

תוכן עניינים

1	הצעה ליחידת הוראה במדע וטכנולוגיה- מבנה החלקים של החומר
1	מבוא למורה
8	שיעור 1 פתיחת הנושא תוך מגוון התנסויות
17	שיעור 2-3 - המשגה
20	שיעור 4-5 : איך אפשר לדעת שמהו קיים אם איננו רואים אותו ?
24	שיעור 6 – האם כל החומרים בנויים מאותם חלקיקים בדיוק?
27	שיעור 7 – חקר מודרך או חקרשתי: מאפייני מצבי צבירה ברמת המאקרו
30	שיעור 8 – שיעור המשגה - מאפייני מצבי צבירה ברמת המאקרו
31	שיעור 9 – מאפייני מצבי צבירה ברמת המיקרו
36	שיעור 10 – תרגול והערכה
44	רשימת מקורות:
44	אפיון ליחידה

הצעה ליחידת הוראה במדע וטכנולוגיה- מבנה החלקים של החומר

כתיבת המבוא ועיבוד יחידת ההוראה: ד"ר יעל שורץ

היחידה מתמקדת בנושא מבנה החומר, מודל החלקיקים הנלמד בכיתה ז'. הזמן המומלץ להוראת נושא זה הוא 15 שעות. יחידת ההוראה המוצעת היא בהיקף של כ-10 שעות. בטבלה מטה – מפורט הידע הקודם הנדרש לפני הוראת יחידה זו.

מושגים שלא נכנסו ליחידה זו ויש ללמדם לאחריה:

חימום גוף (תוספת חום) וקירור גוף (גרעת חום) יכולים לגרום ל: שינוי טמפרטורה, שינוי נפח, שינוי לחץ הקשר בין שינוי הטמפרטורה לבין שינויים בלחץ ובנפח של גוף
הקשר בין חימום וקירור של חומרים ובין שינוי מצב הצבירה שלהם
מעבר בין מצבי צבירה - היתוך מול קיפאון (או: ניזול מול התמצקות), התאדות מול התעבות, רתיחה מול התעבות, המראה מול ריבוץ
נקודות רתיחה ונקודות התכה כמאפיינות חומרים
המשותף והשונה בין התאדות לרתיחה

[קישור לאפיון](#)

מבוא למורה

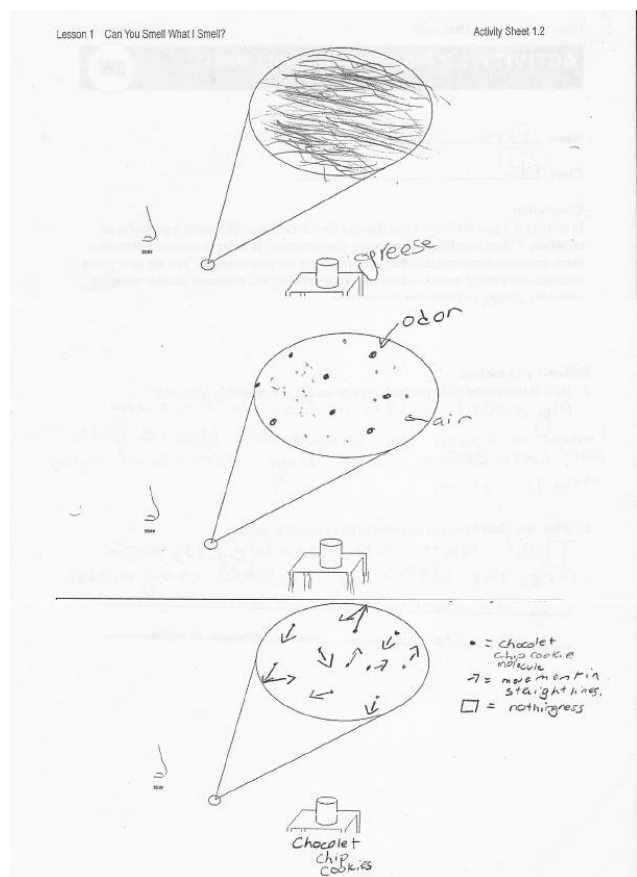
הוראת מבנה החלקיקים של החומר הנה משימה מורכבת וחשובה. החשיבות נובעת מהעובדה שהרעיון כי חומר בנוי מחלקיקים הוא רעיון מרכזי במדע, בלעדיו לא היינו מסוגלים להסביר את מגוון התופעות בעולם החומר ובעולם היצורים החיים, בלעדיו לא היינו מגיעים לפריצות דרך טכנולוגיות בשימוש בחומרים, בניית מכשירים שונים, ובייצור חומרים חדשים על פי מפרט תכונות רצוי.

