכה בין חלקיקי הנוזל חזקה יותר, צמיגות הנוזל גדולה יותר. בניסוי שערכנו ראינו שככל שצמיגות הנוזל גדולה יותר, תנועת גופים (העשויים מאותו החומר) בתוכו אטית יותר, מאחר שהגוף הנע בנוזל צריך להתגבר על כוחות המשיכה הקיימים בין חלקיקי הנוזל, ובינו לבין חלקיקי הנוזל.

מעניין ומסקרן

ניסוי טיפת הזפת

קיימים נוזלים בעלי צמיגות כה גבוהה שנראים מוצקים, אך בכל זאת הם מסוגלים לזרום. דוגמה לנוזל כזה היא הזפת. תכונה זו של הזפת נחקרת באוניברסיטת קווינסלנד שבאוסטרליה. ניסוי טיפת הזפת התחיל בשנת 1927 על ידי פרופסור תומאס פרנל וממשיך עד היום. פרופסור פרנל רצה להמחיש לסטודנטים את העובדה, שהזפת הנראית כחומר מוצק היא נוזל בעל צמיגות גבוהה. הפרופסור הכניס זפת לתוך משפך שקצהו הצר נאטם בפקק, והניח לזפת להתקבע במשך שלוש שנים. בשנת 1930 הסיר פרנל את הפקק מהמשפך, והזפת התחילה לזרום. מאז ועד 28.11.2000 נפלו שמונה טיפות בלבד, רק שתיים מהן הספיק פרנל לתעד בחייו, אחת בשנת 1938, והשנייה בשנת 1947. כיום, יותר משמונים שנה מאז תחילת הניסוי, הטיפה התשיעית בשלבי היווצרות. עורכי הניסוי חישבו כי צמיגותה של הזפת בניסוי גדולה פי 100 מיליארד מצמיגות המים.



איור 16: תיעוד נפילת טיפות הזפת

ניסוי זה מתועד בספר השיאים של גינס כניסוי המעבדה הפעיל הוותיק ביותר בעולם, ונראה שיש במשפך די זפת כדי שהניסוי ימשיך עוד מאה שנים לפחות.

עד כה איש מעולם לא חזה בנפילת טיפה. הניסוי מנוטר כעת בעזרת מצלמת רשת.

צפו בשידור בזמן אמת, ואולי יתמזל מזלכם ותהיו בין אלו שיחזו בנפילת הטיפה התשיעית.

שאלות

1. העתיקו את המשפטים למחברותיכם ורשמו בסוף כל משפט נכון או לא נכון:
   א. נוזל שזרימתו אטית, צמיגותו גבוהה. **נכון/לא נכון**
   ב. נוזל שזרימתו מהירה, צמיגותו גבוהה. **נכון/לא נכון**
   ג. לכל הנוזלים צמיגות זהה. **נכון/לא נכון**
   ד. כוחות המשיכה בין חלקיקי הנוזל משפיעים על צמיגותו. **נכון/לא נכון**
   ה. עוצמת כוחות המשיכה בין החלקיקים זהה בכל הנוזלים. **נכון/לא נכון**
   ו. ככל שכוחות המשיכה בין חלקיקי הנוזל חזקים יותר, הזרימה מהירה יותר. **נכון/לא נכון**
   ז. הזפת צמיגה יותר ממים. **נכון/לא נכון**
   ח. מניסוי טיפת הזפת אפשר ללמוד שקצב הזרימה של הזפת אטי מאוד. **נכון/לא נכון**
   ט. כוחות המשיכה בין חלקיקי המים חזקים מכוחות המשיכה בין חלקיקי השמן. **נכון/לא נכון**

2. לטל ושרון צוללן צעצוע המסוגל לנוע בתוך נוזל באמצעות מנוע. כדי לבדוק באיזה נוזל תנועת הצוללן תהיה המהירה ביותר, הם הכניסו את הצוללן לשלוש גיגיות ובהן נוזלים שונים: גיגית המכילה שמן, גיגית המכילה מים, גיגית המכילה נוזל כלים, ובדקו את הזמן הנדרש לצוללן לעבור מקצה אחד של הגיגית לקצה האחר.
   א. באיזו מהגיגיות הגיע הצוללן בפרק הזמן הקצר ביותר לקצה האחר?
   ב. באיזה מהנוזלים צמיגות הנוזל היא הגבוהה ביותר? נמקו את תשובתכם.

נוזלים בעלי צמיגות שונה: 1. דבש, 2. כספית, 3. סבון נוזלי, 4. צבעי שמן, 5. משחת שיניים

ה. מה למדנו בפרק זה?

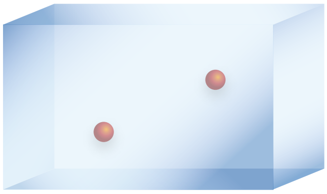
- כל חומר, בכל מצב צבירה, בנוי מחלקיקים שביניהם רִיק. החלקיקים של חומר מסוים הם אותם החלקיקים בשלושת מצבי הצבירה, והם אינם משנים את הנפח או את המסה במעבר ממצב צבירה אחד לשני.
- בין החלקיקים קיימים כוחות משיכה.
- החלקיקים נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית.
- קיימים שלושה אופני תנועה: תנודה, סיבוב ומעתק.
- חומרים במצבי צבירה שונים נבדלים זה מזה בסידור החלקיקים, בכוחות המשיכה הקיימים בין החלקיקים ובאופן תנועת החלקיקים.
- במוצק החלקיקים מסודרים ונעים בתנודתיות במקומותיהם, המרחקים בין החלקיקים קטנים, כוחות המשיכה בין החלקיקים חזקים מאוד.
- חלקיקי הנוזל מסודרים פחות מאשר במוצק. בנוסף לתנועה התנודתית הם נעים גם בתנועה סיבובית. המרחקים בין החלקיקים מעט גדולים יותר מאשר במוצק, ולכן כוחות המשיכה פחות חזקים בהשוואה לכוחות המשיכה בין חלקיקי המוצק.
- חלקיקי הגז נמצאים באי סדר, תנועתם תנודתית, סיבובית, ובנוסף, הם נעים בתנועת מעתק. בשל המרחקים הגדולים בין חלקיקי הגז, כוחות המשיכה ביניהם חלשים מאוד.
- התופעה שבה חלקיקי החומר נעים ממקום שבו הם צפופים למקום שבו הם צפופים פחות נקראת פעפוע.
- אבקה היא מוצק, והיא מורכבת מאוסף של גרגירים. כל אחד מהגרגירים שומר על צורה קבועה ומתנהג כחומר במצב צבירה מוצק.
- לנוזלים שונים צמיגות שונה, כלומר, התנגדות שונה של החומר לזרימה.
- ההבדל בצמיגות בין חומרים שונים נובע מהבדלים בכוחות המשיכה שבין החלקיקים.

מיומנויות במדע וטכנולוגיה

- גרף קווי הוא ייצוג חזותי של מידע אשר מציג קשר בין גורמים. בגרף זה משתמשים כדי לראות שינוי בערכים של גורם המוצג על ציר y בעקבות שינויים בערכי הגורם המוצגים על ציר ה-x.
- כדי להבין את ה"סיפור" המסתתר מאחורי עקומת הגרף יש לזהות קודם את המשתנים המיוצגים בו: כמה משתנים מיוצגים? מהם שמותיהם? על איזה ציר כל אחד מוצג? מהו הקשר ביניהם? באילו יחידות הם נמדדים? מה טווח הערכים המוצג על כל ציר? מהן כותרות הצירים? מהי כותרת הגרף?
- גרף אחד יכול לייצג כמה סדרות של מדידות, ובהתאם יכולות להופיע בו מספר עקומות. במקרה זה מוסיפים לגרף מקרא.

שאלות סיכום

1. איזה מבין החומרים שלפניכם אפשר לדחוס בקלות באמצעים מכניים בטמפרטורת החדר?
   א. נחושת   ב. שמן   ג. חמצן   ד. נפט
   הסבירו את תשובתכם באמצעות מודל החלקיקים של החומר.



חלקיקי חומר בכלי ריק

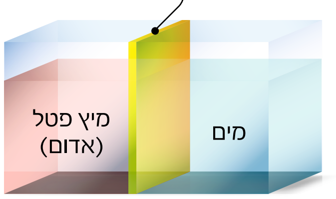
2. ניסוי מחשבתי: לכלי ריק לחלוטין הוכנסו שני חלקיקים של חומר (כמתואר באיור שלפניכם). מה יש בין שני החלקיקים?
   א. אוויר
   ב. עוד חלקיקים
   ג. ריק (ואקום)
   ד. חמצן

3. בעקבות העברת גז מכלי שנפחו 10 סמ"ק לכלי שנפחו 2000 סמ"ק יחול שינוי ב:
   א. מספר חלקיקי הגז
   ב. מרחק בין חלקיקי הגז
   ג. גודל חלקיקי הגז
   ד. מסת חלקיקי הגז

4. דנה פתחה בקבוקון של בושם והשאירה אותו פתוח במשך מספר שעות. סמנו אילו מבין המשפטים הבאים נכון (תיתכן יותר מתשובה אחת נכונה):
   א. חלקיקי הבושם הנוזלי הנמצאים בשטח הפנים של הבושם התנתקו ונעו בחלל החדר.
   ב. חלקיקי הבושם הנוזלי התנתקו משטח הפנים של הבושם ונעו בחלל הבקבוקון אך לא יצאו ממנו.
   ג. חלקיקי הבושם נעו בחלל החדר ועברו פעפוע בין חלקיקי האוויר שבחדר.
   ד. כמות חלקיקי הבושם (מסת הבושם) שבבקבוק פחתה.
   ה. כמות חלקיקי הבושם (מסת הבושם) שבבקבוק עלתה.

5. לפניכם טיעונים של תלמידים בעקבות ניסוי הבושם (עמוד 22) וניסוי מטהר האוויר המוצק (עמוד 29), קראו את הטענות וענו על השאלות:
   א. עמית ורותם דנו ביניהן בתוצאות ניסוי מטהר האוויר המוצק בחדר סגור. עמית טענה שהירידה במסה של מטהר האוויר נבעה מכך שחלקיקי החומר של מטהר האוויר "נעלמו", ואילו רותם טענה שהחלקיקים לא נעלמו אלא מפוזרים בחדר. מי מהן צודקת? נמקו את בחירתכם.
   ב. דנה טוענת שחלקיק הבושם בבקבוק הוא במצב נוזלי, ובכיתה חלקיק הבושם הוא במצב גז. ואילו ליאורה טוענת שאין משמעות למצב צבירה של חלקיק בודד. הטענה של מי מהתלמידות נכונה? נמקו את בחירתכם.
   ג. אורן ודורון דנו ביניהם על פיזור הבושם בכיתה. אורן טען שהבושם בכיתה הוא במצב גז, ואילו הבושם בבקבוק הוא במצב נוזל. דורון, לעומתו, טען שבשני המקרים הבושם במצב נוזלי. הטענה של מי מהתלמידים נכונה? נמקו את בחירתכם והסבירו בעזרת מודל החלקיקים.

6. מה אפשר לומר על חלקיק בודד של חומר במצב נוזל? הקיפו את התשובה הנכונה:
א. לחלקיק יש צבע.
ב. החלקיק נמצא בתנועה מתמדת.
ג. החלקיק במצב צבירה של נוזל.
ד. החלקיק מוליך חום.



מים ומיץ פטל מופרדים על-ידי מחיצה

7. באיור שלפניכם מוצג כלי המחולק על-ידי מחיצה שאותה אפשר להסיר. משני צדי המחיצה מצויים נוזלים שונים, בצד אחד מים, ובצד האחר - מיץ פטל. לאחר הסרת המחיצה והמתנה של מספר דקות, כל הנוזל בכלי היה בצבע אדום. הסבירו את התופעה בעזרת מודל החלקיקים של החומר.

שאלת הרחבה:

8. ציינו מהם אופני התנועה המאפיינים את החלקיקים במצבי הצבירה השונים (הקיפו את התשובה הנכונה):
א. התנועה של חלקיקי המוצק היא תנועת **תנודה/סיבוב/מעתק**.
ב. התנועה של חלקיקי הנוזל היא תנועת **תנודה/סיבוב/מעתק**.
ג. התנועה של חלקיקי הגז היא תנועת **תנודה/סיבוב/מעתק**.

9. לפניכם שלושה חומרים הנמצאים בטמפרטורת החדר: שמן, חמצן וברזל.
א. באיזה מצב צבירה נמצא כל אחד מהחומרים בטמפרטורת החדר?
ב. קראו את המשפטים הבאים וסמנו את המשפטים הנכונים:
ב1 שלושת החומרים בנויים מחלקיקים.
ב2 רק בין חלקיקי החמצן יש ריק.
ב3 אפשר לדחוס את השמן ואת החמצן, אך אי אפשר לדחוס את הברזל.
ב4 חלקיקי השמן, חלקיקי החמצן וחלקיקי הברזל נמצאים בתנועה מתמדת.
ב5 חלקיקי הברזל מסודרים במבנה מסודר יותר בהשוואה לחלקיקי החמצן.
ב6 בכל החומרים קיימים כוחות משיכה חזקים בין החלקיקים.
ב7 בכל החומרים החלקיקים יוצרים מבנה מסודר.
ב8 כוחות המשיכה בין חלקיקי השמן חזקים יותר מכוחות המשיכה שבין חלקיקי החמצן.

10. לרגל חגיגות יום ההולדת של אמיר נתלו בביתו בלונים שנופחו באוויר. מה יקרה לנפח האוויר שבבלון לאחר יומיים - שלושה? הסבירו את תשובתכם.

מכלי גז

11. לשני מכלי גז הוכנסה מסה שווה של גז. התבוננו באיור שלפניכם וענו על השאלות:
א. באיזה מכל נפח הגז גדול יותר?
ב. באיזה מכל מסת הגז גדולה יותר?
ג. באיזה מכל הגז דחוס יותר?
ד. באיזה מכל המרווחים בין החלקיקים קטנים יותר?

שאלת הרחבה:

12.צמיגותו של כל אחד מהנוזלים מים, שמן ודבש - שונה. כיצד אפשר להסביר את הצמיגות השונה של הנוזלים הללו באמצעות מודל החלקיקים של החומר?

מדידת מסת גז

13.באיור שלפניכם מכלי גז, בכל אחד מהמכלים 3 ק"ג של גז. הסבירו כיצד ייתכן שהנפחים של הגז שונים אך מסתם זהה.

14.בפרק זה למדנו על מספר תופעות שאותן אפשר להסביר באמצעות מודל החלקיקים.
בחרו אחת מהתופעות וכתבו על-פי הסעיפים הבאים:

א. תארו במחברתכם את התופעה שבחרתם.

ב. להלן טבלה המסייעת לבניית הסבר לתופעה על-פי מודל החלקיקים. העתיקו את הטבלה למחברתכם והשלימו את הנתונים.

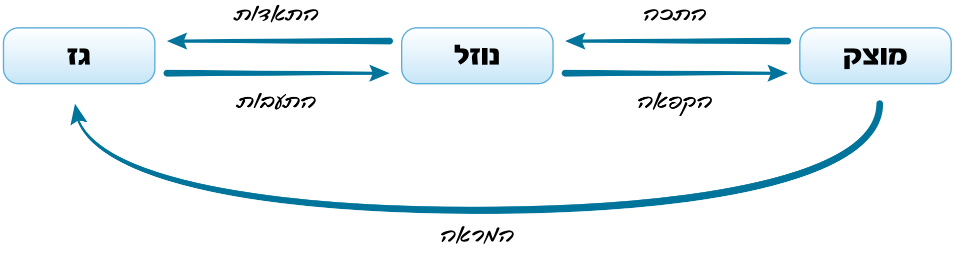
טבלה 10: הסבר תופעה על פי מודל החלקיקים

מרכיבי מודל החלקיקים	השינוי שחל	ההסבר על-פי מודל החלקיקים
מספר החלקיקים (גדל/קטן/לא השתנה)		
סידור החלקיקים מסודר יותר/פחות מסודר/לא השתנה		
המרחק בין החלקיקים גדל/קטן/לא השתנה		

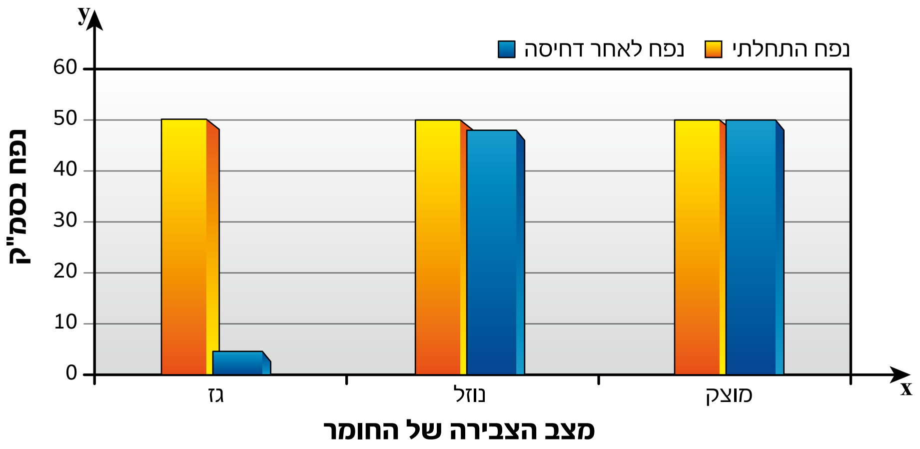
לדוגמה

15.לפניכם מספר ייצוגים חזותיים המייצגים מידע, ולאחריהם טבלה ובה שאלות. חפשו את התשובות לשאלות בייצוגים, וציינו ליד כל שאלה באמצעות איזה ייצוג מצאתם את התשובה.

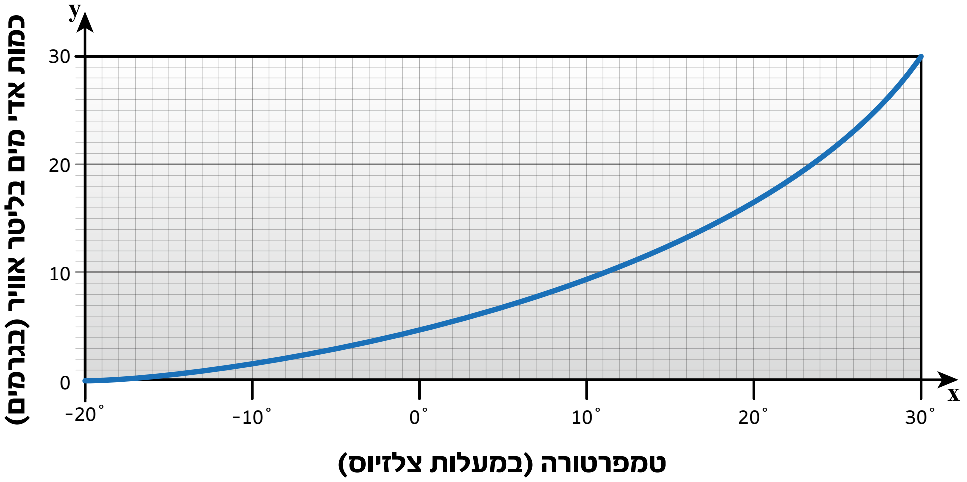
ייצוג 1 - מעבר בין מצבי צבירה:



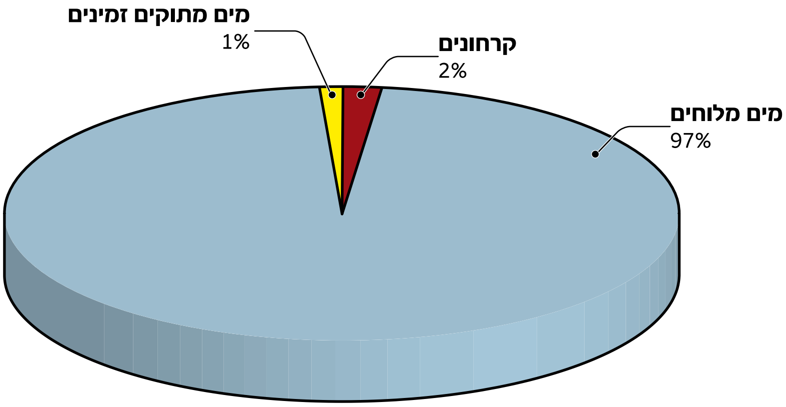
ייצוג 2 - דחיסה של גז, נוזל ומוצק:



ייצוג 3 - כמות אדי המים באוויר בטמפרטורות שונות:



ייצוג 4 - התפלגות המים על פני כדור הארץ:



טבלה 11: איסוף מידע מתוך ייצוגים חזותיים

שאלה	תשובה	הייצוג החזותי שבו מצאתי את התשובה
1. מהו שם התהליך שבו מוצק הופך לגז באמצעות חימום?		
2. כמה מכלל המים המצויים על פני כדור הארץ אינם זמינים לאדם?		
3. באיזו טמפרטורה כמות אדי המים באוויר גדולה יותר? $10^{\circ}C$ או $-10^{\circ}C$?		
4. באילו מצבי צבירה ניתן למצוא את המים בטבע?		
5. מהי השפעת הטמפרטורה על כמות אדי המים באוויר?		
6. האם ניתן לדחוס חומר מוצק?		
7. מהי התאדות?		
8. מה קורה כאשר מחממים חומר במצב נוזל?		
9. מה אחוז המים המלוחים המצויים בטבע במצב צבירה מוצק?		
10. מה נפח הגז לאחר הדחיסה?		