המורכבות נובעת מהמפגש בין רעיון מופשט לבין יכולת מוגבלת לאבסטרקציה וחשיבה מוגבלת של חלק מהתלמידים. על פי התיאוריה של פיאז'ה על התפתחות החשיבה והלמידה – ילדים בגילאי 14-15 עוברים מהשלב של חשיבה קונקרטית לחשיבה מופשטת. יחד עם זאת – מעבר זה אינו מתרחש בהכרח אצל כל הילדים בקצב אחיד, ויש מחקרים המוכיחים כי גם לא לכל המבוגרים חשיבה פורמלית מלאה. יעידו על קושי זה מחקרים רבים בנושא תפישות שגויות. רבות מהתפישות השגויות נובעות מחוסר הפנמה של רכיבים שונים בתיאוריה החלקיקית של החומר.

במחקר שאפיין התפתחות למידה – learning progression זוהו שלבים שונים בהם יכולים תלמידכם להיות:

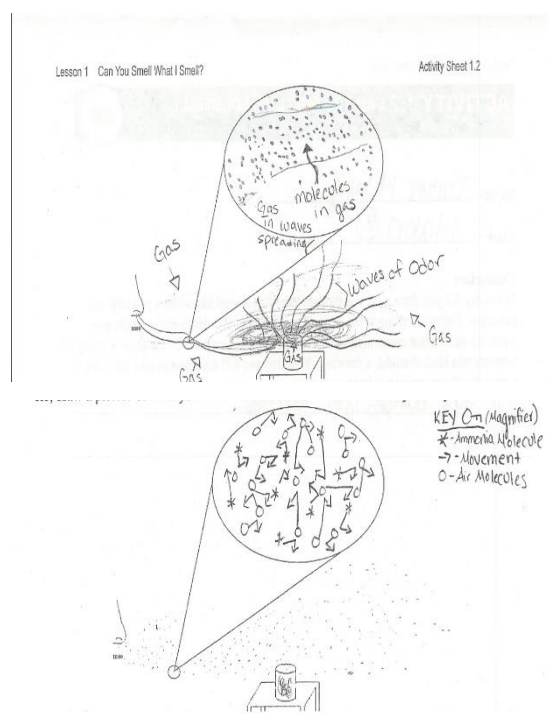
שלב	קטגוריה	הבנת מודל החלקיקים
0	-	לא מסוגל לענות או תשובה לא רלוונטית
1	מודל תיאורי	מסוגל לתאר בציור או במילים רפליקה של תופעה ברמת המאקרו, ללא התייחסות כלל למכניזם או מבנה פנימי
2	מודל רציף	תיאור מבנה החומר באופן שלא כולל כלל תפישת חלקיקים
3	מודל מעורב	תיאור הכולל מבנה רציף של חומר שבתוכו משובצים חלקיקים
4	מודל חלקיקים - חסר	כל החומרים בנויים מחלקיקים. בין החלקיקים קיים ריק.
5	מודל חלקיקים מלא – רמה בסיסית	כל החומרים בנויים מחלקיקים. החלקיקים מצויים בתנועה מתמדת. אופן התנועה תלוי במצב הצבירה. בין החלקיקים קיים ריק.
6	מודל חלקיקים מלא – רמה מתקדמת	כל החומרים בנויים מחלקיקים. החלקיקים מזוהים כאטומים/ מולקולות/ יונים. החלקיקים מצויים בתנועה מתמדת. אופן התנועה תלוי במצב הצבירה. בין החלקיקים קיים ריק.

מעקב אחר תלמידים לפי שלבי התפתחות הלמידה יאפשר לכם למפות את ההתקדמות שלהם. כך למשל מוצגים בהמשך שלושה ציורים של אותו תלמיד בשלושה שלבים של למידת הנושא: לפני הוראת הנושא, באמצע יחידת ההוראה ובסופה בעקבות המשימה הבאה: אילו היו לכם משקפי קסם – מה הייתם רואים בזמן התפזרות של ריח באוויר?



איור 1: התפתחות מודל החלקיקים – מגישה רציפה לחלקיקים

באיור 1 ניתן לראות כי לפני הוראת הנושא לא הייתה לתלמיד זה כלל תפישת חלקיקים של החומר. באמצע הוראת היחידה כבר מופיעה תפיסת חלקיקים, ובסופה ניתן לראות התפתחות נוספת – חיצים המסמנים תנועה אקראית, ריק (מבוטא במקרא ע"י nothingness). ברמת המודל התפתח התלמיד ביכולת התיאור שלו מתיאור מילולי מינימלי של רכיבי המודל למקרא מפורט ומסודר. על רצף התפתחות הלמידה (בטבלה שהוצגה לעיל) היינו אומרים כי התלמיד התפתח ועבר מרמה 2, דרך רמה 4, עד לרמה 6.



איור 2: שיפור ועידון תפישת חלקיקים קיימת

באיור 2 ניתן לראות כי התלמיד הגיע כבר עם תפישת חלקיקים להוראת הנושא. יחד עם זה רעיון התנועה מבוטא ברמת המאקרו (ע"י ציור גלים של ריח) אך ללא ביטוי ברמת המיקרו. בסוף הוראת הנושא נוספו לתיאור - הריק, ותנועה אקראית של החלקיקים. גם תלמיד זה התפתח ברמת המודל מתיאור מילולי אקראי של רכיבי המודל למקרא מפורט ומסודר. על רצף התפתחות הלמידה היינו אומרים כי התלמיד התפתח מרמה 3-4 לרמה 6.

ידע אפיסטמי: מהו מודל? (מבוסס על סקירה בערכת ה.ל.ה.)

העיסוק במבנה החלקיקים של החומר מצריך שימוש נרחב במושג מודל.

בתחומי המדע משתמשים המדענים במודלים שונים להבנה ולהסבר של תופעות וניסויים. מדענים מפתחים מודלים מתמטיים ותיאורטיים ומשתמשים בהם. על מנת להסביר את המנגנון (מכניזם) לפיו מתרחשות תופעות,

בנוסף – מפתחים המדענים מודלים מוחשיים שונים כדי לייצג תופעות, מבנים וגם היבטים מסוימים של המודל התיאורטי.

מודלים תיאורטיים:

מודל החלקיקים של החומר הוא דוגמה למודל תיאורטי, המקובל בקהילייה המדעית. ניתן להסביר באמצעותו רבות מהתופעות הקשורות להתנהגות חומרים ותכונותיהם אך לא את כולן [למשל, המודל אינו מתייחס לתיאוריה של חלקיק-גל (הכלול במכניקת הקוונטים) ולכן תופעה כגון צבע של חומר, לא ניתן להסביר באמצעותו]. ברמת לימודי מדע בחט"ב מודל החלקיקים מספק ומתאים.