לדוגמה

פרק 2

חלקיקים ושינויים בחומר

מבט לאחור ומבט לפנים

בפרק הקודם הכרנו את מודל החלקיקים של החומר, מודל עכשווי המתאר את מבנה החומר ואשר מבוסס על ההנחות הבאות:

- החומר בנוי מחלקיקים.
- בין החלקיקים קיים ריק.
- חלקיקי החומר נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית.
- בין חלקיקי החומר קיימים כוחות משיכה.

בפרק זה, כמו גם בהמשך לימודי מדע וטכנולוגיה, נסביר באמצעות מודל החלקיקים תופעות, תכונות ושינויים בחומר ונראה את ההשלכות על תופעות מחיי יומיום ועל שימושים טכנולוגיים.

א. שינויים בחומר

חומר יכול לעבור שינויים רבים כתוצאה מתהליכים המתרחשים בטבע ובסביבה החיצונית או כתוצאה מהשפעת האדם, בעלי-חיים או צמחים. שינויים אלה יכולים לגרום לחומר לשנות את צורתו, כדוגמת שבירה וגריסה; לשנות מצב צבירה או אף להפוך לחומר אחר בעל תכונות שונות. בחלק מהשינויים החומר שומר על תכונותיו, ובאחרים תכונות החומר אינן נשמרות. כאשר חומר משנה את צורתו או את מצב הצבירה שלו אך שומר על תכונותיו האופייניות (כדוגמת טמפרטורת היתוך וטמפרטורת רתיחה), אנו אומרים שחל **שינוי פיזיקלי** בחומר. לעומת זאת, שינוי בהרכב החומר שבעקבותיו נוצר חומר חדש בעל תכונות חדשות, נקרא **שינוי כימי**.

דיון

לפניכם דוגמאות לשני תהליכים: קריעת נייר ושריפת נייר.

קריעת נייר

שריפת נייר

1. האם קרעי הנייר שונים בתכונותיהם מהנייר המקורי?
2. האם האפר שנוצר כתוצאה משרפת הנייר שונה בתכונותיו מהנייר המקורי?
3. איזה מבין התהליכים הוא דוגמה לשינוי פיזיקלי? הסבירו את תשובתכם.

קריעת הנייר גרמה לשינוי בצורתו ובגודלו של הנייר, אך החומר שממנו עשוי הנייר לא השתנה. הנייר לא הפך לחומר אחר, לכן שינוי זה הוא דוגמה לשינוי פיזיקלי. לעומת זאת, שריפת הנייר גרמה לשינוי כימי, מאחר שנוצר חומר חדש בעל תכונות חדשות.

כל השינויים שבהם עסקנו ביחידה "מסע בין חומרים" וכן השינויים שנעסוק בהם ביחידה הנוכחית, הם **שינויים פיזיקליים**.

צפייה בסרט

צפו בסרטון שינויים בחומר המדגים את ההבדל בין שינוי פיזיקלי לבין שינוי כימי. במהלך הצפייה רשמו שתי דוגמאות לשינויים פיזיקליים ושתי דוגמאות לשינויים כימיים המתוארים בסרטון.

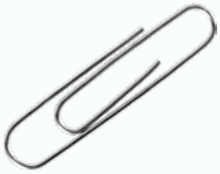
שאלות

1. לפניכם רשימת תהליכים שאותם אנו מכירים מחיי היום יום. מיינו תהליכים אלו לשינויים פיזיקליים ולשינויים כימיים:

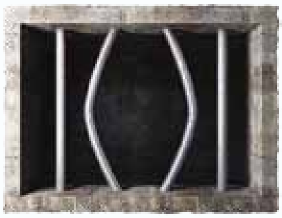
   שבירת כוס זכוכית, בעירת גפרור, התפוררות גוש אדמה, הדלקת נרות, התכה של גלידה, מעיכת גוש פלסטלינה, הקפאת מים, התאדות אצטון, אפיית עוגה, החלדה של ברזל.

   א. ארגנו את תוצאות המיון בטבלה מתאימה ותנו שם לטבלה.
   ב. מה המשותף לכל השינויים הפיזיקליים בטבלה?
   ג. מה המשותף לכל השינויים הכימיים?
2. האם כתישת מסמרי ברזל עד לקבלת אבקת ברזל היא שינוי כימי או שינוי פיזיקלי? הסבירו את תשובתכם.
3. בתמונות שלפניכם חפצים מתכתיים שונים שעברו כיפוף. האם כיפוף מתכת הוא שינוי כימי או שינוי פיזיקלי? נמקו את תשובתכם.

כף


אטב משרדי

קופסת שימורים


סורגים

שינוי פיזיקלי ושינוי כימי במים

שינוי במצב צבירה הוא דוגמה לשינוי פיזיקלי. כך, לדוגמה, אפשר להפוך מים במצב נוזל, לקרח או לאדי מים באמצעות קירור או חימום. פעולות אלו גורמות לשינוי מצב הצבירה של המים למוצק או לגז, אך אינן גורמות לשינוי בסוג החומר. קרח, מים נוזליים ואדי מים הם שלוש צורות של אותו החומר. בשלושת מצבי הצבירה החומר מים מורכב מאותם החלקיקים. שינוי מצב הצבירה גורם לשינוי בהיערכות החלקיקים, במרווחים ביניהם, בכוחות המשיכה שבין החלקיקים ובתנועה העצמית שלהם, אך סוג החלקיקים אינו משתנה. בעקבות שינוי כימי נוצר חומר חדש השונה בהרכבו מחומר המוצא. משמעות הדבר היא, שחלקיקי החומר החדש שונים מחלקיקי החומר שלפני השינוי. כך, לדוגמה, אפשר לגרום לשינוי כימי במים נוזליים: לפרק לגזים מימן וחמצן על-ידי העברת זרם חשמלי דרכם. המים הנוזליים המורכבים מחלקיקי חמצן וחלקיקי מימן מתפרקים, וכתוצאה מכך מתקבלים שני חומרים חדשים: גז החמצן וגז המימן.

1. מסמרים חלודים

2. אפיית עוגה ובעירת נרות

3. התכת קרח

4. התפוררות גוש אדמה

שאלות

1. תנו 3 דוגמאות לשינוי פיזיקלי ולשינוי כימי המתרחשים באותו חומר (אפשר להיעזר במקורות מידע). הסבירו בכל דוגמה, מדוע השינוי האחד הוא פיזיקלי, והשני הוא כימי.

ב. השפעת חימום וקירור על תנועת החלקיקים

בסעיפים הבאים נעסוק בהסברים הקשורים בשינויים פיזיקליים המתרחשים בחומר, תוך שימוש בידע שלנו על המבנה החלקיקי של החומר, למשל:

מה קורה לחומר בחימום או בקירור?

האם פעולות החימום או הקירור של חומר גורמות תמיד לשינוי בטמפרטורה?

האם פעולות החימום או הקירור של חומר משפיעות על תכונות נוספות של החומר כגון נפח החומר ומסתו?

האם חימום חומר וקירורו משפיעים על מצב הצבירה שלו?

כיצד אפשר להסביר את התשובות לשאלות אלו על-פי מודל החלקיקים של החומר?

פעולות החימום והקירור של חומר יכולות לגרום לשינוי/ים שונים בחומר, וביניהם: טמפרטורת החומר, נפח החומר, לחץ החומר, ומצב הצבירה של החומר.

פעילות

פעילות 1: השפעת חימום וקירור על פעפוע נוזלים

מטרת הפעילות: לבדוק מהי השפעה של חימום וקירור על מהירות הפיזור של צבע מאכל במים

ציוד וחומרים: מד טמפרטורה, כוס כימית ובה 30 סמ"ק מים בטמפרטורת החדר, כוס כימית ובה 30 סמ"ק מים חמים, כוס כימית ובה 30 סמ"ק מי קרח, תמיסת צבע מאכל, טפי.

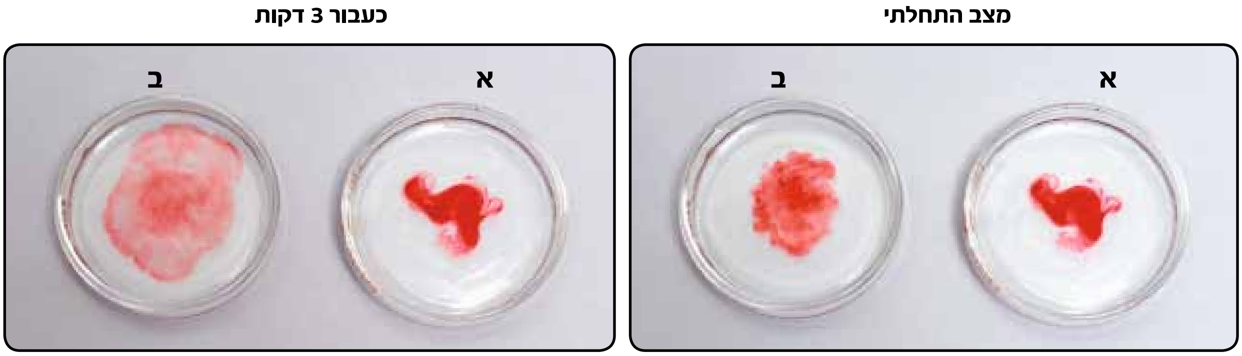
מהלך הפעילות

1. מדדו את הטמפרטורה בכל אחת מהכוסות הכימיות ורשמו במחברתכם את תוצאות המדידה.
2. טפטפו בזהירות 4-5 טיפות של תמיסת צבע מאכל לכל אחת מהכוסות והתבוננו במתרחש במשך 3-4 דקות.
   א. תארו במחברתכם את התופעה שמתרחשת בכוסות.
   ב. האם מהירות הפיזור של צבע המאכל במים זהה בשלוש הכוסות? מהי הסיבה לכך?

הטמפרטורה של החומר מבטאת את המהירות הממוצעת של חלקיקי החומר. בפעילות זו ראינו כי מהירות הפיזור של צבע מאכל במים גדולה יותר בטמפרטורה גבוהה מאשר בטמפרטורה נמוכה. מהו ההסבר לתופעה זאת? חימום הנוזל גורם לעלייה במהירות התנועה של חלקיקי הנוזל, ואילו קירורו גורם להקטנתה. בפעילות שערכנו החימום גרם לעלייה הן במהירות התנועה של חלקיקי המים, והן במהירות התנועה של חלקיקי צבע המאכל, וכתוצאה מכך עלתה מהירות הפיזור של צבע המאכל במים; ואילו הקירור גרם לירידה במהירות התנועה של חלקיקי המים ושל חלקיקי צבע המאכל, וכתוצאה מכך מהירות הפיזור של צבע המאכל במים קטנה. התנהגות זו מאפיינת פעפוע גם בנוזלים אחרים.

אפשר לסכם ולומר כי:

- ✓ כשהחומר מתחמם, מהירות התנועה של חלקיקי החומר גדלה.
- ✓ כשהחומר מתקרר, מהירות התנועה של חלקיקי החומר קטנה.
- ✓ ההגברה או ההפחתה במהירות תנועת החלקיקים גורמת להתחממות או להתקררות של החומר ובאה לידי ביטוי בעלייה או בירידה בטמפרטורת החומר במצב צבירה נתון.
- ✓ הפעפוע בנוזלים מושפע מטמפרטורת החומר. בטמפרטורה נמוכה מהירות תנועת החלקיקים קטנה וקצב הפעפוע איטי. ואילו בטמפרטורה גבוהה מהירות תנועת החלקיקים גדולה והפעפוע מהיר.



פיזור צבע מאכל במים בטמפרטורות שונות. צלחת א' - מים בטמפרטורת החדר. צלחת ב' - מים חמים

צפייה בסרט

להמחשת התופעה ניתן לצפות בסרטון תנועת הנוזל בטמפרטורות שונות.

שאלות

התמוססות של אבקת שוקו בחלב

1. לאור התצפית שערכתם, האם תוכלו להסביר, מדוע מהירות ההתמוססות של אבקת שוקו גבוהה יותר בחלב חם מאשר בחלב קר?
2. הסבירו כיצד טמפרטורת האוויר משפיעה על קצב הפעפוע של חומרי ריח שונים בסביבתנו.
3. במפעל המייצר גזים תעשייתיים שונים התרחשה דליפה מאחד המכלים. לאחר שהדליפה תוקנה, אמרה המהנדסת הראשית "למזלנו הרב היום יום קר. לו היום היה חם, מצבנו היה הרבה יותר חמור." הסבירו על מה מבססת המהנדסת את דבריה.
4. ביום חמישי 3 במאי 2012 הורגש בכל אזור השרון ריח גז חריף שגרם לבהלה בקרב התושבים. אתרו כתבת עיתונות העוסקת בנושא (ציינו את המקור). כתבו מה היה מזג האוויר ביום זה (טמפרטורה) והסבירו את השפעתו על התפשטות ריח הגז.

מידע והרחבה

סולמות וטמפרטורה

האפס המוחלט הוא הטמפרטורה הנמוכה ביותר שאליה חומר כלשהו יכול להגיע. הטמפרטורה מבטאת את מהירות התנועה של חלקיקי החומר, ולכן הטמפרטורה שבה תנועת החלקיקים נעצרת לגמרי היא האפס המוחלט. בשנת 1848 הוכיח המדען הבריטי לורד קלווין באופן תאורטי כי לא תיתכן טמפרטורה נמוכה מזאת.

למדידת טמפרטורה משמשות בעיקר שלוש מערכות של יחידות מידה מקובלות: מעלות לפי סולם צלזיוס, מעלות לפי סולם קלווין, ומעלות לפי סולם פרנהייט.

בסולם הטמפרטורה המשתמש ב**מעלות צלזיוס** נעשה שימוש בסימון °C, והן נקראות על-שם האסטרונום השבדי אנדרס צלזיוס. יחידת מידה זאת נקבעה על פי תכונות המים בגובה פני הים: 0°C היא נקודת ההתכה (שהיא שווה לנקודת הקיפאון) של המים, ו- 100°C היא נקודת הרתיחה של המים. הסולם מחולק באופן שווה בין שתי נקודות אלה. על פי סולם צלזיוס, טמפרטורת האפס המוחלט היא -273.15°C. מרבית מדינות העולם משתמשות בסולם צלזיוס לציון טמפרטורות הקשורות לטמפרטורת הגוף, מזג האוויר ועוד.

בסולם הטמפרטורה המשתמש ב**מעלות פרנהייט** נעשה שימוש בסימון °F, והן נקראות על-שם הפיזיקאי הגרמני דניאל גבריאל פרנהייט. על פי סולם פרנהייט, טמפרטורת האפס המוחלט היא -459.67°F. שיטה זאת נפוצה כיום בעיקר בבריטניה ובארצות הברית.

בסולם הטמפרטורה המשתמש ב**מעלות קלווין**, נעשה שימוש בסימון °K, והן נקראות על שם הפיזיקאי לורד קלווין. סולם קלווין מבוסס על סולם צלזיוס, אך מתחיל את מדידת הטמפרטורה באפס המוחלט, כלומר האפס המוחלט הוא 0°K. מאחר שהאפס המוחלט, על-פי סולם צלזיוס, הוא -273.15°C, נמצא שההפרש בין סולם קלווין לבין סולם צלזיוס הוא 273 מעלות צלזיוס. שימוש בסולם קלווין נעשה בעיקר לצרכים מדעיים.

למידע נוסף בנושא האפס המוחלט, צפו בסרטון האם יהיה אפשר להגיע אי פעם אל האפס המוחלט?

שאלות

1. הסבירו את המושג "האפס המוחלט".
2. מהי טמפרטורת האפס המוחלט על-פי כל אחד משלושת הסולמות?
3. האם תיתכן טמפרטורה נמוכה מהאפס המוחלט? הסבירו את תשובתכם.
4. לו יכולנו להסתכל באמצעות "משקפי הקסם" בחלקיקי המוצק בטמפרטורה של האפס המוחלט, האם היינו רואים את חלקיקי המוצק נעים?

ג. שינויי טמפרטורה ונפח

כיצד משפיעים תהליכי התחממות והתקררות של החומר על נפח החומר? בסדרת ההדגמות הבאה ננסה לקבל תשובה לשאלה זאת באמצעות ניסויים עם חומרים במצבי צבירה שונים, ולהסבירה באמצעות מודל החלקיקים של החומר.

השערות ונימוקים

בשיעורים הבאים נבצע ניסויים העוסקים בהשפעת חימום וקירור על נפח נוזל ונפח מוצק. לפני ביצועם של הניסויים נתבקש לשער מה יתרחש במהלך הניסויים ולהסביר את ההשערה על פי הידע הקודם שרכשנו. לאחר ביצוע הניסויים נבחן האם ההתרחשויות אכן תאמו את ההשערות שלנו. העלאת השערות, כמו גם שאילת שאלות הן חלק מרכזי של המחקר המדעי ופתרון הבעיות בטכנולוגיה.

מהי השערה? השערה מתייחסת לשאלה מה יקרה כתוצאה מפעולה מסוימת. במקרה של ניסוי מדעי ההשערה מתייחסת למה שעתיד לקרות כתוצאה מביצוע של אותו ניסוי.

בהבדל מניחוש, ההשערה מתבססת על ידע וניסיון קודמים שנרכשו על-ידי לימוד או מסתמכים על ניסויים. ההשערה היא בעצם טענה מסוימת וההסבר של ההשערה מורכב מנימוקים התומכים בהשערה. במדע טענות צריכות להיות נכונות מבחינה מדעית.

ניסוי

ניסוי 1: השפעת תהליכי חימום וקירור על נפח האוויר (גז)

מטרת הניסוי: לבדוק מה קורה לנפח אוויר בעקבות התחממות והתקררות האוויר

ציוד וחומרים: בקבוק זכוכית (בעל דופן עבה), בלון, אוויר, מבער, גפרורים, רשת חימום, חצובה, קערה ובה מים קרים.

מהלך הניסוי

1. חברו את פי הבלון לפיית בקבוק זכוכית (המכיל אוויר) והניחו את הבקבוק מעל המבער.
   א. שערו מה יקרה לנפח הבלון בעקבות החימום.
2. חממו את בקבוק הזכוכית ואת האוויר שבתוכו במשך 5 דקות.
   ב. תארו את המתרחש במהלך החימום.
   ג. האם חל שינוי בנפח הבלון? הסבירו מדוע.
   ד. שערו מה יקרה לבלון, אם נקרר את בקבוק הזכוכית ואת האוויר בתוכו.
3. העבירו בזהירות את בקבוק הזכוכית לתוך קערה ובה מים קרים.
   ה. האם חל שינוי בנפח הבלון בעקבות קירור האוויר שבבקבוק ובבלון? תארו את השינוי.
   ו. מה למדתם מניסוי זה?

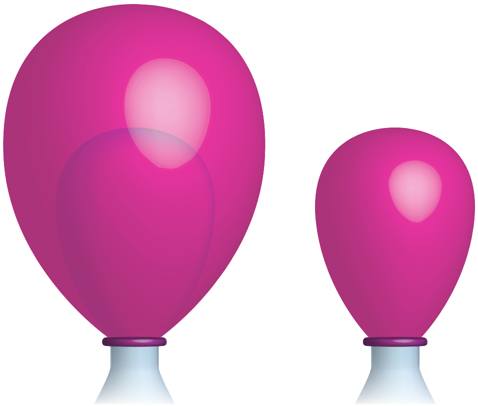
ז. הסבירו בעזרת מודל החלקיקים של החומר את השינוי בנפח האוויר בעקבות התחממותו והתקררותו. השתמשו בהסבר במילים: התקררות, התחממות, נפח, טמפרטורה, גז, חלקיקים, תנועה.

לפני החימום   לאחר החימום

השפעת חימום על נפח האוויר

התופעות שראינו בניסוי מוסברות על-ידי שינויים בנפח האוויר כתוצאה מהתחממותו או התקררותו. כתוצאה מההתחממות מהירות תנועתם של חלקיקי האוויר גדלה ולכן גדל מספר ההתנגשויות של חלקיקי האוויר, ביניהם לבין עצמם וביניהם לבין דופנות הכלי ודופנות הבלון בפרק זמן נתון. כתוצאה מכך נפח האוויר שבתוך הבלון הגמיש גדל.

כתוצאה מההתקררות מהירות תנועתם של חלקיקי האוויר קטנה, קיימות פחות התנגשויות, וכתוצאה מכך נפח האוויר שבבלון קטן.



איור 1: השפעת חימום על נפח האוויר

ניסוי

ניסוי 2: השפעת תהליכי חימום וקירור על נפח המים (נוזל)

מטרת הניסוי: לבדוק מה ההשפעה של חימום וקירור על נפח המים

ציוד וחומרים: מבחנה עם נוזל צבעוני, פקק למבחנה שדרכו עובר צינור זכוכית דק, כוס עם מים קרים, כוס עם מים חמים, טוש סימון.

מהלך הניסוי

1. מלאו את המבחנה בנוזל צבעוני עד סופה (רצוי מעל הכיור) כך שהנוזל ימלא את תחתית צינור הזכוכית. סגרו את המבחנה בפקק שדרכו עובר צינור זכוכית.
2. סמנו בעזרת טוש סימון את גובה הנוזל בצינור הזכוכית.

מערכת הניסוי: גזיה, מבחנה ובה נוזל צבעוני פקוקה בפקק שדרכו עובר צינור זכוכית

שערו האם החימום יגרום לשינוי בנפח המים?

נמקו את השערותיכם תוך התבססות על מודל החלקיקים וניסוי 1.

3. טבלו את המבחנה בכוס עם מים חמים.

צפו תארו במחברתכם את המתרחש.