מודלים מוחשיים:

מודלים מוחשיים מסייעים בידי חוקרים ואנשי מקצוע שונים להמחשה של תופעות, רעיונות, מבנים ועוד, וכן בתקשורת עם עמיתיהם. לדוגמה – דגמים של בניינים או של עצמים שונים, בקנה מידה זה או אחר (כולל הגלובוס), המשמשים אדריכלים ומעצבים, הם מודלים מוחשיים. בעזרת מודלים אלו יכול המעצב להמחיש היבטים מסוימים שהוא מעוניין להדגיש במוצרו. באותו אופן, משתמשים המדענים במודלים מוחשיים על מנת לייצג מודלים תיאורטיים, תהליכים מדעיים או מבנים של גופים ומערכות. לדוגמה – ניתן לייצג את החלקיקים באמצעות מודל מוחשי (פיזי או ממוחשב) של כדורים קשיחים הנמצאים בתנועה, המשמש להמחשת מאפייני מצבי הצבירה השונים ותופעות כמו דחיסה, פעפוע ולחץ של גז.

הדיון עם תלמידים במגבלות המודלים המוחשיים הוא מאוד חיוני. לדוגמה, מודל של בית העשוי מקרטון עשוי לייצג את מבנה הבית אך לא את החומרים מהם הוא בנוי או את גודלו במציאות. המודל המוחשי אמנם ממחיש היבטים מסוימים אך הוא כמובן שגוי מהיבטים אחרים. למשל: איור של נקודות המפוזרות באופן אחיד בתוך בקבוק – מחד, מייצג היבטים של מודל החלקיקים של האוויר: הוא מייצג את החלקיקים, את המרחקים ביניהם (ריק) ואת פיזורו האחיד של הגז בכל הבקבוק; מאידך, הוא אינו מייצג (ולעולם לא ניתן יהיה לייצג באופן מוחשי) את מספר החלקיקים בבקבוק במציאות, את גודלם המציאותי, את המרחקים ביניהם או את מהירות החלקיקים האמיתית.

בשל העובדה שהמודל הינו מופשט, חשוב להשתמש בכיתה באמצעי המחשה רבים ומגוונים ככל האפשר. להציג בכיתה הדמיות ממוחשבות, סרטי אנימציה, תמונות, מצגות, "מכונת הכדורים" ודגמים אחרים הממחישים את מודל החלקיקים של החומר. כמו כן מומלץ לבקש מהתלמידים לצייר מודלים בנוסף להסבר מילולי של תופעות שונות. בכל תופעה חשוב להבדיל בין תיאור תופעה (רמת המאקרו) – מה רואים? לבין ההסבר המדעי (רמת המיקרו) – כיצד מסבירים על פי מודל החלקיקים?

חשוב לדון עם התלמידים במגבלות מודלים, בקשר שבין המודל התיאורטי לניסויי המעבדה ולתופעות בטבע ולהעביר את התפיסה שתיאוריה מדעית נכונה כל עוד לא הפריכו אותה באמצעות ניסויים או תופעות שסותרים אותה.

את הקשר בין ניסויי מעבדה או תצפית בתופעות ניתן להסביר באמצעות הקשר בין כלי מדידה לבין אסטרטגיית "משקפי הקסם" והשימוש בהדמיות ממוחשבות.

א. כלי מדידה – כלי מדידה מאפשר לתאר באמצעות מדדים מוחשיים מצבים משתנים במצב מאקרו, כמו שינויים בנפח, בלחץ ובטמפרטורה, אשר עשויים לסייע לתלמיד לפתח הסברים גם ברמת המיקרו.

מומלץ לתכנן ניסויים שניתן לשלב בהם מדידות כאלו כדי לסייע לתלמידים לפתח חשיבה מופשטת באמצעות מדדים מוחשיים.

ב. "משקפי הקסם" - היא אסטרטגיה פדגוגית לציור מצבים שונים של החומר ברמת המיקרו ולתיאורם באופן מילולי, שפותחה על ידי דר' יוסי נוסבום ודר' שמשון נוביק מהאוניברסיטה העברית בירושלים. התלמידים מדמיינים שקיבלו "משקפי קסם" המאפשרים להם לדמיין מהו מבנה החלקיקים של החומר. בעזרת המשקפיים הם מציירים חומר כלשהוא במבט חלקיקים - ומתייחסים לגודל החלקיקים, למרחק בין החלקיקים, לאופן בו הם מסודרים וכו'. בהמשך המורה ולעיתים גם התלמידים האחרים בכיתה מעריכים את נכונות הציורים באמצעות מדדים ומאפיינים שונים. ניתוח הציורים מסייע לזהות תפיסות נאיביות באמצעות ייצוג תופעות במילים ובאיור, ברמת המקרו וברמת המיקרו בשלבי הלמידה השונים. ניתוח כזה משמעותי מאד כשדנים בשינויים במצב הצבירה. נוסבום ונוביק Novick & Nussbaum (1978, 1981) מציעים להיעזר במשקפי הקסם בכל שלב בלמידה, החל מהשלב המתבסס על ידע קודם בלבד בו התלמידים מתבקשים לצייר את מבנה החומר על פי תפישתם הנאיבית ועד להערכת הסברי התלמידים לאחר שתרגלו, למדו והתדיינו על מאפייני מודל החלקיקים בשלושת מצבי הצבירה.

ג. הדמיות ממוחשבות (אנימציות, סימולציות) - טכנולוגיות התקשוב פתחו בפני המורה אפשרויות חדשות להגברת האפקטיביות של תהליכי הוראה-למידה הדורשים חשיבה מופשטת. **בניגוד לציורים – הסימולציות או סרטוני אנימציה** מאפשרים את הדגמת ההיבט הדינמי של התופעה (תנועה אקראית של חלקיקים למשל, הגברת מהירות התנועה ועוד), את התופעה באופן תלת-מימדי ומעקב אחר התהליך והשינויים ממצב למצב. לעיתים הסימולציה מאפשרת לתלמידים "לשלוט" על חלק מהמשתנים ולעקוב אחר השפעתם של משתנים מסוימים על משתנים אחרים במערכת.

רצף הוראת הרעיונות המרכזיים ביחידת ההוראה - מבנה החלקים של החומר

פעילויות מרכזיות בשיעור	שיעור ביחידת ההוראה
הדגמת תופעות בעולם החומר. מיפוי רעיונות קיימים של תלמידים לגבי מבנה החומר תרגול הרעיון של הסברת מנגנון הפעולה (מכניזם) של תופעות שונות	שיעור 1
המשגת מבנה החלקיקים של החומר: חומר בנוי מחלקיקים. בין החלקיקים קיים ריק. החלקיקים מצויים בתנועה מתמדת ואקראית	שיעור 2-3
ידע אפיסטמי: מודלים ומדידות: איך אפשר לדעת שמשו קיים אם איננו יכולים להסתכל פנימה? ידע אפיסטמי: מודל החלקיקים של החומר הוא דוגמה למודל מדעי-תיאורטי המאפשר הסבר וניבוי של תופעות ותוצאות ניסויים.	שיעור 4-5
האם כל החומרים בנויים מחלקיקים זהים? חומרים שונים נבדלים זה מזה בסוג החלקיקים מהם הם בנויים.	שיעור 6
מאפייני מצבי צבירה ברמת המאקרו	שיעור 7-8
מאפייני מצבי הצבירה השונים ברמת המיקרו: האפיונים הם במונחים של היערכות החלקיקים, בכוחות (האינטראקציות) הקיימים בין החלקיקים, באופן התנועה שלהם ובמהירות הממוצעת של החלקיקים.	שיעור 9
תרגול והערכה	שיעור 10

שיעור 1 פתיחת הנושא תוך מגוון התנסויות

מאחר שנושא מבנה החלקיקים של החומר מופשט מאד, ובזיקה לרעיון המרכזי שהמדע מנסה להסביר תופעות בעולם הטבע אנו ממליצים לפתוח את הנושא בהתנסות.

מומלץ שכל תלמיד יבצע יותר מהתנסות אחת (עבודה בתחנות).