נמקו האם השערתכם התאמתה? נמקו.

4. א. **שערו** מה יקרה אם נעביר את המבחנה למים קרים?
ב. **נמקו** במחברתכם את השערתכם.
ג. **צפו:** העבירו את המבחנה לכוס עם מים קרים ותארו את המתרחש.
ד. האם השערתכם התאמתה? **נמקו**.

5. הסבירו בעזרת מודל החלקיקים של החומר את השינוי בנפח המים בעקבות חימומם וקירורם. השתמשו בהסבר במילים: התקררות, התחממות, נפח, נוזל, חלקיקים, תנועה.

כתוצאה מההתחממות מהירות תנועתם של חלקיקי הנוזל גְדֵלה, קיימות יותר התנגשויות ביניהם, המרחק בין החלקיקים גדל וכתוצאה מכך נפח המים שבצינורית גדל ופני הנוזל עולים.
התקררות הנוזל מפחיתה את מהירות תנועתם של חלקיקי הנוזל, קיימות פחות התנגשויות ביניהם לבין עצמם, המרחק בין החלקיקים קטן וכתוצאה מכך נפח הנוזל שבצינורית קטֵן, ופני הנוזל יורדים.

המצאת מד הטמפרטורה (מדחום בלשון יומיום) שבו נוזל משמש למדידת הטמפרטורה, התבססה על ידע מדעי זה של הקשר בין התחממות או התקררות של נוזל לבין השינוי נפחו.

שאלות

בתמונות שלפניכם מופיעים זה בצד זה מד טמפרטורה נוזלי ובקבוק זכוכית עם נוזל הסגור בפקק שדרכו עובר צינור זכוכית דק.

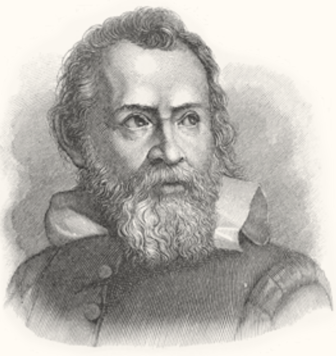
מד טמפרטורה נוזלי

בקבוק זכוכית עם נוזל סגור בפקק שדרכו עובר צינור זכוכית

1. במה דומה מד הטמפרטורה הנוזלי לבקבוק הסגור בפקק שדרכו עובר צינור זכוכית?
2. במה שונה מד הטמפרטורה הנוזלי מבקבוק הסגור בפקק שדרכו עובר צינור זכוכית?
3. מה חסר לבקבוק הסגור בפקק, כדי שנוכל להשתמש גם בו כמד טמפרטורה נוזלי?

מעניין ומסקרן

מד טמפרטורה נוזלי


גלילאו גליליי

את מד הטמפרטורה הנוזלי המציא גלילאו גליליי שחי בין השנים 1555-1642. גלילאו היה אחד מהמדענים הגדולים ביותר בכל ההיסטוריה של האנושות. הוא תרם רבות בתחומים שונים של המדע - הפיזיקה, האסטרונומיה והמתמטיקה. גלילאו היה, כנראה, הראשון שהבחין באפשרות להשתמש בבקבוק מלא בנוזל שעולה בצינור דק המחובר לבקבוק, לשם זיהוי הטמפרטורה היחסית של הנוזל. מד הטמפרטורה של גלילאו (בקבוק נוזל וצינורית) שופר ושוכלל במשך השנים. המתקן הוקטן עוד ועוד עד שקיבל את הגודל והצורה של מדי הטמפרטורה המקובלים כיום.

מד הטמפרטורה הנמצא כיום בשימוש ביתי מורכב מכלי זכוכית מוארך, בתוכו צינורית ובתחתיתה קצה מורחב המכיל נוזל. הקצה המורחב בא במגע ישיר עם הגוף הנמדד, ודרכו מתבצע מעבר חום מן הגוף הנמדד אל מד הטמפרטורה. כאשר הטמפרטורה של הקצה המורחב עולה, הנוזל שבתוכו מתחמם, נפחו גדל, והוא מתפשט ועולה בצינורית. הטמפרטורה נקראת על סולם הטמפרטורה הסמוך לצינורית, בהתאם למרחק שאליו התפשט הנוזל. קיימים שני סוגים עיקריים של מדי טמפרטורה נוזליים: מד טמפרטורה המכיל כספית נוזלית או מד טמפרטורה המכיל כוהל נוזלי שהומס בו חומר צבע.

כספית

מד טמפרטורה מבוסס כספית - הכספית נמצאת במצב צבירה נוזלי החל מטמפרטורה של 39°C- ועד 357°C, ולכן מאפשרת מדידת טווח רחב מאוד של טמפרטורות. מד טמפרטורה זה מסוכן בהישברו. כאשר מד טמפרטורה המכיל כספית נשבר, הכספית מתאגדת בצורת כדוריות הנראות לילדים כמאכל. הכספית רעילה מאוד ויכולה לגרום לנזקים שונים כגון כאבי בטן, פגיעה בשיניים ובמערכת העצבים.

מד טמפרטורה מבוסס כוהל - מד טמפרטורה זה מכיל כוהל הצבוע באדום או בכחול על מנת שיהיה אפשר להבחין בקלות בעליית הנוזל בצינורית. מד טמפרטורה זה מאפשר מדידת טמפרטורה החל מטמפרטורה של 115°C- ועד 78°C.

כיום שכיחים מדי טמפרטורה אלקטרוניים שבהם מופיעים מספרים המציינים ישירות את הטמפרטורה על צג קטן.

1. מד טמפרטורה רפואי, מכיל כספית.

2. מד טמפרטורה נוזלי המכיל כוהל צבעוני

3. מד טמפרטורה רפואי אלקטרוני

שאלות

1. התבוננו במד הטמפרטורה המופיע בתמונה 1. איזה חלק במד הטמפרטורה מושפע ביותר מהחום הנקלט מהסביבה? כיצד אפשר לבדוק זאת?
2. א. הסבירו מדוע משתמשים בצינורית דקה (ולא בצינורית עבה) בחלק המסומן בשנתות.
   ב. הסבירו מדוע הצינורית הדקה שבה עולה הנוזל מבודדת מהסביבה.
3. איזה מד טמפרטורה בטיחותי יותר: מד טמפרטורה המכיל כספית או מד טמפרטורה המכיל כוהל? נמקו את תשובתכם.
4. כתבו לפחות ארבעה שימושים במד טמפרטורה בתחומים שונים.

ניסוי

ניסוי 3: השפעת תהליכי חימום וקירור על נפח כדור מתכת (מוצק)

מטרת הניסוי: לבדוק מהי ההשפעה של חימום וקירור כדור מתכת (מוצק) על נפח הכדור

ציוד וחומרים: מבער, ערכה של כדור מתכת בקצה מוט, מוט עם טבעת מתכת המותאמת לגודל הכדור, קערה ובה מי קרח.

מהלך הניסוי

1. החזיקו באחת מידיכם את המוט המחובר לכדור המתכת, וביד השנייה את המוט המחובר לטבעת המתכת. נסו להעביר את הכדור דרך הטבעת. האם הצלחתם?

שערו האם לאחר חימום הכדור הוא יעבור דרך הטבעת?

נמקו את השערותיכם תוך התבססות על מודל החלקיקים וניסוי 2.

2. חממו בזהירות את כדור המתכת מעל המבער למשך כדקה. לאחר החימום נסו להעביר שוב את כדור המתכת דרך הטבעת.

צפו
תארו במחברתכם את המתרחש.

נמקו
האם השערתכם התאמתה? נמקו.

3. א. **שערו** האם לאחר קירור כדור המתכת במי קרח, הכדור יעבור דרך הטבעת?
ב. **נמקו** במחברתכם את ההשערה.
ג. **צפו**: קררו את כדור המתכת על-ידי טבילתו בכוס מים קרים ונסו להעביר את הכדור דרך הטבעת. תארו את המתרחש במחברתכם.
ד. האם השערתכם התאמתה? **נמקו**.

4. מה עדיף לעשות כדי שכדור המתכת יעבור דרך טבעת מאותה מתכת לאחר חימומו - לקרר את הכדור או לחמם את הטבעת? נמקו את תשובתכם.

5. הסבירו באמצעות מודל החלקיקים את השינוי בנפח כדור המתכת בעקבות התחממותו והתקררותו של הכדור.
אפשר לצפות בניסוי זה בסרטון חימום וקירור כדור מתכתי.

לפני חימום | חימום כדור המתכת | לאחר החימום

השפעת חימום על נפח כדור מתכת

התופעות שראינו בניסוי ובסרטון מוסברות על-ידי שינויים בנפח כדור המתכת כתוצאה מהתחממותו או התקררותו. במצב צבירה מוצק חלקיקי החומר קרובים זה לזה בשל כוחות המשיכה החזקים הקיימים ביניהם. כיצד, אם כן, אפשר להסביר את שינוי נפח הכדור כתוצאה מהתחממותו?

אנו יודעים שאופן התנועה של חלקיקי המוצק הוא תנועה תנודתית (תנועה במקום) והם אינם משנים את הסדר שלהם בצבר, ומסיבה זאת בטמפרטורה נתונה, נפחו של המוצק קבוע. חימום כדור המתכת מגדיל את מהירות התנודה של חלקיקי המוצק, מספר ההתנגשויות בין חלקיקי המוצק גדל, המרחק בין החלקיקים גדל וכתוצאה מכך הוא מתפשט במידה מסוימת, ונפחו גדל. מצב הפוך נוצר כתוצאה מקירור - הגורם להקטנת מהירות התנודה של החלקיקים, לירידה במספר ההתנגשויות בין החלקיקים, להקטנת המרחק בין החלקיקים וכתוצאה מכך נפח המוצק קטן.

משלושת הניסויים האחרונים ניתן ללמוד שתהליכי חימום וקירור משפיעים על נפח החומר. יש לציין כי שינוי בנפח החומר יכול להתרחש גם כתוצאה מהוספת חומר או מגריעת חומר (שינוי במסה). לו היינו מודדים את המסה של כל אחת ממערכות הניסוי (הבקבוק והבלון, הבקבוק וצינור הזכוכית, הכדור והטבעת) לפני ואחרי החימום או הקירור היינו מגלים שמסת המערכת לא השתנתה. כלומר, בניסויים אלו, השינוי בנפח נגרם כתוצאה מתהליכי חימום וקירור ולא משינוי במסה.

שאלות

1. באיזה מבין שלושת מצבי הצבירה השינוי בנפח היה הגדול ביותר? באיזה מהם השינוי בנפח היה הקטן ביותר? כיצד אפשר להסביר עובדה זאת באמצעות מודל החלקיקים?
2. העתיקו את הטבלה למחברתכם והשלימו את הנתונים במקום המתאים:

טבלה 1: השפעת חימום וקירור על תכונות החומר

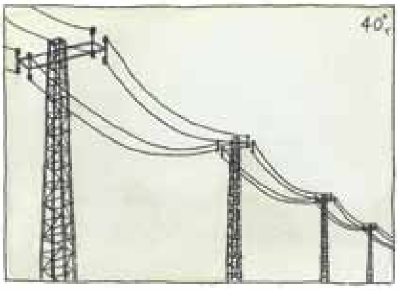
תכונה/תופעה	שינויים באמצעות חימום וקירור					
	מוצק		נוזל		גז	
	השתנה (גדל/קטן)	לא השתנה	השתנה (גדל/קטן)	לא השתנה	השתנה (גדל/קטן)	לא השתנה
נפח החומר						
גודל החלקיקים						
מספר החלקיקים (מסה)						
המרחק בין החלקיקים						
כוחות המשיכה בין החלקיקים						
מהירות התנועה של החלקיקים						

לדוגמה

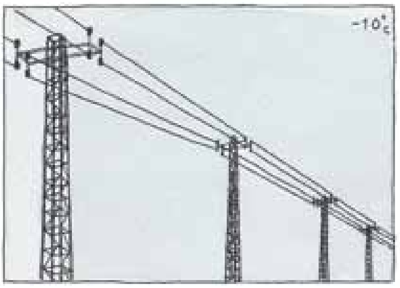
התפשטות תרמית - התפשטות החומר כתוצאה מהתחממותו

לחוטי החשמל המקשרים בין עמודי החשמל ברחובות מראה שונה בחורף ובקיץ. בחורף חוטי החשמל נראים מתוחים, ואילו בקיץ חוטי החשמל נראים רפויים וארוכים יותר. תופעה זו נגרמת כתוצאה מהתפשטות תרמית המכונה בעברית גם התפשטות חומנית, והיא נגרמת עקב התחממות החומר.

התפשטות תרמית - שינוי בנפח המוצק כתוצאה מחימומו



איור 2: חוטי חשמל רפויים בקיץ



איור 3: חוטי חשמל מתוחים בחורף

למדנו שמוצק מתפשט (נפחו גדל) כתוצאה מהתחממות ומתכווץ (נפחו קטן) כתוצאה מהתקררות. בקיץ טמפרטורת האוויר גבוהה. כתוצאה מכך מהירות ומספר התנודות של חלקיקי חוטי החשמל גדלים. כשהתנודות מתחזקות, החלקיקים מתרחקים מעט מאוד זה מזה, ועל כן נפחם של חוטי החשמל גדל, והם מתארכים. לעומת זאת, בחורף טמפרטורת האוויר יורדת, מהירות ומספר התנודות של חלקיקי חוט החשמל קטנים, החלקיקים מתקרבים זה לזה, וכתוצאה מכך חוטי החשמל מתקצרים.

להתפשטות התרמית חשיבות ראשונה במעלה בכל תחומי הייצור. כאשר מתכננים מוצרים, יש להתחשב בהתפשטות התרמית של החומר במוצרים החשופים לשינויי טמפרטורה קיצוניים.

להלן מספר דוגמאות:

בניית מסילות רכבת - כאשר מניחים מסילת רכבת לא מצמידים את קורות המתכת של המסילה זו לזו אלא משאירים רווח בין קורה לקורה. בזמן הנסיעה עוברים גלגלי הרכבת מקורה אחת לאחרת, ובעת המעבר נשמע קול דפיקה אופייני "טק-טק" הנובע מפגיעת הגלגל בקצה הקורה. אם הרווח בין הקורות אינו גדול דיו, הרי שבמקומות שבהם שוררים הבדלי טמפרטורה גדולים בין החורף לבין הקיץ (למשל באזור מדברי), הקורות תתחממנה, תתפשטנה, תדחפנה זו את זו, והמסילה תתעקם.

רווח בין קורות רכבת

גשרים - התבוננות מקרוב במבנה של גשרים מראה שהגשר בדרך כלל מחולק לשני חלקים או יותר שביניהם יש גומי גמיש או משטחי מתכת. מבנה זה מאפשר התפשטות של הגשר בקיץ והתכווצות בחורף מבלי שהגשר ישבר.

בניית שלד של בית - לברזל ולבטון, המשמשים לבניית קירות בתים, דרגת התפשטות דומה מאוד. מכאן נובע ששני החומרים מתנהגים בצורה דומה כאשר הם נחשפים לשינויי טמפרטורה. מצב זה מונע היווצרות של סדקים בקירות.

שאלות

1. עובדי חברת החשמל התקינו עמודי חשמל בקיץ ותלו עליהם את חוטי החשמל. תארו מה היה קורה לחוטים בחורף, כאשר הטמפרטורה בחוץ יורדת, לו העובדים היו מותחים אותם באופן מרבי (כפי שהם נראים באיור 3)?
2. האיור שלפניכם מתאר את מידת ההתפשטות התרמית של חומרים שונים באותה טמפרטורה.

התפשטות תרמית נמוכה ← → התפשטות תרמית גבוהה

זכוכית	ברזל	זהב	נחושת	אבץ	אלומיניום

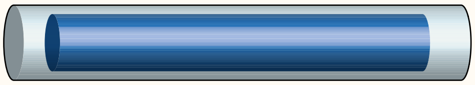
איור 4: התפשטות תרמית של חומרים שונים

השוני במידת התפשטותם של חומרים שונים קשור בעוצמת כוחות המשיכה בין חלקיקי החומר. היכן לדעתכם כוחות המשיכה חזקים יותר: בין חלקיקי הזכוכית או בין חלקיקי האלומיניום? הסבירו את תשובתכם.

מידע והרחבה

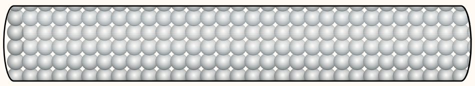
התפשטות אורכית

כאשר מחממים גוף בעל צורה אורכית, למשל מוט מתכתי, אפשר להבחין שנפחו של הגוף גדל בצורה בולטת יותר בממד האורך. התפשטות בממד האורך נקראת התפשטות אורכית.



איור 5: התפשטות החומר לאורך הגוף ולרוחבו (הרקע הבהיר הוא גידול בנפח המוט כתוצאה מחימום).

בגוף בעל צורה אורכית מרבית חלקיקי החומר ערוכים לאורך הגוף. לכן התפשטות הגוף לאורכו ניכרת לעין יותר מאשר התפשטותו לרוחבו. נוכל לתאר זאת על-ידי תרשים של המבנה החלקיקי של מוט מתכתי המתקבל באמצעות "משקפי הקסם":



איור 6: התבוננות במשקפי הקסם על המבנה החלקיקי של מוט מתכת.

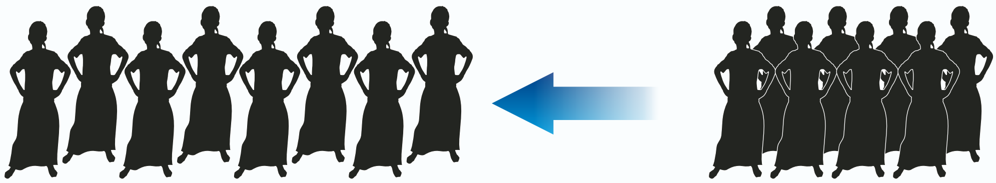
כתוצאה מחימום המוט שבאיור, המרחק הממוצע בין החלקיקים גדל מעט. הגידול באורך המוט יהיה שווה למכפלה של תוספת המרחק במספר המרווחים שבין החלקיקים. מכיוון שלאורך המוט יש יותר חלקיקים (וגם רווחים) מאשר לרוחבו, תהיה ההתפשטות בממד האורך (התפשטות אורכית) גדולה בהרבה מאשר ההתפשטות בממד הרוחב (התפשטות רוחבית).

צפייה בסרט

בסרטון התפשטות אורכית מוצג ניסוי הממחיש התפשטות אורכית.

שאלות

1. האיור הבא ממחיש את הסיבה להבדלים במידת ההתפשטות של ממד האורך בהשוואה לממד הרוחב:



לפני החימום — אחרי החימום

נְדַמֶּה **שטור הבנות** מייצג את המוט, ושכל **בת** מייצגת חלקיק אחד מהחומר שממנו בנוי המוט. בהתאם להדמיה זו, ענו על השאלות הבאות:

א. היכן יש יותר בנות - לאורך הטור או לרוחבו?

ב. היכן השינוי בממדי הטור בולט יותר לעין - לאורך הטור או לרוחבו?

ג. נניח שהמרחק בין כל שתי בנות, באורך וברוחב, גדל ב- 1 מטר. מה יהיה הגידול באורך הטור? מה יהיה הגידול ברוחבו?

2. השו בין מוט המתכת לבין קבוצת הבנות המייצגת את חלקיקי החומר במוט. ציינו את הצמדים המתאימים (לדוגמה: 1=ג)

מוט המתכת	**קבוצת הבנות**
1. מספר חלקיקי המתכת	א. המרחק בין הבנות
2. אורך המוט	ב. רוחב הטור
3. עובי המוט	ג. מספר הבנות
4. המרחק בין חלקיקי המתכת	ד. אורך הטור

3. רשמו ליד כל אחד מהמשפטים הבאים למי הוא מתאים: לקבוצת הבנות או למוט המתכת.

א. ברווח שביניהם קיים ריק.

ב. ברווח שביניהם מצוי אוויר.

ג. מספרם קטן.

ד. מספרם גדול מאוד.

ה. הגידול במרחק ביניהם הוא תוצאה של תנודות חזקות.

ו. הגידול במרחק ביניהם הוא תוצאה של מעבר ממקום למקום.

לסיכום

התחממות או התקררות של החומר בכל אחד ממצבי הצבירה שלו גורמות לשינוי בנפח החומר. התחממות תגרום להגדלת נפח החומר, והתקררות תגרום להקטנת נפח החומר.

ד. שינויי לחץ במצב הגזי: מהו הלחץ?

למדנו שהתחממות של חומר גורמת לעלייה במהירות התנועה של חלקיקי החומר. שערו מה יקרה אם נחמם חומר במצב צבירה גז בכלי סגור? נשתמש שוב במכונת הכדורים המדמה מה קורה ברמת החלקיקים, על מנת להבין מה קורה לחלקיקי הגז.

הדגמה

הדגמה 1: מי לוחץ?

מטרת ההדגמה: ללמוד מה קורה לחלקיקי הגז בעקבות חימום הגז

ציוד וחומרים: מכונת כדורים, שלוש סוללות, עט סימון.

מהלך ההדגמה

1. הכניסו את הכדורים לתוך הגליל והניחו עליהם את דסקית הקלקר. חברו את מכונת הכדורים לסוללה אחת והפעילו את המנוע.
   - א. מה קורה לכדורים ולדסקית הקלקר? מדוע?
   - ב. סמנו על פני הגליל את הגובה המרבי שאליו מגיעה הדסקית הקלקר.
   - ג. שערו מה יקרה לכדורים ולדסקית הקלקר, אם נגביר את פעולת המנוע על-ידי חיבור לשתי סוללות?
2. הגבירו את פעולת המנוע של מכונת הכדורים באמצעות חיבור המכונה לסוללה נוספת.
   - ד. האם ההשערה שהעליתם בתשובתכם לשאלה ג' התאמתה?
   - ה. סמנו על פני הגליל את הגובה המרבי שאליו מגיעה דסקית הקלקר.
   - ו. הוסיפו סוללה שלישית למערכת והפעילו את מכונת הכדורים.
   - ז. האם הגובה שאליו הגיעה דסקית הקלקר גבוה יותר מהגובה שאליו הגיעה בשתי המדידות הקודמות?
   - ח. הסבירו את השינוי בגובה דסקית הקלקר בעקבות הגברת פעילות המנוע.

מכונת הכדורים

שאלות

מכונת הכדורים משמשת לנו מודל לתנועת החלקיקים במצב הגזי בעקבות חימום של גז בכלי סגור.

1. מה מייצגים הכדורים במכונת הכדורים?
2. מה מייצגת הוספת הסוללות?
3. מה מייצג השינוי בגובה דסקית הקלקר?

התחממות הגז גורמת להגדלת מהירות התנועה העצמית של החלקיקים ולעלייה במספר ההתנגשויות של החלקיקים (זה בזה ובדופנות הכלי) ביחידת שטח בזמן נתון. בשפה המדעית נהוג לומר כי ה**לחץ** שמפעילים חלקיקי הגז על דופנות הכלי גדל.

לחץ של גז תלוי במהירות חלקיקי הגז ובמספר ההתנגשויות שלהם בפרק זמן נתון ליחידת שטח.

בהמשך לימודי מדע וטכנולוגיה נעסוק ביתר הרחבה במושג לחץ.

מעניין ומסקרן

לחץ אטמוספרי

לחץ אטמוספרי הוא הכוח שמפעיל האוויר הנמצא מעל מקום מסוים על יחידת שטח. לחץ האוויר אינו קבוע, הוא משתנה בהתאם לגובה המקום שבו מתבצעת המדידה; בגובה פני הים הלחץ האטמוספרי הוא 1 אטמוספרה (1 ק"ג לכל סמ"ר). במקומות הגבוהים מגובה פני הים לחץ האוויר קטן יותר מזה שעל פני הים. לעומת זאת, במקומות נמוכים לחץ האוויר גדול יותר. ככל ששכבת האוויר עבה יותר - הלחץ גדול יותר.

אפשר לחוש את השינוי בלחץ האוויר, כאשר נוסעים ממקום גבוה למקום נמוך וההפך. בנסיעה לכיוון ים המלח, המקום הנמוך ביותר בעולם, אנו מרגישים לחץ באוזניים. תופעה זאת נובעת מהפרש הלחצים בין לחץ האוויר החיצוני הגבוה לבין לחץ האוויר הנמוך יותר שבתוך האוזן. לוויסות לחצים אלה מומלץ ללעוס מסטיק או למצוץ סוכריה, פעולות הגורמות להשוואת הלחצים. לחץ גבוה על האוזניים מורגש גם בזמן הנחיתה בטיסות.

שלט הכוונה לים המלח - המקום הנמוך ביותר בעולם

בפסגת ההר שכבת האטמוספרה דקה ולכן לחץ האוויר נמוך, בגובה פני הים שכבת האטמוספרה עבה ולכן לחץ האוויר שם גבוה.

שאלות

כיום קיימים אטמי אוזניים מיוחדים לוויסות לחץ באוזניים, ובהם אפשר להשתמש בזמן טיסה.

1. חפשו בבתי המרקחת או במקורות באינטרנט מידע על אטמי אוזניים אלה: כיצד הם בנויים? (צרפו תמונה), הסבירו כיצד משפיע מבנה אטמי האוזניים על ויסות הלחץ.

הניסוי הבא שנבצע הוא אחד מהניסויים הראשונים שביצענו ביריד התופעות, ביחידה הקודמת "מסע בין חומרים". בשלב זה של לימודינו, נבחן שנית את התופעה, נבין את ההסברים המדעיים ונענה על השאלות שנותרו ללא תשובה.

ניסוי

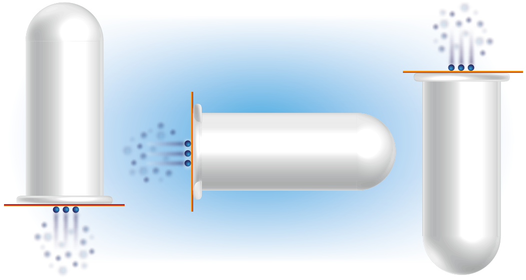
ניסוי 4: האם האוויר מפעיל לחץ בכל הכיוונים?

מטרת הניסוי: לבדוק האם האוויר מפעיל לחץ בכל הכיוונים

ציוד וחומרים: מבחנה, ריבוע קטן של שקף, מים.

מהלך הניסוי

1. מלאו את המבחנה במים עד סופה. החזיקו את המבחנה בידיכם. הניחו את פיסת השקף על פתח המבחנה.
   א. שערו מה יקרה, אם נהפוך את המבחנה?
   ב. נמקו את השערתיכם.
2. הפכו את המבחנה תוך כדי הנחת האצבע על השקף. הסירו את האצבע מהשקף.
   ג. האם ההשערה שלכם התאמתה?
   ד. גוף המים שבמבחנה דוחף את השקף כלפי מטה. מה, אם כן, מחזיק את השקף במקומו ומונע ממנו ליפול?
3. סובבו בזהירות ובאטיות את המבחנה סביב עצמה עד לביצוע סיבוב שלם.
   ה. האם המים נשפכו? הסבירו מדוע?
   ו. מה אפשר ללמוד מניסוי זה על הלחץ שמפעיל האוויר?



איור 7: האוויר מפעיל לחץ בכל הכיוונים

חלקיקי האוויר נעים בתנועה מתמדת בכל הכיוונים ומתנגשים בשקף. חלקיק בודד המתנגש ומכה בשקף מפעיל כוח כה זעיר, שאין כל אפשרות למדוד אותו ישירות, אך חלקיקים רבים המתנגשים בו-זמנית בשקף, יוצרים יחד כוח די גדול המפעיל כוח נגדי על השקף כלפי מעלה ומונע מהשקף ליפול.

ז. דוד טען שאפשר לערוך את הניסוי עם מבחנה שבה יש מעט מים, אך אי אפשר לערכו עם כוס מלאה מים. האם לדעתכם דוד צודק? אתם מוזמנים לבדוק את טענתו של דוד בבית. מומלץ לערוך את הניסוי מעל הכיור.

צפייה בסרט

צפו בסרטון לחץ האוויר וענו על השאלות הבאות:

1. מדוע לא נשפכו המים מהכוס ההפוכה?
2. מה גרם בסופו של דבר למים להישפך מהכוס? הסבירו את תשובתכם.

ה. עוד על המצב הגזי

הקשר בין לחץ, נפח, טמפרטורה ומספר החלקיקים

במצב צבירה גזי של כל חומר אפשר למדוד את המאפיינים הבאים: טמפרטורה, לחץ, נפח ומסה. ארבעת המאפיינים קשורים זה לזה ומשפיעים זה על זה.

בניסויים ובפעילויות הבאים נעסוק במדידות של מאפיינים אלו, אך נקפיד תמיד לשנות משתנה אחד בלבד ונבדוק כיצד שינוי זה משפיע על משתנה אחר.

השפעת חימום על לחץ הגז

ניסוי

ניסוי 5: חימום אוויר בכלי בעל נפח קבוע

מטרת הניסוי: לבדוק כיצד משפיע חימום אוויר על לחץ האוויר בכלי בעל נפח קבוע

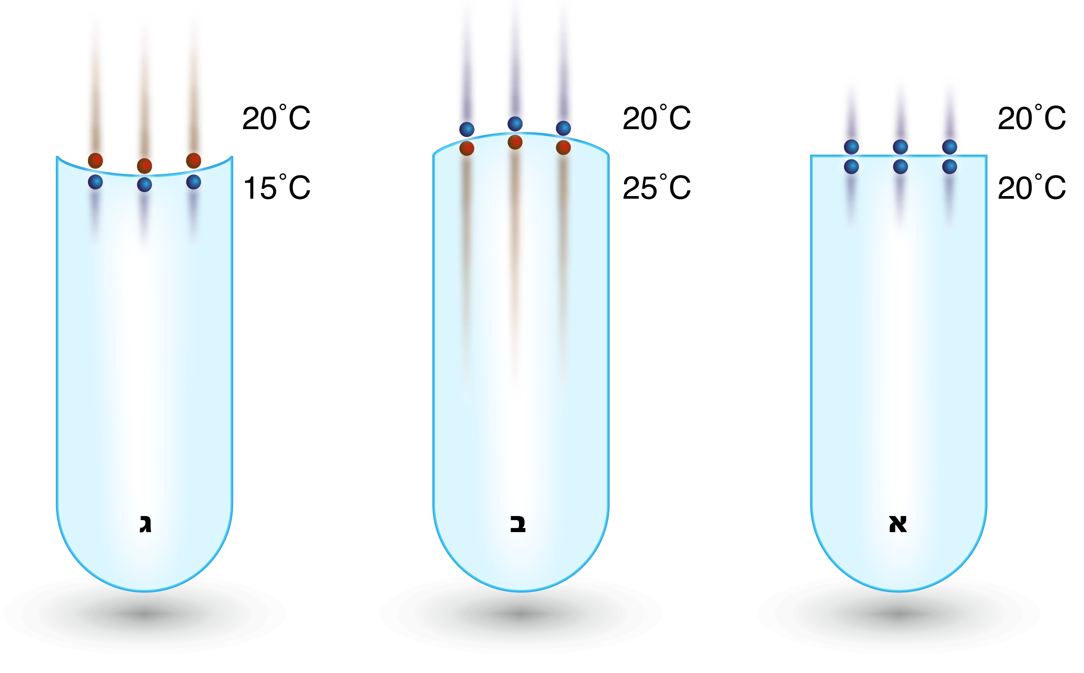
ציוד וחומרים: מבחנה, מעמד למבחנות, קערה ובה מי סבון, קערה עם מי קרח, קערה ובה מים חמים.

מהלך הניסוי

1. החזיקו הפוך את המבחנה, כך שפיה מופנה כלפי מטה, וטבלו בעדינות את פי המבחנה במי סבון. הוציאו את המבחנה והעמידו אותה בכן המבחנות. על פני המבחנה התקבל קרום סבון (אם הקרום נקרע, טבלו שנית את המבחנה בתוך מי הסבון). זהו המצב ההתחלתי.
   א. ציירו במחברתכם את המבחנה עם קרום הסבון במצב ההתחלתי.
   ב. שערו מה יקרה לצורתו של קרום הסבון בעקבות הכנסת המבחנה לכלי ובו מים חמים.
2. טבלו את המבחנה בזהירות במים חמים למשך 30 שניות.
   ג. תארו מה קרה לקרום הסבון.
   ד. ציירו במחברתכם את המבחנה עם קרום הסבון לאחר החימום.
   ה. מה קרה למהירות חלקיקי האוויר **בתוך** המבחנה בעקבות התחממות האוויר?
   ו. הסבירו באמצעות מודל החלקיקים, מדוע השתנתה צורתו של קרום הסבון? התייחסו בהסברכם למושג לחץ.
3. טבלו את המבחנה במי קרח למשך 30 שניות.
   ז. תארו מה קרה לקרום הסבון.
   ח. ציירו במחברתכם את המבחנה עם קרום הסבון לאחר הקירור.
   ט. מה קרה למהירות חלקיקי האוויר **בתוך** המבחנה בעקבות התקררות האוויר?
   י. הסבירו באמצעות מודל החלקיקים, מדוע השתנתה צורתו של קרום הסבון? התייחסו בהסברכם למושג לחץ.
   יא. האם מסת האוויר בתוך המבחנה בשלושת המצבים השונים שווה או שונה? נמקו את תשובתכם.

ראינו כי בזמן התחממות והתקררות האוויר שבמבחנה צורתו של קרום הסבון השתנתה: במצב ההתחלתי היה קרום הסבון אופקי, לאחר חימום הקרום התקמר, ולאחר קירור הקרום התקער. נסביר תופעה זאת תוך שימוש במושג **לחץ גז** או **לחץ אוויר**. במצב ההתחלתי האוויר שבתוך ומחוץ למבחנה היה באותה הטמפרטורה, מהירות תנועת החלקיקים בתוך ומחוץ למבחנה הייתה זהה, ובהתאם, האוויר הפעיל לחץ שווה על קרום הסבון משני צדיו (ראו איור 8א). התחממות האוויר **שבתוך המבחנה** גרמה לחלקיקי האוויר **בתוך** המבחנה לנוע במהירות רבה יותר וכתוצאה מכך גדל מספר ההתנגשויות ונוצר לחץ אוויר גבוה בתוך המבחנה בהשוואה ללחץ האוויר מחוץ למבחנה (ראו איור 8ב). כתוצאה מכך קרום הסבון התקמר. **שימו לב** - חלקיק בודד אינו יכול להפעיל לחץ משמעותי על הקרום ולגרום לתזוזתו, אך חלקיקים רבים "המכים" על הקרום יוצרים כוח די גדול, שהשפעתו ניתנת לצפייה ולמדידה.
הערה - ברגע מסוים לחץ האוויר בתוך המבחנה גרם להתקמרות קרום הסבון, וכתוצאה מכך הנפח השתנה (גדל). השמירה על מאפיינים קבועים נכונה רק עד להתחלת התקמרות קרום הסבון.

מדוע התקער קרום הסבון בעקבות קירור האוויר שבמבחנה? התקררות האוויר **שבתוך המבחנה** גרמה לחלקיקי האוויר **בתוך** המבחנה לנוע במהירות איטית יותר, מספר ההתנגשויות קטן, וכתוצאה מכך קטן לחץ האוויר בתוך המבחנה בהשוואה ללחץ האוויר מחוץ למבחנה, וקרום הסבון התקער (ראו איור 8ג).



איור 8: שינוי בצורתו של קרום הסבון בעקבות חימום וקירור האוויר שבמבחנה

שאלות

1. קרום הסבון הנמצא על פי המבחנה נמצא במגע עם האוויר משני צדיו: בצדו החיצוני - עם האוויר שמחוץ למבחנה, ובצדו הפנימי - עם האוויר שבתוך המבחנה. הקיפו את המילה הנכונה כך שיתקבל משפט המתאר בצורה נכונה את המצב.
   א. **במצב ההתחלתי:** מהירות חלקיקי האוויר **בתוך** המבחנה **גדולה מ/קטנה מ/שווה ל** מהירות חלקיקי האוויר מחוץ למבחנה.
   ב. **לאחר חימום האוויר שבמבחנה:** מהירות חלקיקי האוויר **בתוך** המבחנה **גדולה מ/קטנה מ/שווה ל** מהירות חלקיקי האוויר מחוץ למבחנה.
   ג. **לאחר קירור האוויר שבמבחנה:** מהירות חלקיקי האוויר **בתוך** המבחנה **גדולה מ/קטנה מ/שווה ל** מהירות חלקיקי האוויר מחוץ למבחנה.
2. הסבירו את התופעות הבאות בעזרת מודל החלקיקים:
   א. נפחו של בלון מנופח המוכנס למים חמים גדל.
   ב. בלון מנופח מאוד המוכנס למים חמים מתפוצץ.
3. בארצות חמות מומלץ למלא בקיץ את הצמיגים בכמות קטנה יותר של אוויר מזו שממלאים בחורף. מדוע?

דיון

שלושה תלמידים הציעו הסברים להתרחשות בעקבות התחממות האוויר במבחנה. קראו את טיעוניהם של התלמידים וענו על השאלות:

טיעונו של תמיר: "לדעתי, לחלקיקי האוויר היה צפוף, והם השתדלו להתרחק אלה מאלה, אז הם דחפו את דופנות המבחנה, כדי שהם יהיו פחות צפופים. את הדפנות הם לא הצליחו לדחוף, בגלל שהן מחוברות, אבל את קרום הסבון שלא מחובר, הם הצליחו לדחוף." מה אינו נכון בטיעונו של תמיר?

טיעונה של שי: "ההתחממות מגדילה את מהירות התנועה של החלקיקים ומעלה את הטמפרטורה של כל חלקיק, לכן הנפח גדל, וקרום הסבון נע כלפי מעלה". מה בטיעון של שי אינו מדויק מבחינה מדעית?

טיעונה של מיכל: "הקרום נע למעלה כי החלקיקים התחממו, וידוע כי אוויר חם עולה למעלה." מה תענו למיכל, וכיצד תוכיחו לה שטענתה אינה מדויקת?

מידע והרחבה

הפרשי לחצים

בניסוי קרום הסבון ראינו שכתוצאה מפעולות החימום או הקירור נוצרו הפרשי לחצים בין לחץ האוויר מחוץ ובתוך המבחנה. אפשר לגרום להפרשי לחצים גם באמצעות יצירת ריק (ואקום). כאשר יוצרים ואקום בכלי (על-ידי שאיבת האוויר באמצעות משאבת ואקום) לחץ האוויר בתוכו נמוך מאוד בהשוואה ללחץ האוויר שמחוץ לכלי.

צפייה בסרט

הסרטונים הבאים מציגים תופעות מעניינות הנובעות מהפרשי לחצים ויצירת ריק (ואקום).

צפו באחד מהסרטים לפי בחירתכם או בהתאם להנחיות המורה והסבירו את התופעות בעזרת מודל החלקיקים והפרשי לחצים.

שואבים אבק בכיתה

החבית המתכווצת

תעלומת הביצה

לסיכום

כאשר נפח הגז ומספר חלקיקי הגז נשארים קבועים, התחממות או התקררות גורמות לשינוי בלחץ הגז.

בהמשך הפרק נבדוק אם אפשר לשנות את לחץ הגז בדרכים נוספות מלבד חימום וקירור.

השפעת שינוי הנפח על לחץ הגז

ניסוי

ניסוי 6: מה יקרה ללחץ האוויר בשינוי נפח?

מטרת הניסוי: לבדוק האם שינוי בנפח האוויר משפיע על לחץ אוויר בכלי

ציוד וחומרים: מזרק של 100 סמ"ק , מד לחץ, צינורית.

מהלך הניסוי

1. הכינו במחברתכם טבלה כדוגמת הטבלה הבאה.

טבלה 2: ______________________________

נפח האוויר במזרק בסמ"ק	לחץ האוויר באטמוספרות
40	
30	
20	
10	
5	

לדוגמה

2. משכו את בוכנת המזרק עד ל- 40 סמ"ק וחברו לפתח המזרק מד לחץ אוויר באמצעות צינורית.
3. לחצו על בוכנת המזרק והקטינו את נפח האוויר שבמזרק ל- 20 סמ"ק. רשמו בטבלה במקום המתאים את לחץ האוויר בנפח זה.
4. הקטינו והגדילו את נפח האוויר במזרק בהתאם לנפחים המופיעים בטבלה ורשמו את הלחץ שמדדתם בכל אחד מהנפחים.
5. רשמו כותרת לטבלה.

תחילת הניסוי

לאחר הקטנת הנפח

שינוי לחץ האוויר במזרק כתוצאה משינוי בנפח

שאלות

1. האם במהלך הניסוי חל שינוי בטמפרטורת האוויר שבמזרק?
2. התבוננו בנתונים המופיעים בטבלה ונסחו מסקנה המתארת את הקשר בין נפח האוויר לבין לחצו.
3. האם חל שינוי במספר חלקיקי האוויר שבמערכת (המזרק והצינורית)? נמקו.
4. האם חל שינוי במספר ההתנגשויות ליחידת שטח של חלקיקי האוויר שבתוך המזרק זה בזה ובדפנות המזרק? מדוע?
5. הסבירו בעזרת מודל החלקיקים של החומר את השינוי בלחץ האוויר ליחידת שטח בעקבות השינוי בנפח. השתמשו בהסבר במילים: לחץ, נפח, מספר התנגשויות.

מדידת לחץ אוויר בצמיג מכונית

לסיכום

הקטנת נפח הגז בכלי גורמת להגדלת הלחץ, בתנאי שהטמפרטורה ומספר החלקיקים (מסה) נשארים קבועים.
הקטנת הנפח גורמת לחלקיקים להיות צפופים יותר, וכתוצאה מכך מספר ההתנגשויות של חלקיקי הגז זה בזה ובדפנות בפרק זמן נתון גדל, והלחץ גדל.
הגדלת נפח הגז גורמת להקטנת הלחץ, בתנאי שהטמפרטורה ומספר החלקיקים (מסה) נשארים קבועים.
בהגדלת הנפח החלקיקים פחות צפופים, וכתוצאה מכך מספר ההתנגשויות קטן יותר, והלחץ קטן.

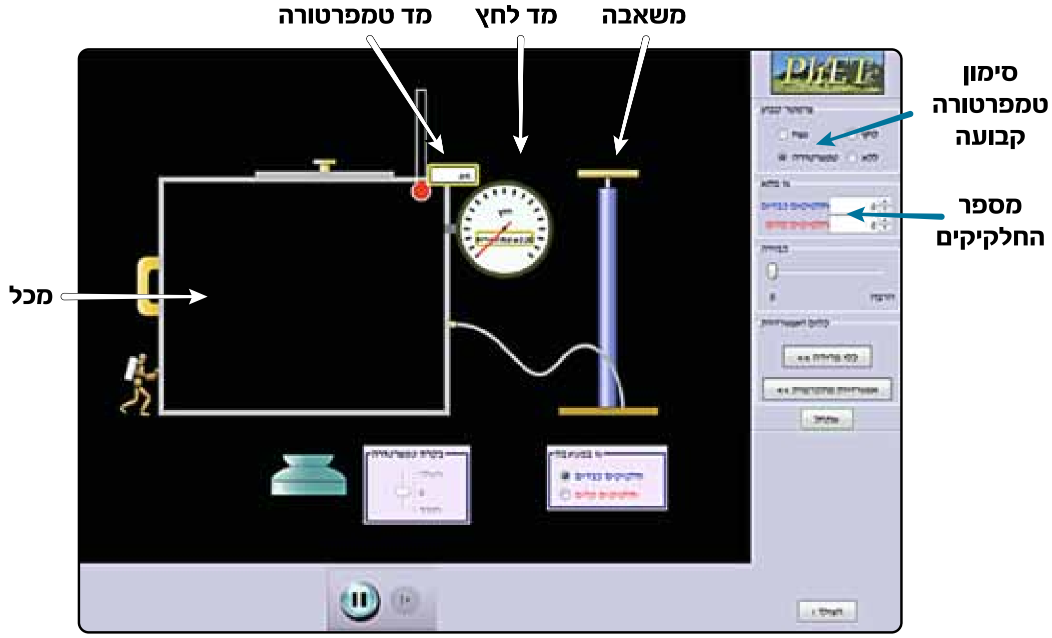
השפעת שינוי המסה על לחץ הגז

פעילות ברשת

הדמיה: מאפייני הגז

היכנסו לקישור מאפייני הגז. בקישור זה תמצאו הדמיה המאפשרת לבחון את התנהגות חלקיקי הגז במצבים שונים.
בהדמיה אפשר להבחין במכל מרובע שנפחו קבוע, שאליו אפשר להכניס חלקיקי גז באמצעות לחיצה על בוכנת המשאבה

כלפי מטה. **בכל שלבי ההדמיה יש לוודא שהטמפרטורה קבועה באמצעות סימון הטמפרטורה** (ראו איור).



1. הכינו במחברתכם טבלה כדוגמת הטבלה הבאה:

טבלה 3: ______________________________

מספר החלקיקים במכל (מסה)	לחץ	טמפרטורה
0		

לדוגמה

א. הוסיפו כותרת לטבלה.

2. התבוננו במד הלחץ ורשמו בטבלה מהי הקריאה של מד הלחץ במכל לפני תחילת הניסוי.
3. התבוננו במד הטמפרטורה ורשמו בטבלה מהי הקריאה של מד הטמפרטורה לפני תחילת הניסוי.
4. עמדו עם העכבר על בוכנת המשאבה עד להופעת חץ אנכי דו-כיווני. לחצו על הלחצן השמאלי של העכבר תוך גרירת בוכנת המשאבה כלפי מעלה. פעולה זאת גורמת להכנסת חלקיקי גז אל תוך המכל.

א. התבוננו בצד הימני של המסך ורשמו כמה חלקיקים יש כעת במכל.

ב. התבוננו שוב במד הלחץ ורשמו מהו לחץ הגז לאחר הוספת חלקיקי גז למכל.

ג. התבוננו שוב במד הטמפרטורה ורשמו מהי טמפרטורת הגז?

ד. באיזה חלק של המכל נמצאים חלקיקי הגז? בחרו את התשובה הנכונה:

ד1. בחלקו התחתון של המכל

ד2. בחלקו העליון של המכל
ד3. מפוזרים בכל נפח המכל

5. ודאו שטמפרטורת הגז לא השתנתה, לחצו שוב על בוכנת המשאבה והוסיפו עוד חלקיקי גז לתוך המכל.
   ה. התבוננו שוב בצד הימני של המסך ורשמו כמה חלקיקים יש כעת במכל. מהו לחץ הגז?
   ו. נסחו במשפט את הקשר בין שינוי במספר חלקיקי הגז לבין לחץ הגז.

6. בשלוש הפעילויות האחרונות שערכנו (ניסוי 5, ניסוי 6 והפעילות ברשת) בחנו את הקשר בין טמפרטורה, לחץ, נפח ומסה של גז. העתיקו את הטבלה הבאה למחברתכם ורשמו בכל אחת משלוש הפעילויות, אילו משני הגורמים היו קבועים בפעילות, ואילו מהגורמים השתנו במהלך הפעילות.

טבלה 4: השוואה בין שלוש פעולות העוסקות בלחץ הגז

פעילות	טמפרטורה	נפח	מספר החלקיקים (מסה)	לחץ
ניסוי 5: חימום אוויר בכלי בעל נפח קבוע				
ניסוי 6: מה יקרה ללחץ האוויר בשינוי נפח?				
הדמיה: מאפייני הגז				

לדוגמה

7. שאלה מאתגרת - משימת חקר

לאחר שערכנו ניסויים והדגמות אנו מזמינים אתכם להציע ניסוי שבו תוכלו להראות שתוספת מסה של גז לכלי סגור בנפח קבוע תגרום לעלייה בלחץ הגז בתוך הכלי.

שלב א: כתבו הצעה לתכנון הניסוי על פי הסעיפים הבאים:

מטרת הניסוי, השערה, ציוד וחומרים, מהלך הניסוי, תוצאות צפויות.

שלב ב: הראו את הצעתכם למורה ובקשו אישור לערוך את הניסוי.

שלב ג: ערכו את הניסוי ודווחו על הממצאים (באמצעות טבלה) ועל המסקנות בעקבות הניסוי.

לסיכום

- ✓ שינוי במספר החלקיקים (גריעה או הוספה של חומר) משמעו שינוי במסת החומר. כאשר המסה קבועה - מספר החלקיקים קבוע.

מהפעילויות שערכנו בנושא לחץ של חומר במצב צבירה גזי הנמצא בכלי סגור אפשר ללמוד כי:

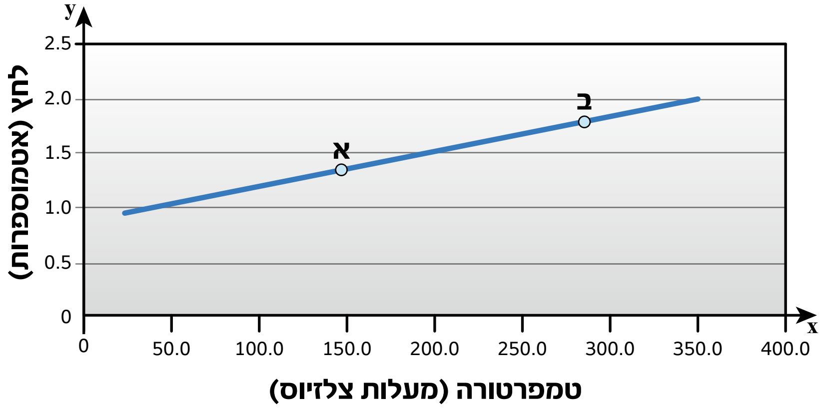
- ✓ חימום הגז גורם לעלייה בלחץ הגז בכלי (כאשר נפח הכלי ומספר החלקיקים נשארים קבועים).
- ✓ הקטנת נפח הכלי גורמת לעלייה בלחץ הגז בכלי (כאשר טמפרטורת הגז ומספר החלקיקים נשארים קבועים).
- ✓ הגדלת מספר חלקיקי הגז (מסה) בכלי גורמת לעלייה בלחץ הגז בכלי (כאשר טמפרטורת הגז ונפחו קבועים).

מתרגלים גרף רציף

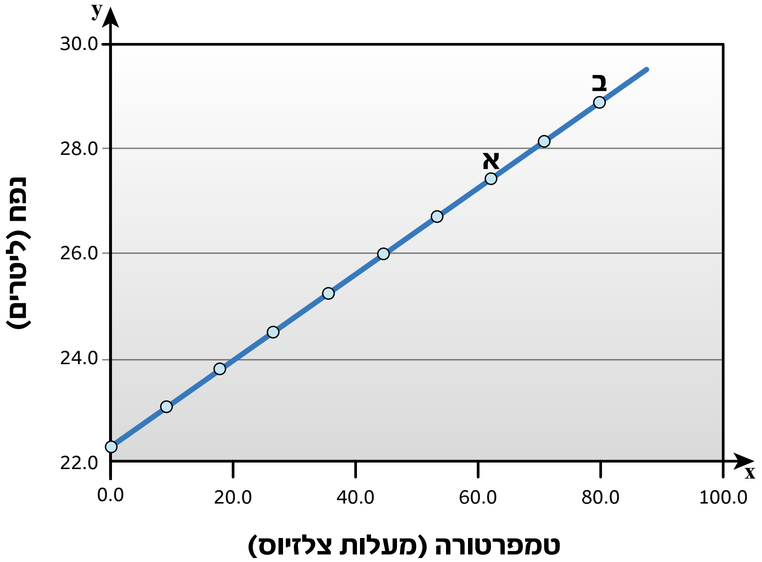
מיומנויות במדע וטכנולוגיה

בפרק הקודם למדנו לקרוא גרף קווי. לפניכם שלושה גרפים ושאלות העוסקות בגרפים אלו. על מנת לענות על השאלות עליכם לקרוא ולהבין את הגרפים: קראו את כותרות הגרפים, קראו את כותרות ציר ה- Y וה-X, בדקו מהן היחידות, ומהו טווח היחידות המיוצגים על כל ציר והתבוננו היטב בצורת הגרף.

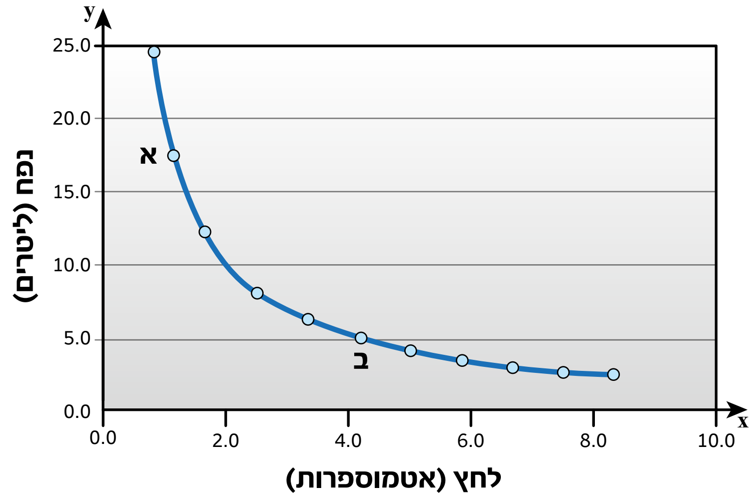
שימו לב - הגרפים אינם מתייחסים למדידה של גז מסוים אלא ל**מודל כללי** המתאר בקירוב התנהגות של חומרים שונים במצב צבירה של גז.



איור 9: השפעת טמפרטורת הגז על לחץ הגז (כאשר נפח הכלי ומספר החלקיקים קבועים)



איור 10: השפעת טמפרטורת הגז על נפח הגז (כאשר לחץ הגז ומספר החלקיקים קבועים)



איור 11: השפעת לחץ אטמוספרי על נפח הגז (כאשר הטמפרטורה ומספר החלקיקים קבועים)

שאלות

1. באלו יחידות נמדד המשתנה "לחץ" בגרפים שבאיורים 9 ו-11?
2. באילו יחידות נמדד המשתנה "נפח" בגרפים שבאיורים 10 ו- 11?
3. באלו יחידות נמדד המשתנה "טמפרטורה" בגרפים שבאיורים 9 ו- 10?
4. כתבו ליד כל שאלה מהשאלות הבאות, את התשובה לשאלה ובאיזה גרף מצאתם את התשובה לשאלה.

טבלה 5: איתור מידע

שאלה	הגרף שבו אמצא את התשובה	תשובה
מהו נפח הגז בטמפרטורה של 20^0C?		
מהו לחץ הגז בטמפרטורה של 20^0C?		
מהו נפח הגז בלחץ של 2 אטמוספרות?		

לדוגמה

5. התבוננו באיור 8 בעמוד 26 ובאיור 10 בעמוד 30 שבפרק הקודם. באיזה מהאיורים מוצג גרף עולה, ובאיזה מהאיורים מוצג גרף יורד? הסבירו את תשובתכם.
6. הביטו שוב בגרף שבאיור 9 וענו על השאלות:
   א. היכן טמפרטורת הגז גבוהה יותר, בנקודה א או בנקודה ב?
   ב. היכן לחץ הגז גבוה יותר - בנקודה א או בנקודה ב?
7. הביטו שוב בגרף שבאיור 10 וענו על השאלות:
   א. מה הטמפרטורה והנפח של הגז בנקודה א?
   ב. מהם הטמפרטורה והנפח של הגז בנקודה ב?

8. הביטו בגרף שבאיור 11 וענו על השאלות:
   א. היכן לחץ הגז גבוה יותר, בנקודה א או בנקודה ב?
   ב. היכן נפח הגז גבוה יותר - בנקודה א או בנקודה ב?
9. התבוננו באיורים 9, 10 ו-11 וספרו את הסיפור של כל אחד מהגרפים.

הגרפים באיורים 9 ו- 10 הם דוגמאות ל**גרף עולה** - גרף עולה מתקבל כאשר ערך המשתנה המיוצג על ציר ה-Y גדל, ככל שערכי המשתנים המיוצגים על ציר ה- X גדולים יותר. מהגרף שבאיור 9 אפשר ללמוד שככל שעולה טמפרטורת הגז, עולה גם לחץ הגז (כאשר הנפח והמסה קבועים). מהגרף שבאיור 10 אפשר ללמוד שככל שטמפרטורת הגז עולה, גדל נפח הגז (כאשר הלחץ והמסה קבועים).
הגרף שבאיור 11 הוא דוגמה ל**גרף יורד** - גרף יורד מתקבל כאשר ערך המשנה המיוצג על ציר ה-Y קטן, ככל שערכי המשתנים המיוצגים על ציר ה- X גדולים יותר. מגרף זה אפשר ללמוד שככל שלחץ הגז עולה, נפח הגז יורד (כאשר הטמפרטורה והמסה קבועים).

10. באיזה כלי הלחץ גדול יותר: בכלי שבו טמפרטורת הגז היא 30^0C או בכלי זהה שבו טמפרטורת הגז היא 10^0C? נמקו (בהנחה שמסת הגז זהה בשני הכלים). באיזה מהגרפים מצאתם את התשובה?
11. הקיפו רק את ההיגדים הנכונים:
   א. אם נגדיל את נפח הגז, לחץ הגז בכלי יגדל.
   ב. אין קשר בין לחץ הגז באטמוספרה לבין נפח הגז באטמוספרה.
   ג. אם נגדיל את נפח הגז, לחץ הגז בכלי יקטן.
   ד. אם נעלה את טמפרטורת הגז בכלי מסוים, לחץ הגז בכלי יגדל.
   ה. אם נעלה את טמפרטורת הגז בכלי מסוים, לחץ הגז בכלי יקטן.

בפעילות זאת הכרנו שני סוגים של גרפים קוויים:
גרף עולה - גרף המתקבל כאשר ערך המשתנה המיוצג על ציר ה-Y גדל, ככל שהמשתנה המיוצג בציר ה-X גדול יותר.
גרף יורד - גרף המתקבל כאשר ערך המשתנה המיוצג על ציר ה-Y קטן, ככל שהמשתנה המיוצג בציר ה-X גדול יותר.

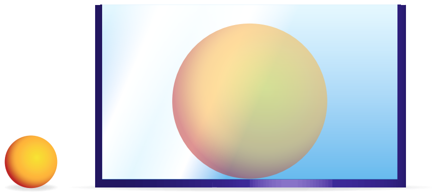
I. מה למדנו בפרק זה?

- ☑ חימום חומר בכל מצבי הצבירה מגביר את מהירות התנועה של חלקיקי החומר.
- ☑ קירור חומר בכל מצבי הצבירה מקטין את מהירות התנועה של חלקיקי החומר.
- ☑ חימום גורם לעלייה במהירות התנועה של החלקיקים, וזו גורמת להגדלת הנפח של גוף החומר. לעומת זאת קירור גורם להקטנת מהירות התנועה של החלקיקים, וזו גורמת להקטנת הנפח של גוף החומר.
- ☑ לחץ גז הוא מדד למהירות החלקיקים ולמספר ההתנגשויות של חלקיקי הגז זה בזה ובדופנות הכלי בפרק זמן נתון.
- ☑ חימום גז (בכלי סגור) גורם לעלייה בלחץ הגז. ככל שטמפרטורת הגז עולה, גדלה מהירותם של חלקיקי הגז וגורמת לעלייה במספר התנגשויות החלקיקים בינם לבין עצמם ובינם לבין דופנות הכלי בפרק זמן נתון. כתוצאה מכך לחץ הגז בכלי גדל. ככל שהטמפרטורה של החומר יורדת, מהירות התנועה של חלקיקי הגז יורדת, ומספר התנגשויות החלקיקים בינם לבין עצמם ובינם לבין דופנות הכלי, בפרק זמן נתון קטנה, ולכן לחץ הגז בכלי קטן.
- ☑ אפשר לשנות לחץ של גז במספר אופנים:
  1. על-ידי חימום וקירור הגז - חימום גורם לעלייה בלחץ הגז ואילו קירור גורם לירידה בלחץ הגז [כאשר נפח הגז ומספר החלקיקים (מסה) קבועים].
  2. על-ידי שינוי מספר חלקיקי הגז (מסה) - הגדלת מסת הגז גורמת לעלייה בלחץ הגז ואילו הקטנת מסת הגז גורמת לירידה בלחץ הגז (כאשר טמפרטורת הגז ונפחו קבועים).
  3. על-ידי שינוי בנפח הכלי - הגדלת נפח הכלי גורמת לירידה בלחץ הגז בכלי ואילו הקטנת נפח הכלי גורמת לעלייה בלחץ הגז [כאשר טמפרטורת הגז ומספר החלקיקים (מסה) קבועים].

שאלות סיכום

1. השלימו את המשפט: כאשר מחממים אוויר בתוך כלי סגור, חלקיקי האוויר...
   א. מתאדים
   ב. מתנפחים
   ג. מתכווצים
   ד. נעים במהירות רבה יותר

2. לקחו בלון אטום ומילאו אותו בגז. הכניסו את הבלון לכלי שבו מים חמים והבלון התנפח (ראו איור). מה השתנה בעקבות הכנסת הבלון למים החמים? סמנו שני היגדים נכונים.
   א. המהירות של חלקיקי הגז בבלון
   ב. גודל חלקיקי הגז בבלון
   ג. המרחק שבין חלקיקי הגז בבלון
   ד. מספר חלקיקי הגז בבלון



הכנסת בלון לכלי שבו מים חמים

3. כאשר מחממים מים, טמפרטורת המים עולה. איזה מהמשפטים הבאים מתאר את התופעה על-פי מודל החלקיקים של החומר?
   א. חלקיקי המים מתנפחים.
   ב. חלקיקי המים מתרבים.
   ג. המהירות של חלקיקי המים גדלה.
   ד. המהירות של חלקיקי המים קטנה.

4. באיזו טמפרטורה מהירותם של חלקיקי האוויר היא הגבוהה ביותר?
   א. 180°C ב. 250°C ג. 400°C ד. 1800°C

5. כתבו מהם שלושת הגורמים שיכולים לגרום לעלייה או לירידה בלחץ גז בתוך כלי נתון ותארו את השפעתו של כל גורם על לחץ הגז בכלי.

6. לכדור מתכת ולטבעת מתכת קוטר דומה, כך שהכדור יכול לעבור דרך הטבעת. לאחר חימום כדור המתכת אי אפשר להעביר את הכדור החם דרך הטבעת. הסבירו את התופעה.

7. רינה ועמית התווכחו ביניהן מה קורה לחלקיקי חומר מוצק, כאשר מחממים אותו. רינה אמרה שחלקיקי החומר נעים מהר יותר במקומותיהם, הריק בין החלקיקים גדל, ולכן הנפח של המוצק גדל. עמית, לעומתה, טענה שחלקיקי החומר במצב צבירה מוצק גדלים כתוצאה מהחימום, ולכן הנפח של החומר גדל. הטענה של מי משתיהן נכונה? נמקו.

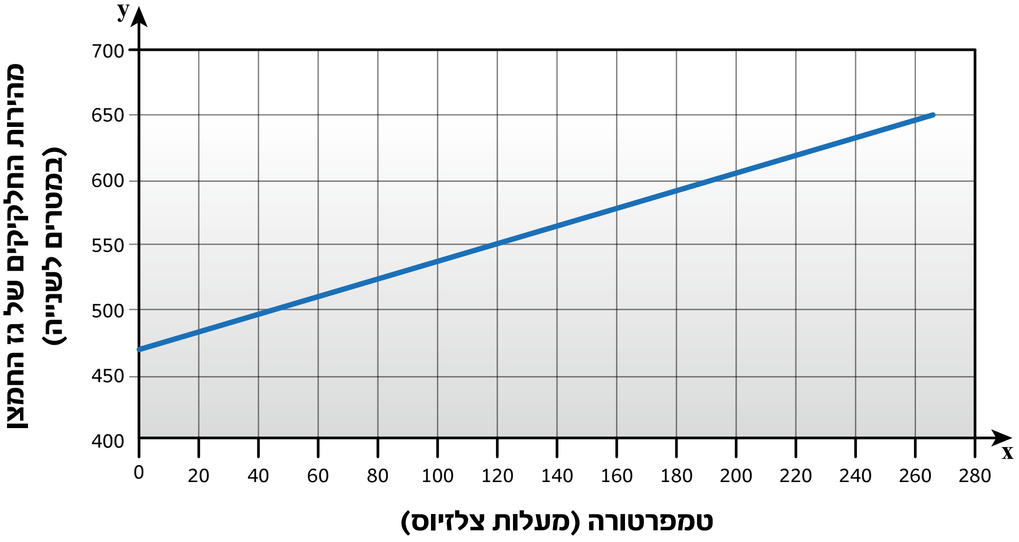
8. לפניכם אזהרה המפורסמת על אריזתם של מכלים המכילים גז:
"אריזת לחץ, יש להרחיק מטמפרטורה מעל 50°C ומאש."
הסבירו מדוע יש להרחיק מכלים אלו מטמפרטורה גבוהה ומאש.

אזהרה על מכל המכיל גז

9. טל ניפח בלון בעזרת משאבה. אילו מאפייני גז השתנו בניסוי?
א. טמפרטורה, נפח ולחץ
ב. נפח, לחץ ומספר החלקיקים
ג. טמפרטורה, מספר החלקיקים ונפח
ד. טמפרטורה, מספר החלקיקים ולחץ

10. תלמידים קיבלו שתי כוסות זהות ושתי שקיות תה זהות. הם מילאו כוס אחת במים חמים מאוד, ואת הכוס השנייה במים בטמפרטורת החדר, טבלו בהן את שקיות התה ולא בחשו את הנוזל שבתוכן. כעבור זמן השתנה צבע הנוזל שבכוסות.
א. כיצד נקרא התהליך שהתרחש בכוסות, לאחר טבילת שקיות התה במים?
ב. מהי הסיבה להתרחשותו של תהליך זה?
ג. באיזו כוס השתנה צבע הנוזל במהירות רבה יותר? נמקו את תשובתכם.

11. לפניכם גרף המתאר את מהירות חלקיקי הגז חמצן, כפי שנמדדה בטמפרטורות שונות. התבוננו בגרף וענו על השאלות.



השפעת הטמפרטורה על מהירות חלקיקי החמצן

א. באיזו טמפרטורה המהירות של החלקיקים היא 600 מטרים לשנייה?
ב. באיזו מהירות נעים חלקיקי החמצן בטמפרטורה של 120°C?
ג. מה אפשר להסיק מהגרף על הקשר שבין הטמפרטורה של החמצן לבין המהירות של חלקיקי החמצן?
ד. האם המסקנה הולמת את הנלמד בפרק זה? הסבירו את המסקנה מהגרף באמצעות מודל החלקיקים.

12. יוסי ודוד רצו לשחק כדורסל, אך הכדור שלהם לא היה מנופח דיו. יוסי ניפח את הכדור עד למקסימום. כאשר לחצו הילדים על הכדור, הוא היה קשה מאוד למגע. הסבירו באמצעות מודל החלקיקים של החומר, מה גרם לכדור להפוך ל"כדור קשה".

13. א. מה יקרה לעמוד הנוזל במד טמפרטורה נוזלי, לאחר שנעביר את מד הטמפרטורה ממים קרים למים רותחים?
ב. כמות הנוזל הצבעוני במכל שבתחתית מד הטמפרטורה היא קבועה. כיצד אפשר להסביר את עליית הנוזל בצינור הזכוכית שבמד הטמפרטורה?
ג. מה יקרה לעמוד הנוזל במד טמפרטורה נוזלי, לאחר שנעביר את מד הטמפרטורה ממים רותחים למים קרים?
ד. לאן "נעלם" הנוזל הצבעוני שבצינורית, כאשר עמוד הנוזל במד הטמפרטורה יורד?

14. מדוע הצינורית במד טמפרטורה נוזלי דקה ולא עבה?

15. מערכת הקירור ברכב נועדה להבטיח שטמפרטורת המנוע ברכב לא תעלה יתר על המידה. הסבירו על-פי מודל החלקיקים מדוע יש צורך לצנן את המנוע של המכונית?

16. מיה וזוהר התווכחו ביניהן. מיה טענה שחימום של מוט מתכתי גורם להתארכותו בלבד, זוהר, לעומתה, טענה שהחימום גורם להתפשטות של המוט בכל הכיוונים. מי משתיהן צודקת? נמקו את תשובתכם.

17. פסי רכבת עשויים מקטעי מתכת שביניהם רווחים. לשם מה קיימים רווחים בין פסי הרכבת?
א. הרווחים נועדו להאט את מהירות הרכבת, כדי שהפסים לא יתחממו.
ב. הרווחים מקטינים את ההוצאות על חומר הבנייה של הפסים.
ג. הרווחים נועדו להאט את מהירות הרכבת, כאשר הפסים מתחממים.
ד. הרווחים נועדו לתת לפסים מקום להתפשט, כי נפחם גדל כתוצאה מהחימום.

פרק 3

חלקיקים ושינוי מצב הצבירה

מבט לאחור ומבט לפנים

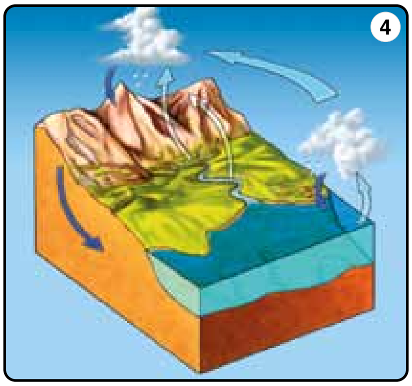
בפרק הקודם למדנו שפעולות החימום והקירור יכולות לגרום לשינויים בנפח ובלחץ של החומר. בהדגמות ובניסויים שערכנו, פעולת החימום גרמה לעלייה בטמפרטורה של החומר, ופעולת הקירור - לירידת הטמפרטורה שלו, אך **לא** לשינוי מצב הצבירה של החומר. יחד עם זאת, אנו יודעים מהתנסויות בחיי היומיום שחימום וקירור יכולים לגרום גם לשינוי מצב הצבירה של החומר. לדוגמה, כאשר מחממים מים נוזליים בקומקום הם הופכים לאדי מים, מצב הצבירה משתנה מנוזל לגז. כאשר מתיכים חתיכת חמאה במחבת, מצב הצבירה של החמאה משתנה ממוצק לנוזל, ואילו הכנסת מיץ למקפיא תביא לשינוי מצב הצבירה של המיץ מנוזל למוצק. בפרק זה נתבונן מקרוב בתהליכי שינוי מצב הצבירה של החומר כתוצאה מחימום או קירור וננסה להסבירם בעזרת מודל החלקיקים.

א. משנים מצב צבירה

1

2

3


4

5

6

1. התכת קרח 2. התכת ברזל 3. התעבות אדי מים 4. מחזור המים בטבע: התאדות והתעבות 5. רתיחת מים 6. מפל מים קפוא

תמונות 6-1 מתארות שינוי במצב הצבירה של החומר. **חומרים יכולים לשנות את מצב הצבירה** שלהם כתוצאה מחימום או קירור. דרך נוספת לשינוי מצב צבירה של חומר היא על-ידי שינוי הלחץ. בשלב זה נדון בתהליכי חימום וקירור בלבד, ואת לימוד נושא הלחץ נדחה לשלב מאוחר יותר.

התהליך שבו חומר במצב צבירה מוצק עובר למצב צבירה נוזל נקרא **היתוך (או ניזול)**, והוא מתרחש כתוצאה מפעולת **חימום**. התהליך ההפוך - שבו חומר במצב צבירה נוזל עובר למצב צבירה מוצק נקרא **קיפאון (או התמצקות)**, והוא מתרחש כתוצאה מפעולת **קירור**.

התהליך שבו חומר במצב צבירה נוזל עובר כולו למצב צבירה גז נקרא **רתיחה**. תהליך הרתיחה מתרחש מכל גוף החומר כתוצאה מפעולת **חימום** בטמפרטורה מסוימת; תהליך נוסף של מעבר מנוזל לגז הוא תהליך **ההתאדות** המתרחש בכל טמפרטורה. בהמשך הפרק נרחיב את הדיון בהבדלים בין רתיחה והתאדות. התהליך ההפוך - שבו חומר במצב צבירה גז עובר למצב צבירה נוזל נקרא **התעבות**, והוא מתרחש כתוצאה מפעולת **קירור**.

קרחונים

הטמפרטורה שבה מוצק הופך לנוזל מכונה **טמפרטורת היתוך**, והיא זהה ל**טמפרטורת הקיפאון** שבה הנוזל הופך למוצק;

הטמפרטורה שבה נוזל הופך לגז מכונה **טמפרטורת רתיחה**, והיא זהה ל**טמפרטורת ההתעבות** שבה הגז הופך לנוזל.

לכל חומר טהור (שאינו תערובת של חומרים) יש טמפרטורת היתוך וטמפרטורת רתיחה מסוימות וקבועות המאפיינות אותו, ראו טבלה 1. אחת הדרכים לזהות חומר טהור בלתי ידוע היא על-ידי בדיקת טמפרטורת הרתיחה וטמפרטורת ההיתוך שלו והשוואתן לנתונים של חומרים ידועים.

טבלה 1: טמפרטורת היתוך וטמפרטורת רתיחה של חומרים שונים

החומר	טמפרטורת היתוך (°C)	טמפרטורת רתיחה (°C)
אצטון	-95	56
מים	0	100
שמן זית	-6	300
אתנול	-114	78
חמצן	-219	-183
זהב	1062	2706
ברזל	1538	2886

התרשים הבא מסכם את שינוי מצב הצבירה של החומר על-ידי חימום או קירור:

איור 1: שינוי מצבי צבירה על-ידי חימום או קירור

חומרים רבים יכולים להימצא בכל אחד משלושת מצבי הצבירה. אולם ישנם חומרים אחרים סביבנו היכולים להימצא במצב צבירה אחד בלבד. אם נחמם נייר (מצב צבירה מוצק), הנייר יישרף (שינוי כימי) אך לא ישנה את מצב הצבירה לנוזל או לגז.

ממריאים...

בעוד שרוב החומרים עוברים בחימום ממצב צבירה מוצק לנוזל ומנוזל לגז, ישנם חומרים אשר עוברים ממצב צבירה מוצק ישירות למצב צבירה גז. תהליך זה נקרא **המראה** (**סובלימציה** בלעז). החומר פחמן דו-חמצני הוא דוגמה לחומר שעובר המראה. בטמפרטורה של $-79^\circ C$ הפחמן הדו-חמצני נמצא במצב צבירה מוצק ומכונה "קרח יבש". הוא משמש לקירור מוצרים וכן למחקר במעבדה. כאשר מחממים אותו מעל לטמפרטורה זאת הוא עובר ישירות ממצב צבירה מוצק למצב צבירה גז.

קרח יבש ממריא

- מדוע לדעתכם הפחמן הדו-חמצני המוצק מכונה בשם "קרח **יבש**"?

התהליך ההפוך להמראה (שבו גז הופך ישירות למוצק) נקרא **רִבּוּץ** (**דֶּפּוֹזִיצְיָה** בלעז). למשל, אדי מים שנמצאים במקפיא יכולים בתנאים מתאימים לעבור ריבוץ ולהפוך באופן ישיר לקרח.

ניסוי

ניסוי 1: משנים מצב צבירה

מטרת הניסוי: לבדוק מה קורה לנפח החומר בעקבות שינויי מצב צבירה

ציוד וחומרים: מזרק בנפח של 50 מ"ל עם פקק, כוס כימית שבתוכה 10 מ"ל אצטון, כוס כימית בנפח של 400 מ"ל שבתוכה 300 מ"ל מים בטמפרטורה של כ- $70^\circ C$.

שינוי מצב צבירה של אצטון

מהלך הניסוי

התבוננו במתרחש בכל אחד משלבי הניסוי 1-4 ורשמו תצפיות במחברתכם (בתצפיותיכם התמקדו במיוחד בבוכנת המזרק ובאצטון הנוזלי):

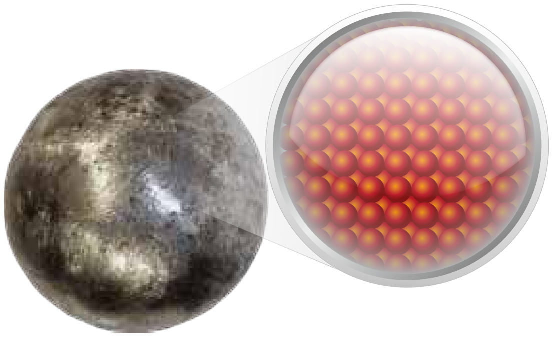
1. דחפו את בוכנת המזרק עד לתחתית המזרק.
2. שאבו את כל האצטון לתוך המזרק ואטמו היטב את פיית המזרק בפקק.
3. הניחו את המזרק בתוך הכוס עם המים החמים, כשהפקק מופנה כלפי מטה.
   א. מה קרה לבוכנה של המזרק?
   ב. איזה תהליך עבר האצטון בחימום? (היעזרו במידע המופיע בטבלה 1 בעמ' 97)
   ג. מה יקרה אם נשאיר את המזרק עם האצטון מחוץ לכוס המים החמים, עד שהוא יתקרר לטמפרטורת החדר?
   ד. איזה תהליך יעבור האצטון הגזי בקירור?
4. נסחו מסקנות הנובעות מניסוי זה.

מניסוי זה אפשר ללמוד ששינוי מצב הצבירה של החומר מנוזל לגז גורם לעלייה בנפח החומר ואילו שינוי מצב הצבירה מגז לנוזל גורם לירידה בנפח החומר. תוצאות של ניסויים שונים במוצק ובנוזל מלמדות כי במקרים רבים שינוי מצב הצבירה ממוצק לנוזל גורם לעלייה בנפח החומר ואילו שינוי מצב הצבירה מנוזל למוצק גורם לירידה בנפח החומר.
כפי שנלמד בהמשך, בניגוד למרבית החומרים, שינוי מצב הצבירה של מים ממוצק לנוזל גורם להקטנה בנפח ושינוי מצב הצבירה של המים מנוזל למוצק גורם להגדלת הנפח.

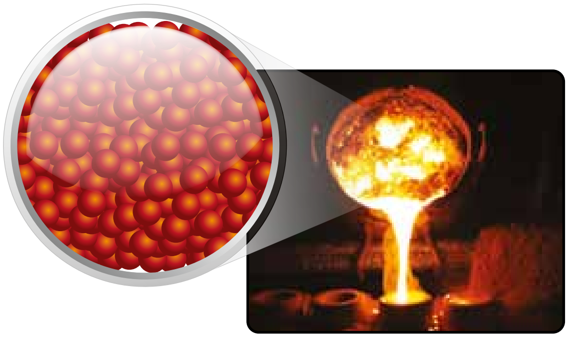
ב. מודל החלקיקים: שינוי מצב צבירה

תהליכי חימום וקירור יכולים לגרום לשינוי מצב הצבירה של החומר. כיצד ניתן להסביר תופעה זו בעזרת מודל החלקיקים?

היתוך (ניזול) - שינוי מצב הצבירה של החומר ממוצק לנוזל. במצב צבירה מוצק חלקיקי החומר מסודרים במבנה מסודר (איור 2), החלקיקים נעים במקומותיהם (תנודה), אך כוחות המשיכה החזקים הקיימים ביניהם אינם מאפשרים להם להתרחק זה מזה. במהלך התחממות החומר, כשהוא במצב צבירה מוצק, מהירות תנועת חלקיקי המוצק גדלה, המרחקים בין החלקיקים גדלים, כוחות המשיכה נחלשים, המבנה המסודר של המוצק משתנה (איור 3), והחומר הופך לנוזל.



איור 2: מבט על חלקיקי ברזל מוצק



איור 3: מבט על חלקיקי ברזל נוזלי

קיפאון (התמצקות) - שינוי מצב הצבירה של החומר מנוזל למוצק. במהלך התקררות החומר, כשהוא במצב צבירה נוזלי, תנועת חלקיקי הנוזל נעשית אטית יותר, כוחות המשיכה הקיימים בין החלקיקים מצליחים לקרבם זה לזה תוך יצירת מבנה מסודר ומאורגן המאפיין מוצקים.

רתיחה - שינוי מצב הצבירה של החומר מנוזל לגז. במצב צבירה נוזלי, החלקיקים נעים במקומותיהם (תנודה) ומחליפים מקום זה עם זה (סיבוב). בין חלקיקי הנוזל קיימים כוחות משיכה הגורמים לכך שהחלקיקים יהיו קרובים זה לזה. במהלך התחממות החומר, כשהוא במצב צבירה נוזל, מהירות תנועת חלקיקי הנוזל גדלה, החלקיקים מתרחקים זה מזה, כוחות המשיכה ביניהם נחלשים, החלקיקים נעים בחופשיות וללא סדר, ומצב הצבירה של החומר משתנה מנוזל לגז[1].

התעבות - שינוי מצב הצבירה של החומר מגז לנוזל. במהלך התקררות החומר כשהוא במצב צבירה גזי, תנועת חלקיקי הגז נעשית אטית יותר, כוחות המשיכה הפועלים בין החלקיקים גורמים לקירוב החלקיקים זה לזה תוך יצירת צברים של חלקיקים היוצרים טיפות זעירות, והחומר עובר למצב צבירה של נוזל (לדוגמה - ערפל).

התעבות אדי מים העולים מהים או מהיבשה ויוצרים שכבת ערפל

1 דיון על ההבדלים בין רתיחה והתאדות בעמוד 109.

האנומליה של המים

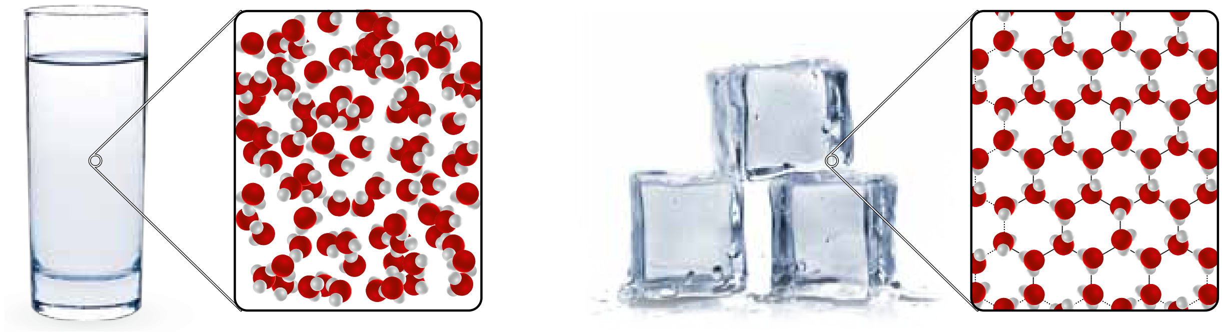
ביחידה הקודמת "מסע בין חומרים" למדנו שצפיפות היא מסתו של חומר ליחידת נפח.

$d = \frac{m}{v}$ = צפיפות = מסה / נפח

m = **מסה** (mass)   v = **נפח** (volume)   d = **צפיפות** (density)

בעקבות מעבר מצב הצבירה של חומר ממוצק לנוזל, אין שינוי במסת החומר אך נפחו משתנה ולכן, בדרך כלל, חומר מסוים יהיה בעל צפיפות גדולה יותר במצבו המוצק מאשר במצבו הנוזלי. לכלל זה, כמו לכללים רבים, קיים "יוצא מהכלל" המתייחס לחומר מים הנקרא "האנומליה של המים".

כיצד אפשר להסביר את העובדה שקרחונים גדולים צפים על פני המים? האם תופעה זאת מרמזת על כך שצפיפות הקרח קטנה מצפיפות המים הנוזליים?
מדוע נהוג לומר ש"אסור להקפיא בקבוק זכוכית מלא מים"? הניסיון מוכיח שאם מקפיאים בקבוק זכוכית מלא במים, הבקבוק עלול להתפוצץ! האם נפח הקרח (מוצק) גדול מנפח המים (נוזל) שהכנסנו לבקבוק?
תופעות אלו נוגדות, כביכול, את מה שלמדנו עד כה על הקשר בין קירור החומר ושינוי מצב הצבירה שלו לבין שינוי הנפח. בדרך כלל קירור אכן גורם להקטנת נפח החומר.
אם כן, כיצד במקרים אלו נפחו של הקרח (מוצק) גדול מנפח המים (נוזל)?
במים קיימת תופעה ייחודית המכונה האנומליה של המים. אנומליה היא תכונה המתארת התנהגות בלתי נורמאלית החורגת מההתנהגות המקובלת. ההתנהגות הנורמלית של רוב הנוזלים, כולל של המים במרבית הטמפרטורות, היא שבקירור נפחם קטן וכתוצאה מכך צפיפות החומר גדלה. אולם - ניסויים הראו, כי כאשר מקררים מים לטמפרטורה הקטנה מ-4°C, מתרחשת תופעה שונה; המים מתפשטים - כלומר נפחם גדל. בטמפרטורת הקיפאון, 0°C, המים במצב צבירה מוצק. במצב זה חלקיקי המים יוצרים מבנה מסודר אך פחות צפוף בהשוואה למבנה המים במצב צבירה נוזל ולכן המים המוצקים (קרח) תופסים נפח גדול יותר בהשוואה למים נוזליים.



איור 4: סידור חלקיקי המים במצב צבירה מוצק ובמצב צבירה נוזל

עלייה בנפח הקרח ללא שינוי במסה משמעותה צפיפות קרח קטנה יותר בהשוואה לצפיפות המים. על כן הקרחונים צפים על פני המים, ולכן יש סכנה שבקבוק זכוכית מלא במים שהוכנס לתא ההקפאה יתפוצץ.
לתכונה מיוחדת זו של המים יש השפעות רבות על חייהם של יצורים רבים החיים באגמים ובנהרות שבהם המים קופאים בחורף. אילו היו המים קופאים ומתכווצים ככל יתר החומרים, היו האגמים והנהרות קופאים כליל, וכל היצורים החיים בהם היו קופאים ומתים. אולם בזכות התכונות המיוחדות של המים, כאשר טמפרטורת המים יורדת ומגיעה ל- 0°C, קופאת השכבה העליונה של המים בלבד. צפיפות הקרח קטנה מצפיפות המים הנוזליים, ולכן הקרח צף על פני המים ואינו שוקע. שכבת הקרח מבודדת את המים הנוזליים שמתחתיה מפני האוויר הקר ולכן טמפרטורת המים מתחת לשכבת הקרח אינה מגיעה לטמפרטורת הקיפאון של המים ומאפשרת ליצורים להמשיך ולחיות במים גם בימי החורף הקרים.

שאלות

מתוך YNET (כתב: טל רבינובסקי 16/1/08)

הקור נמשך: זהירות קולטי השמש מתפוצצים

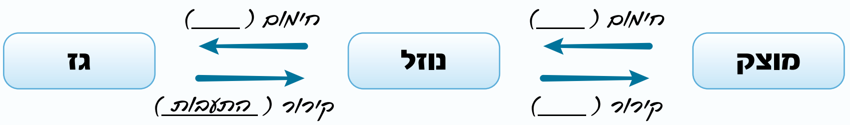
"...הלילה נמדדו בתל אביב 2°C בלבד. בפנים הארץ היה עוד קר הרבה יותר. בשדה בוקר נמדדו -5°C ובאילת נרשמו הבוקר- ממש כמו בתל אביב 2°C בלבד. גם בעומר שליד באר שבע התקשו לזכור לילות קפואים כאמש. בכמה בתים גילו הדיירים בשעות הבוקר המוקדמות שצינור המים החמים פשוט קפא, כך שסיבוב הברז לא גרם הפעם למים לצאת מהקצה. גם שם נרשמו "פיצוצים" של צינורות ודודי שמש, בשל הבדלי המעלות הקיצוניים".

קפיאת מים במרזב הבניין

1. מדוע מתפוצצים צינורות ודודי שמש בלילות קרים מאוד?
2. לפניכם שתי המלצות של יצרני ומתקיני דודי שמש כיצד למנוע קפיאה של מים בצינורות ובדודי השמש. הסבירו כיצד כל אחת מהן יכולה לסייע במניעת התפוצצות הצינורות ודודי השמש:
המלצה 1: רצוי להדליק את הדוד בלילה, לפני שהטמפרטורות יורדות.
המלצה 2: מומלץ להשאיר את אחד מברזי המים החמים מטפטף או לפתוח אותו מדי פעם.

שאלות

1. העתיקו למחברתכם את התרשים הבא והשלימו על גבי החיצים (ליד הפעולה) את שמות התהליכים (שלושה שמות) המתרחשים בעת שינויי מצב הצבירה. לדוגמה: גז בקירור עובר עיבוי והופך לנוזל.



איור 5: שינוי מצבי צבירה

2. השלימו בתרשים שבשאלה 1 חצים מתאימים שיחברו בין מצבי הצבירה המעורבים בתהליך ה"המראה" ובתהליך ה"ריבוץ".

3. העתיקו למחברתכם את המשפטים הבאים ומחקו את המילה המיותרת בכל משפט:
   א. כאשר מחממים מים לטמפרטורה של 100˚C הם **מתעבים / רותחים**.
   ב. כאשר משאירים גלידה מחוץ למקרר, בטמפרטורת החדר, היא **קופאת / ניתכת**.
   ג. בתהליך הכנת קורות ברזל לבניין **מתיכים / מקפיאים** את הברזל ויוצקים אותו לתבניות.
   ד. בנסיעה במכונית ביום קר אדי המים שבאוויר **מתאדים / מתעבים** על שמשת המכונית.
   ה. על מנת להכין קרח ממים בטמפרטורת החדר יש צורך **להקפיא / להתיך** את המים.
   ו. כאשר מחממים קוביית שוקלד במיקרוגל היא **קופאת/ניתכת**.

4. לאחר מקלחת במים חמים מאוד, קשה לנו לראות את עצמנו במראה שבחדר האמבטיה. הסבירו מדוע.

5. מוכר השלגונים בחוף הים משתמש בדרך כלל בצידנית שבתוכה קרח יבש ולא קרח רגיל (העשוי מים) לקירור השלגונים. מדוע?

6. בפרק הקודם למדנו שכשמחממים מוצק, נוזל או גז נפחם גדל, אך לא חל שינוי במסת החומר. כיצד מושפעת צפיפות החומר מחימומו? הסבירו את תשובתכם.

כיצד תשתנה הטמפרטורה בחימום מוצק והפיכתו לנוזל ולאחר מכן לגז? על כך בניסוי הבא.

ניסוי

ניסוי 2: שינוי מצב צבירה של מים מנוזל לגז

קרח בטמפרטורה של $0^{\circ}C$

מטרת הניסוי: לבדוק כיצד - אם בכלל - משתנה הטמפרטורה במהלך שינוי מצב הצבירה של מים מנוזל לגז.

ציוד וחומרים: כן מעבדה, פלטה חשמלית, כוס כימית ובה 50 מ"ל מים בטמפרטורת החדר, מד טמפרטורה, מקל זכוכית, שעון.

מהלך הניסוי

1. הכינו במחברת טבלה, ובה שלוש עמודות כדוגמת הטבלה הבאה:

טבלה 3: טמפרטורת החומר במהלך שינוי מצב הצבירה של החומר

זמן מדידה	טמפרטורת החומר	מצב צבירה של החומר

לדוגמה

2. הניחו את הכוס הכימית ובה מים בטמפרטורת החדר על הפלטה החשמלית (אל תפעילו את הפלטה החשמלית).
3. חברו את מד הטמפרטורה לכן המעבדה והכניסו את מד הטמפרטורה לתוך הכוס, כך שיהיה במגע עם המים ולא יגע בתחתית הכוס.
4. מדדו את טמפרטורת המים **לפני** הפעלת הפלטה החשמלית. רשמו בטבלה את הטמפרטורה ההתחלתית שמדדתם וכתבו בעמודה של הזמן - זמן 0.
5. הפעילו את הפלטה החשמלית וכוונו את הטמפרטורה לעוצמה בינונית עד גבוהה.
6. רשמו כל 30 שניות את תוצאות מדידת הטמפרטורה בטבלה. המשיכו להתבונן ולמדוד את טמפרטורת החומר במהלך תהליך החימום.
7. במהלך הניסוי בחשו בעדינות בעזרת מקל זכוכית מבלי לגעת או לפגוע במד הטמפרטורה.
8. כשהמים מגיעים לרתיחה, המשיכו לחמם ולרשום את הטמפרטורה במשך עשר דקות נוספות. בסיום כבו את הפלטה החשמלית.

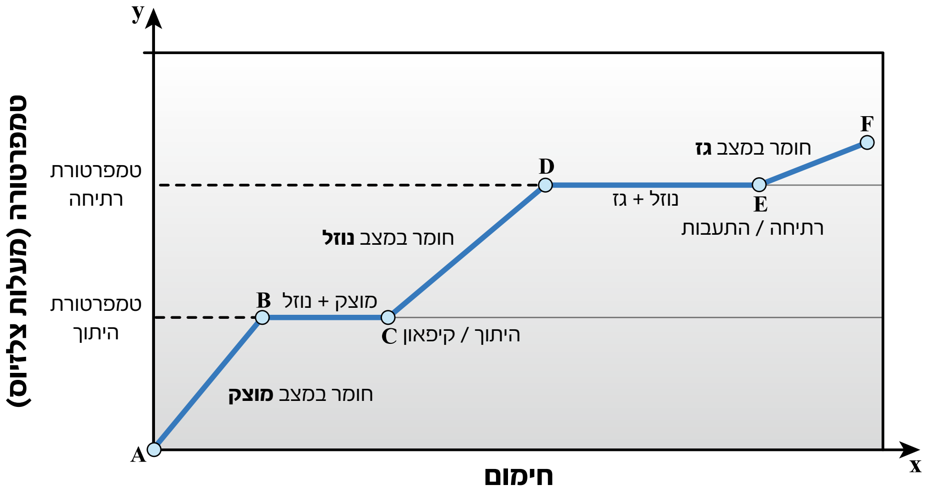
שאלות

התבוננו בטבלת הממצאים וענו:

1. מה הייתה הטמפרטורה הנמוכה ביותר שנמדדה?
2. מה הייתה הטמפרטורה הגבוהה ביותר שנמדדה?
3. האם היו שלבים שבהם הבחנתם בקיום שני מצבי צבירה באותה הטמפרטורה? תארו מצבים אלו.
4. באיזו טמפרטורה הגיעו המים לרתיחה? כיצד ידעתם שהמים רותחים?
5. לאחר שהמים הגיעו לרתיחה, המשכתם לחמם עשר דקות נוספות. האם טמפרטורת המים המשיכה לעלות?
6. האם השערתכם התאמתה? הסבירו מדוע.
7. נסחו מסקנות בעקבות הניסוי שערכתם.

כיצד אפשר להסביר את תוצאות הניסוי בעזרת מודל החלקיקים של החומר?

את הניסוי שערכנו זה עתה בחומר מים, ערכו חוקרים שונים במגוון חומרים. תוצאות ניסויים אלו הראו תופעה החוזרת על עצמה, ואפשר להציגה באמצעות הייצוג הגרפי הבא:



איור 7: השפעת החימום על טמפרטורת החומר

קטע AB של הגרף: חימום חומר במצב מוצק גורם לעלייה בטמפרטורת החומר עד לטמפרטורת ההיתוך. בשלב זה גדלה מהירות התנועה של חלקיקי המוצק, וכתוצאה מכך - הטמפרטורה שלו עולה.

קטע BC של הגרף: הטמפרטורה בנקודה B היא טמפרטורת ההיתוך של החומר. בקטע BC החימום אינו גורם לעלייה בטמפרטורה והמשמעות היא שאין שינוי במהירות תנועת החלקיקים. כשהחומר מגיע לטמפרטורת ההיתוך, המשך החימום של המוצק גורם להחלפת מקומות והגדלת המרחקים בין החלקיקים, להחלשת כוחות המשיכה ביניהם והחומר משנה את מצב הצבירה ממוצק לנוזל.

קטע CD של הגרף: בנקודה C הופך כל החומר לנוזל. המשך החימום גורם לעלייה במהירות תנועת חלקיקי הנוזל המתבטאת בעלייה בטמפרטורת הנוזל.

קטע DE של הגרף: הטמפרטורה בנקודה D היא טמפרטורת הרתיחה של החומר. בקטע DE החימום אינו גורם לשינוי במהירות החלקיקים ולכן אין שינוי בטמפרטורה. כשהחומר מגיע לטמפרטורת הרתיחה, המשך החימום של הנוזל גורם להגדלת המרחקים בין החלקיקים, להחלשת כוחות המשיכה ביניהם והחומר משנה את מצב הצבירה מנוזל לגז.

קטע EF של הגרף: בנקודה E הופך כל החומר לגז. המשך החימום גורם לעלייה במהירות תנועת חלקיקי הגז המתבטאת בעלייה בטמפרטורת הגז.
בניסוי שערכנו לא יכולנו להגיע למצב זה, מאחר שאדי המים התפזרו בחדר. לו היינו עורכים את הניסוי במערכת סגורה, היינו רואים שעל-ידי חימום נוסף טמפרטורת אדי המים עולה מעל ל-100°C.

לסיכום

- ☑ חימום בטמפרטורת ההיתוך או בטמפרטורת הרתיחה של החומר אינו משנה את מהירות תנועת החלקיקים ולכן אין שינוי בטמפרטורת החומר.
- ☑ חימום בטמפרטורת ההיתוך או בטמפרטורת הרתיחה של החומר גורם להגדלת המרחקים בין חלקיקי החומר ולהיחלשות כוחות המשיכה ביניהם. כתוצאה מכך חל שינוי במצב הצבירה של החומר.

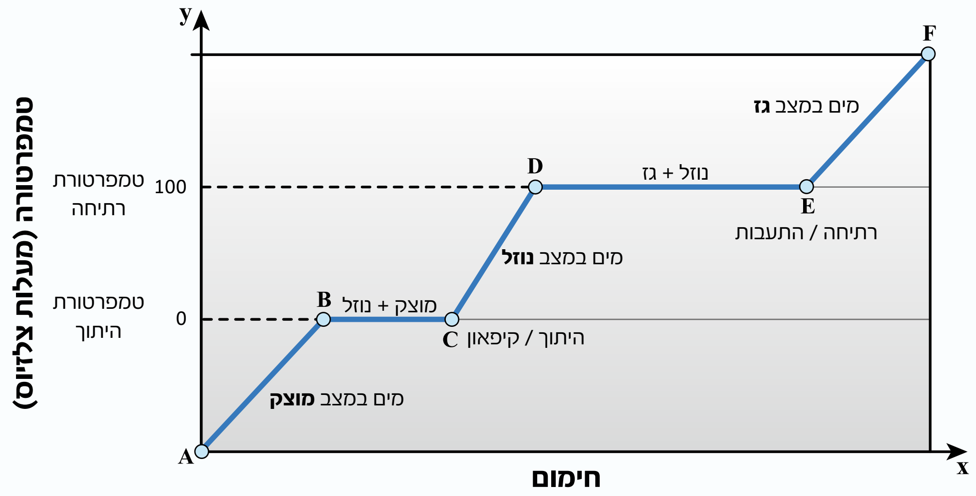
מידע והרחבה

חום כמוס

חום כמוס הוא החום הדרוש להחלשת הקשרים בין חלקיקי החומר במהלך המעבר שלו ממצב צבירה מוצק לנוזל (קטע BC) או מנוזל לגז (קטע DE). בשלבים אלו פעולת החימום גורמת לשינוי במצב הצבירה של החומר, אך לא לשינוי בטמפרטורה שלו.
שימו לב: במים, החום הכמוס במעבר ממצב צבירה נוזל למצב צבירה גז גדול יותר מהחום הכמוס במעבר ממצב צבירה מוצק למצב צבירה נוזל.

שאלות

בניסוי 2 שינינו את מצב הצבירה של החומר מים ממוצק לנוזל ולגז. באיור 7 מתורגמות תוצאות הניסוי לייצוג גרפי. התבוננו בגרף שבאיור 8 וענו על השאלות הבאות:



איור 8: השפעת החימום על טמפרטורת החומר מים

1. רשמו מהי הטמפרטורה בנקודות הבאות: B, C, D, E.
2. הסבירו מדוע כל עוד היו בכוס מים וקרח יחד ב- 0°C הטמפרטורה כמעט ולא עלתה?
3. מהו חום כמוס?
4. בטמפרטורת הרתיחה, חימום נוסף של המים אינו גורם לעליית טמפרטורת המים מעבר לנקודת הרתיחה.
   א. מהי השפעת החימום על כוחות המשיכה בין חלקיקי החומר?
   ב. האם תשתנה הטמפרטורה של אדי המים, אם נמשיך לחמם אותם מעבר לטמפרטורת הרתיחה (בהנחה ששומרים את אדי המים בכלי סגור)?
5. השלימו בטבלה הבאה את הנתונים המתייחסים לחמשת קטעי הגרף המופיעים באיור 7. היעזרו במחסן המילים.

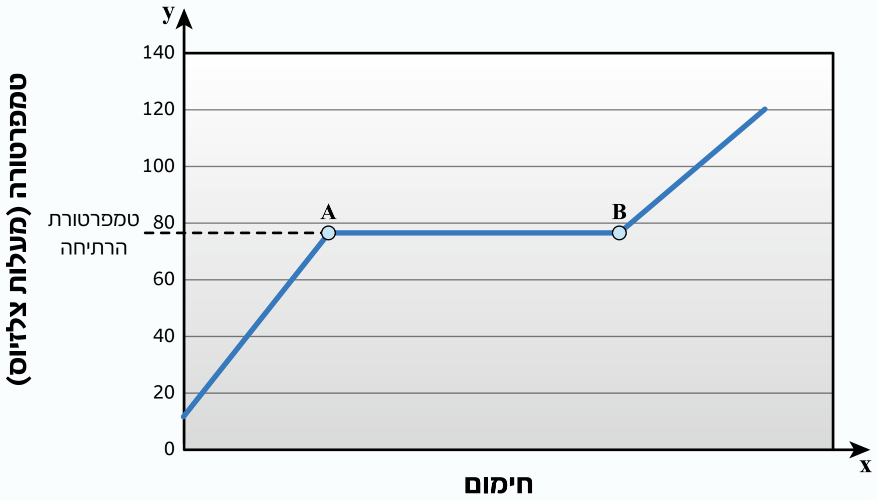
מחסן מילים: *גז, מוצק+נוזל, עלייה במהירות של חלקיקי החומר, נוזל+גז, מוצק, היחלשות כוחות המשיכה בין החלקיקים, נוזל* (אפשר להשתמש באותה מילה יותר מפעם אחת).

טבלה 4: השפעת החימום על מצב הצבירה

קטע/נקודה	מצב הצבירה של החומר בכוס	השפעת החימום על-פי מודל החלקיקים
AB		
B		
BC		
C		
CD		
D		
DE		
E		
EF		

לדוגמה

6. באיור 9 גרף המתאר את השפעת החימום על טמפרטורת החומר אתנול. התבוננו באיור וענו על השאלות:



איור 9: השפעת החימום על טמפרטורת אתנול

א. באיזה מצב צבירה יהיה האתנול: א1. בטמפרטורה של 50°C? א2. בטמפרטורה של 90°C?

ב. הקיפו את התשובה הנכונה: הטמפרטורה בנקודה A **גדולה מ.../שווה ל.../קטנה מ...** הטמפרטורה בנקודה B.

ג. הסבירו את תשובתכם על-פי מודל החלקיקים של החומר.

7. שאלה מאתגרת: כיצד יֵראה גרף המתאר תהליך קירור של אדי מים ממצב צבירה גז למים נוזלים ועד לקרח מוצק?

ג. מהו ההבדל בין התאדות לבין רתיחה?

בסעיף הקודם התנסינו בחימום נוזל שהביא לרתיחתו ולמעבר החומר למצב של גז. הרתיחה היא תהליך נמרץ המלווה ביצירת בועות בכל חלקי הנוזל ובהפיכתו המהירה לגז.
קיימות תופעות נוספות כמו התייבשות של כביסה רטובה על החבל או של שלולית מים לאחר הגשם, שבהן חל שינוי במצב צבירה מנוזל לגז, אך האם מדובר בתהליך רתיחה? תופעות אלו של שינוי ממצב צבירה נוזל לגז הן תופעות של התאדות. מהם ההבדלים בין שני תהליכים אלו?

רתיחה

כאשר חומר מגיע לטמפרטורת הרתיחה שלו, חלקיקי הנוזל בכל נפח הגוף מתרחקים זה מזה ועוברים בהדרגה למצב צבירה גז. הדבר מתבטא בִּבְעְבּוּעַ - הופעה של בועות בתוך הנוזל. בועות אלה מכילות בעיקר את אדי הנוזל שעבר למצב צבירה גז. אם נתבונן בגוף מים המגיע לרתיחה נראה שבתחילה מופיעות בועות קטנות בגוף המים. בועות אלה הן בועות של אוויר שהיה מומס במים. זמן קצר לאחר היעלמות בועות האוויר מתחילות להופיע בועות גדולות יותר של אדי מים. בועת אדי המים היא בועה בתוך גוף המים שבו הצטברו אדי מים. מקורם של אדי המים בבועה הוא מים שהיו במצב צבירה נוזל והפכו למצב צבירה גז. בהמשך החימום גדל מספר הבועות, והן נעשות גדולות יותר, עד שכל גוף המים גועש ורועש בשל הבועות הרבות שנוצרות ונפלטות ממנו. מצב זה הוא מצב רתיחה. רתיחה מתרחשת מכל נפח הנוזל, כלומר שינוי מצב הצבירה של החומר מנוזל לגז מתרחש מכל נפח הנוזל.

רתיחה של שמן ורתיחה של מים

התאדות

גם בתהליך התאדות החומר עובר ממצב נוזל למצב גז, אבל כיצד, מתרחשת ההתאדות? מה קורה לחלקיקי הנוזל במהלך ההתאדות?
לו התבוננו בתהליך של התאדות באמצעות "משקפי הקסם", היינו רואים שהתאדות של נוזל היא מעבר של חלקיקים הנמצאים ב**שטח הפנים** של הנוזל (החלק שבא במגע עם האוויר), ממצב שבו הם צבורים בצפיפות רבה (נוזל) למצב שבו הם מפוזרים יותר, ויש רווחים גדולים ביניהם (גז). התפזרות זאת מתאפשרת כתוצאה מתנועת החלקיקים. חלקיקים

הנמצאים בעומק הנוזל אינם יכולים לעזוב את צבר החלקיקים ולהתפזר באוויר, מפני שבכל כיוון שאליו ינועו הם יתנגשו בחלקיקי נוזל אחרים החוסמים את הדרך. לעומת זאת, חלקיקים הנמצאים על פני הנוזל (החלק שבא במגע עם האוויר) אינם נתקלים בחלקיקים אחרים החוסמים את דרכם, הדבר היחיד המפריע לחלקיקים הנמצאים על פני הנוזל לצאת באופן חופשי לגמרי, הוא כוחות המשיכה הקיימים בין חלקיקי הנוזל. חלקיקים הנמצאים בשטח פני הנוזל יוכלו להתגבר על כוחות המשיכה ולצאת החוצה, אם יקבלו "דחיפה" חזקה די הצורך בכיוון החוצה מחלקיקים הסמוכים להם. **בכל טמפרטורה** יהיו תמיד בשכבת פני הנוזל חלקיקים הנדחפים החוצה בכוח גדול ומתפזרים בין חלקיקי האוויר. חלקיקים אלו הם היוצרים את אדי הגז.

מדע בבית

ניסוי

מטרת הניסוי: לבדוק האם קצב ההתאדות מושפע משטח פני הנוזל

ציוד וחומרים: כוס, מים, שני כלים: האחד גבוה וצר (כלי א') והשני נמוך ורחב (כלי ב').

מהלך הניסוי

1. מזגו נפח שווה של מים לכל אחד מהכלים.
   א. באיזה משני הכלים שטח הפנים של הנוזל גדול יותר?
2. הניחו את שני הכלים (ללא מכסה) זה ליד זה במקום בטוח למשך מספר ימים ועקבו אחרי השינויים המתרחשים.
3. לאחר כשבוע בדקו את מערכת הניסוי ומדדו את נפח המים בכל כלי.
   ב. באיזה מהכלים נותרה כמות מים קטנה יותר?
   ג. באיזה מהכלים קצב ההתאדות גבוה יותר? הסבירו את תשובתכם תוך שימוש במודל החלקיקים.
   ד. נסחו את הקשר בין שטח הפנים של הנוזל בכלי לבין קצב ההתאדות של הנוזל הנמצא בתוכו.

דוגמה להתאדות בחיי היומיום - ייבוש כביסה רטובה כשהיא פרושה על חבל.

שטח הפנים של מגבת התלויה על החבל גדול משטח הפנים של אותה מגבת רטובה כשהיא מקופלת ולכן קצב התאדות המים ממגבת רטובה התלויה על החבל גבוה מקצב ההתאדות של אותה מגבת כאשר היא מקופלת. כדי לייעל את תהליך ייבוש הכביסה נהוג לתלות אותה על חבלי כביסה.

מגבות תלויות לייבוש

ההתאדות מתרחשת בכל טמפרטורה ומושפעת משטח הפנים של הנוזל, כלומר משטח האיזור הבא במגע עם האוויר. ככל ששטח הפנים של הנוזל גדול יותר, קצב התאדות הנוזל גדול יותר.

צפייה בסרט

צפו בסרטונים הבאים

התכה של קרח - מבט בעזרת "משקפי הקסם" ו- המים

שאלות

1. מדוע קצב ההתאדות גובר בחימום ונחלש בקירור?
2. מדוע מתקיימת התאדות כלשהי אפילו בטמפרטורות נמוכות?
3. הסבירו מדוע התאדות מתקיימת רק מפני הנוזל ולא מכל נפח הנוזל.
4. ערכו השוואה בין תהליך ההתאדות לבין תהליך הרתיחה.

טבלה 5: השוואה בין תהליך ההתאדות לתהליך הרתיחה

מאפיינים	התאדות	רתיחה
הטמפרטורה שבה מתרחש התהליך		
קצב שינוי מצב הצבירה (איטי/מהיר)		
היכן מתרחש התהליך? (כל גוף הנוזל/פני הנוזל בלבד)		

לדוגמה

5. הסבירו על-פי מודל החלקיקים, מדוע התאדות של נוזל מצלחת שטוחה תהיה מהירה יותר בהשוואה להתאדות של אותו נוזל מכוס גבוהה.
6. התבוננו בנתוני טמפרטורות הרתיחה של חומרים שונים:

טבלה 6: טמפרטורות הרתיחה של חומרים שונים

החומר	טמפרטורת הרתיחה
כוהל	78°C
אצטון	50°C
מים	100°C
דלק	95°C

א. סדרו את החומרים המופיעים בטבלה על-פי טמפרטורת הרתיחה שלהם.
ב. לאיזה מהחומרים נקודת הרתיחה הנמוכה ביותר?
ג. לאיזה מהחומרים נקודת הרתיחה הגבוהה ביותר?
ד. איזה מהחומרים יהיה במצב צבירה נוזל בטמפרטורה של 25°C?
ה. איזה מהחומרים יהיה במצב צבירה גז בטמפרטורה של 85°C?
ו. באיזה מהחומרים כוחות המשיכה בין החלקיקים חזקים יותר? נמקו את תשובתכם.

7. א. העתיקו את הטבלה הבאה למחברתכם והשלימו את הנתונים.

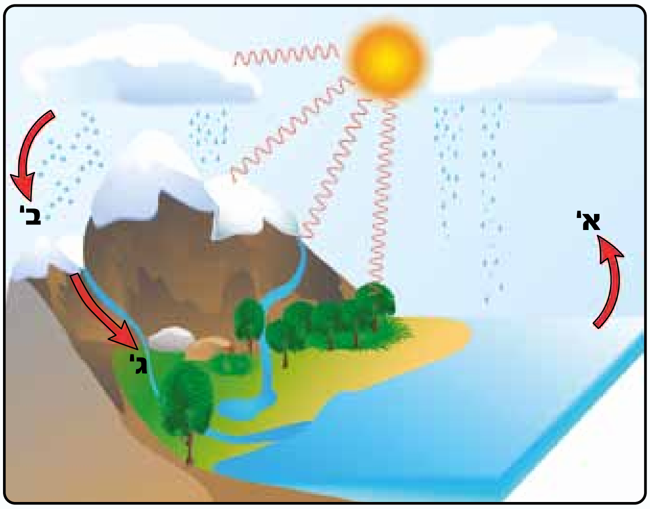
טבלה 2: ______________________________

התהליך	**ממצב צבירה...**	**למצב צבירה...**	**דוגמה מחיי היום יום**
היתוך			
התאדות			
רתיחה			
התעבות			
קיפאון			
המראה			

לדוגמה

ב. חברו כותרת מתאימה לטבלה.

8. דוגמה לשינוי מצב צבירה בטבע, היא מחזור המים. התבוננו באיור שלפניכם ורשמו במחברתכם מהם שמות התהליכים המיוצגים באמצעות החצים: חץ א': ________, חץ ב': ________, חץ ג': ________



איור 6: מחזור המים בטבע

ד. חוק שימור המסה

חוק שימור המסה בשינוי מצבי צבירה

חוק שימור המסה קובע כי מסה איננה יכולה להופיע או להיעלם, תמיד תהיה כמות קבועה של מסה במערכת סגורה.
ביחידה הראשונה "מסע בין חומרים" ערכנו ניסויים שאישרו את חוק שימור המסה של החומר והראו שהמסה של גוף אינה משתנה, כל עוד לא מוסיפים חומר או גורעים חומר.
האם חוק שימור המסה תקף גם במצבים שבהם חל שינוי במצב הצבירה של החומר?

ניסוי

ניסוי 3: חוק שימור המסה ושינוי מצב צבירה

מטרת הניסוי: לבדוק מה קורה למסה של אצטון כאשר החומר משנה מצב צבירה במערכת סגורה

ציוד וחומרים: מאזניים, גופי מדידה, מזרק, פקק, בקבוק המכיל אצטון, כוס כימית ובה מים חמים, נייר סופג.

מהלך הניסוי

1. שאבו בעזרת המזרק 5 מ"ל אצטון וסגרו את פיית המזרק בפקק. הניחו את המזרק המכיל אצטון נוזלי על כף המאזניים. אזנו את המאזניים בעזרת גופי המדידה.
   א. רשמו את מסתו של המזרק המכיל אצטון נוזלי.
2. הכניסו בזהירות את המזרק הפקוק המכיל אצטון נוזלי לתוך כוס כימית המכילה מים חמים.
   ב. התבוננו במתרחש בתוך המזרק ורשמו מה אתם רואים.
3. המתינו עד לשינוי מצב הצבירה של כל האצטון שבמזרק מנוזל לגז.
   ג. שערו האם השתנתה מסתו של האצטון. הסבירו את השערתכם.
4. הוציאו את המזרק מהמים החמים, נגבו בעדינות את חלקו החיצוני של המזרק בעזרת נייר סופג ומדדו שוב את מסתו של המזרק המכיל אצטון גזי.
   ד. רשמו את מסתו של המזרק המכיל אצטון גזי. האם המסה השתנתה?
5. נסחו מסקנה בעקבות ניסוי זה. השתמשו במילים הבאות: מסה, שינוי מצב צבירה, קבועה.
   ה. האם יחול שינוי במסת האצטון, אם נכניס את המזרק ובו אצטון גזי לתוך כוס ובה מי קרח?

כיצד אפשר להסביר באמצעות מודל החלקיקים את חוק שימור המסה של החומר?
כאשר חומר עובר שינוי מצב צבירה, חל שינוי במהירות התנועה של חלקיקי החומר, באופן תנועת החלקיקים וברווחים ביניהם, אך כל עוד לא הוספנו או גרענו חומר, מספר החלקיקים אינו משתנה, ולכן מסת החומר במערכת סגורה נשמרת בעת שינוי מצב הצבירה.

ה. מה למדנו בפרק זה?

- בטבע ובמעבדות מתרחשים תהליכי שינוי שבהם חומר עובר ממצב צבירה אחד לאחר על-ידי חימום או קירור.
- תהליך שבו חומר במצב צבירה מוצק עובר למצב צבירה נוזל נקרא **היתוך** (או ניזול). תהליך שבו חומר במצב צבירה נוזל עובר למצב צבירה מוצק נקרא **קיפאון** (או התמצקות).
- תהליך שבו חומר במצב צבירה נוזל עובר למצב צבירה גז נקרא **רתיחה**. הרתיחה מתרחשת בכל נפח הנוזל.
- בתהליך **ההתאדות** הנוזל הופך לגז בכל טמפרטורה. ההתאדות מתרחשת משטח פני הנוזל בלבד.
- תהליך שבו חומר במצב צבירה מוצק עובר באופן ישיר למצב צבירה גז נקרא **המראה**.
- תהליך שבו חומר במצב צבירה גז עובר באופן ישיר למצב צבירה מוצק נקרא **ריבוץ**.
- תהליך שבו חומר במצב צבירה גז עובר למצב צבירה נוזל נקרא **התעבות**.
- טמפרטורת ההיתוך של חומר היא הטמפרטורה שבה משתנה מצב הצבירה של החומר ממוצק לנוזל.
- טמפרטורת הרתיחה של חומר היא הטמפרטורה שבה משתנה מצב הצבירה של החומר מנוזל לגז.
- לכל חומר טמפרטורת היתוך וטמפרטורת רתיחה מסוימות וקבועות המאפיינות אותו.
- שינוי מצב הצבירה של רוב החומרים ממוצק לנוזל או מנוזל לגז גורם להגדלת נפח החומר ואילו שינוי מצב הצבירה של החומר מנוזל למוצק או מגז לנוזל גורם להקטנת נפח החומר.
- חימום בטמפרטורת ההיתוך או בטמפרטורת הרתיחה של החומר גורם להגדלת המרחקים בין חלקיקי החומר ולהחלשות כוחות המשיכה ביניהם. כתוצאה מכך חל שינוי במצב הצבירה של החומר ממוצק לנוזל או מנוזל לגז, אך לא חל שינוי בטמפרטורת החומר. החום המושקע בשלבים אלו נקרא חום כמוס.
- בזמן שינוי מצב הצבירה של חומר (בכלי סגור), מסת החומר אינה משתנה, כלומר מספר החלקיקים הכולל אינו משתנה.

שאלות סיכום

1. איזה מבין המאפיינים שלפניכם משתנה, כאשר חומר משנה את מצב הצבירה שלו?
   א. גודל החלקיקים
   ב. מסת החלקיקים
   ג. הכוחות בין החלקיקים
   ד. סוג החלקיקים

2. דוד הוציא שלגון (ארטיק) ששהה זמן רב במקפיא והניח אותו על שולחן המטבח.
   א. מהו מצב הצבירה של השלגון ברגע שהוצא מהמקפיא?
   ב. מה יהיה מצב הצבירה של השלגון שעה לאחר שהושאר על שולחן המטבח?
   ג. כיצד נקרא התהליך שעבר השלגון?
   ד. ציינו איזה גודל נשמר, ואיזה מהגדלים לא נשמר בעת שינוי מצב הצבירה של השלגון. העתיקו את הטבלה למחברתכם וסמנו X במקום המתאים.

גודל	נשמר/ת	לא נשמר/ת
מספר החלקיקים (מסה)		
המרחק בין החלקיקים		
כוחות המשיכה בין החלקיקים		
סדר החלקיקים		
גודל החלקיקים		

לדוגמה

3. הסבירו על-פי מודל החלקיקים מדוע חמאה הנשמרת במקרר שומרת על צורתה, אך כאשר נוציא את החמאה מחוץ למקרר לכמה שעות החמאה לא תשמור על צורתה?

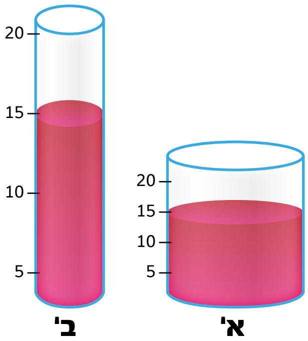
4. שקית פלסטיק אטומה לחלוטין שבה טיפות של החומר אֶתֶר, שהוא נוזל המתנדף בקלות, הוכנסה לתוך מים חמים. השקית התנפחה.
   נפח השקית גדל כי:
   א. מספר חלקיקי האתר גדל.
   ב. חלקיקי האתר נעים במהירות רבה יותר ומתרחקים זה מזה.
   ג. חלקיקי האתר מתנפחים, כשהאתר הנוזלי הופך לגז.
   ד. החימום גורם להעלאת מסת חלקיקי האתר.

5. שחר ונועה חיממו מים ומדדו את הטמפרטורה. בטמפרטורה של 70°C החלו להופיע בועות שעלו מתוך המים.
   הטענה של שחר: הבועות האלה הן בועות אוויר.
   הטענה של נועה: הבועות האלה הן בועות של אדי מים.
   א. מי מהן צודקת?
   ב. הביאו נימוק לטענה הנכונה, לדעתכם.

6. לפניכם מספר מקרים שבהם מתרחש שינוי מצב צבירה מנוזל לגז. ציינו באיזה מהם מדובר ברתיחה ובאיזה בהתאדות ונמקו את תשובתכם.
   א. הכביסה מתייבשת במייבש כביסה.
   ב. האצטון במזרק שהוכנס לכוס בטמפרטורה של 70°C.
   ג. שלולית חורף שהתייבשה
   ד. הכנת מרק ירקות
   ה. התייבשות המים לאחר שטיפת הרצפה

7. מדוע אין זה מומלץ להקפיא מים בבקבוק העשוי מזכוכית?

8. הסבירו מדוע קוביות קרח המוכנסות לכוס מים קרים צפות ואינן שוקעות.



9. התבוננו באיורים שלפניכם:
   א. מהו נפח הנוזל בכלי א'?
   ב. מהו נפח הנוזל בכלי ב'?
   ג. באיזה מהכלים שטח פני הנוזל גדול יותר?
   ד. באיזה מהכלים קצב ההתאדות יהיה גדול יותר? הסבירו את תשובתכם.

10. כלי סגור ואטום המכיל 300 גרם של מים מוכנס למקפיא לשם הכנת קרח.
   א. מה תהיה מסת הקרח לאחר שהמים יקפאו?
      א.1. יותר מ-300 גרם
      א.2. בדיוק 300 גרם
      א.3. פחות מ-300 גרם
   ב. נמקו את התשובה.

11. תלמידים העלו את הטענה הבאה: כאשר חומר (הנמצא בכלי סגור) משנה את מצב הצבירה שלו מנוזל לגז, מסת החומר משתנה, כי החומר הופך לגז, וגז קל מנוזל.
   א. האם הטענה של התלמידים נכונה?
   ב. נמקו את התשובה.

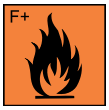
12. בבוקר רוני תלה את הכביסה הרטובה לייבוש בשמש. אחר צהריים הוא הוריד את הכביסה שהתייבשה. איזה תהליך עברו המים שבבגדים הרטובים?
   א. המים שבבגדים התעבו.
   ב. המים שבבגדים קפאו.
   ג. המים שבבגדים התאדו.
   ד. המים שבבגדים נעלמו.

מילון מונחים

המונח	ההגדרה
אבקה	אוסף של גרגירי חומר במצב מוצק, שבו כל אחד מהגרגירים הוא מוצק השומר על צורה ונפח קבועים.
אטמוספרה	שכבת האוויר העוטפת את כדור הארץ; עוביה למעלה מ- 100 קילומטרים.
גז	אחד משלושת מצבי הצבירה של החומר; לגוף חומר במצב גז אין צורה ונפח קבועים והוא ניתן לדחיסה.
דחיסה	פעולה שבה מכניסים כמות נוספת של חומר למקום בעל נפח קבוע או מקטינים את הנפח של כמות חומר מסוימת.
האפס המוחלט	הטמפרטורה הנמוכה ביותר שאליה חומר יכול להגיע (לערך -273°C).
היתוך (ניזול)	תהליך שבו חומר במצב צבירה מוצק עובר למצב צבירה נוזל.
המראה	תהליך שבו חומר במצב צבירה מוצק עובר באופן ישיר למצב צבירה גז.
התאדות	מעבר של חומר נוזלי משטח פני הנוזל למצב צבירה גז.
התעבות	תהליך שבו חומר במצב צבירה גז עובר למצב צבירה נוזל.
התפשטות תרמית	שינוי בנפח החומר כתוצאה מחימום.
חום כמוס	האנרגיה הדרושה להחלשת הקשרים בין חלקיקי החומר במהלך המעבר שלו ממצב צבירה מוצק לנוזל או מנוזל לגז ללא שינוי בטמפרטורת החומר.
טמפרטורת היתוך/ טמפרטורת קיפאון	הטמפרטורה שבה נוזל הופך למוצק או מוצק הופך לנוזל.
טמפרטורת רתיחה/ טמפרטורת התעבות	הטמפרטורה שבה נוזל הופך לגז או גז הופך לנוזל.
לחץ גז	מדד למהירות החלקיקים ולמספר ההתנגשויות של חלקיקי הגז זה בזה ובדופנות הכלי בפרק זמן נתון.
מד טמפרטורה	מכשיר למדידת טמפרטורה של גופים.
מד לחץ	מכשיר למדידת לחץ של גז.

מוצק	אחד משלושת מצבי הצבירה של החומר; לגוף חומר במצב מוצק צורה ונפח קבועים.
מצב צבירה	תכונה פיזיקלית של חומר הנקבעת על ידי היערכות החלקיקים בחומר בתנאי לחץ וטמפרטורה מסוימים.
משאבת דחיסה	מכשיר השואב אוויר מבחוץ ודוחס אותו לכלי קיבול.
משאבת יניקה	מכשיר השואב אוויר מתוך כלי ופולט אותו החוצה.
נוזל	אחד משלושת מצבי הצבירה של החומר; נפחו קבוע, צורתו אינה קבועה, והוא זורם ממקום למקום.
נפח	המקום שגוף תופס בחלל.
פעפוע, דיפוזיה	התופעה שבה חלקיקי חומר נעים ממקום שבו הם צפופים למקום שבו הם פחות צפופים (או בכלל לא נמצאים).
פרומון	חומר נדיף המופרש מגוף של בעל חיים אחד, ונקלט על-ידי בעל חיים אחר המשתייך לאותו המין. החומר מהווה אמצעי תקשורת בין בעלי חיים בני אותו מין.
צמיגות	תכונה של חומר המעכבת את זרימתו; נוזל שזרימתו איטית, צמיגותו גדולה.
צפיפות	כמות החומר (מסה) ביחידת נפח. מקובל למדוד צפיפות ביחידות של גרם/סמ"ק.
קיפאון (התמצקות)	תהליך שבו חומר במצב צבירה נוזל עובר למצב צבירה מוצק.
ריק	מצב של היעדר מוחלט של חומר.
רתיחה	מעבר של חומר ממצב צבירה נוזל למצב צבירה גז.
שינוי כימי	שינוי בהרכב החומר שבעקבותיו נוצר חומר חדש בעל תכונות חדשות.
שינוי פיזיקלי	שינוי בצורת החומר או במצב הצבירה של החומר תוך שמירה על התכונות האופייניות לחומר.

סיווג קבוצות הסיכון של חומרים מוכנים

שם קבוצת הסיכון	מספר קבוצת הסיכון	סמלי הקבוצה		
חומרי נפץ	1	חומר נפץ		
גזים	2	גז לא רעיל לא דליק	גז דליק	גז רעיל
נוזלים דליקים	3	נוזל דליק		
חומרים מסוכנים במגע עם:	4	מסוכן במגע עם מים	נתון להתלקחות עצמית	מתלקח מוצק
חומרים מחמצנים	5	חומר מחמצן	חומר אורגני	
חומרים רעילים	6	חומר רעיל	חומר מסוכן במזון	סיכון ביולוגי
חומרים רדיואקטיביים	7	חומרים רדיואקטיביים		
חומרים קורוזיביים (מאכלים)	8	חומרים קורוזיביים		
חומרים מסוכנים שונים	9	חומרים מסוכנים שונים		
חומר דליק	חומר קורוזיבי	חומר מגרה	חומר מותך	
 חומר דליק ביותר	חומר רעיל	מגרה דרכי נשימה	גורם למחלה ו/או מסרטן	
מסוכן לסביבה	חומר רעיל ביותר	חומר מחמצן	מזיק לחי במים	