יש לאפשר זמן לחשיבה אישית ובניית הסבר אישי לכל התנסות, ולאחר מכן לדיון המשגה בכיתה. משך הפעילות כולה כ-2-3 שיעורים

ידע קודם להתנסויות המוצעות כאן הוא ההבנה של תלמידים כי אוויר הוא חומר, מפני שהוא עונה על שני מאפייני החומר ברמת המאקרו: בעל מסה ותופס נפח.

מטרת השיעור: בניית רכיבי המודל החלקיקי יחד עם התלמידים. נקודת המוצא: ניסיון להסביר תופעות רבות ע"י שימוש באותו מודל חשיבה.

הצעות לתופעות:

תופעה 1: מעבר ריח באוויר

הצעה לארגון ההתנסות מצויה בספר חוקרים חומר ואנרגיה א' עמ' 136. ניתן להשתמש במקום בבקבוקון בושם בפופקורן שהוכן במהלך השיעור, שקית ובה לחם טרי או עוגה שזה עתה נאפתה או חוממה. לאחר ההתנסות כל תלמיד מקבל [דף עבודה](#). על התלמידים להציע מודל (ציור + מילים) המציע הסבר לשאלה: כיצד הגיע הריח מהבקבוקון/ מהפופקורן/ מהלחם וכו' אל האף שלי?

מרכיבי מודל החלקיקים שיש לנסות ולהגיע להסכמה לגביהם בעקבות התנסות זו: חומר בנוי מחלקיקים זעירים מאד. חלקיקי הבושם שעברו מהבקבוק לחדר – נעו לכל הכיוונים והגיעו לאף.

יחד עם זאת, יהיו תלמידים שיתעקשו להישאר עם מודל של גלים ובשלב זה אין לנו דרך אחרת לשכנעם

תופעה 2: שאיבת אוויר מבקבוק קשיח (ארלנמאייר)

פעילות בה שואבים אוויר מבקבוק, מצויה בספרים: מדע החומר לכיתה ז' עמ' 137, חוקרים חומר ואנרגיה א' עמ' 122-123

אפשרויות להמחשה טובה יותר של העובדה כי אוויר נשאב החוצה:

שימוש בעשן צבעוני המשמש למסיבות ובאפקטים לצילום. ניתן גם לשאוב את האוויר מכלי קשיח ומכלי רך (שקית, או פלסטיק רך) ולראות את ההבדל. הכלי הרך אכן קטן בנפח. הכלי הקשיח - לא. אם כן - מה יש בכלי הקשיח מקום הגז שיצא? לא כלום. ריק.

לאחר ההתנסות כל תלמיד מקבל [דף עבודה](#). על התלמידים להציע מודל (ציור + מילים) המציע הסבר לשאלה:

איך לדעתך נראה האוויר שנותר בבקבוק לאחר שאיבת חלק ממנו?

מרכיבי המודל החלקיקי שניתן להסכים עליהם בעקבות התנסות זו:

מאחר שהוצאנו חלק מהאוויר – יש עכשיו בבקבוק "מקומות ריקים מאוויר". יצרנו בבקבוק "ריק". בשלב זה לתלמידים יכולים להיות רעיונות שונים לגבי איך והיכן לייצג את הריק. חלק יגידו שהאוויר הנותר עלה לחלק העליון של הבקבוק, אחרים יגידו שהוא בחלק התחתון, ואחרים אינטואיטיבית יגידו שהוא מפוזר בכל הבקבוק אבל לא ידעו להסביר את המשמעות המיקרוסקופית. רק ניסוי של פעפוע שיגיע בשלב הבא יוכל לספק אישוש להשערה שהוא התפזר.

תופעה 3: דחיסת אוויר במזרק

בניסוי זה התלמידים דוחסים אוויר במזרק ע"י סגירת פיית המזרק והקטנת נפח המזרק באמצעות הזזת הבוכנה. בזמן הניסוי פיית המזרק סגורה (ע"י אצבע התלמיד או גוש פלסטלינה), כך שכמות האוויר במזרק נשארת קבועה אך נפחו משתנה. ספר חוקרים חומר ואנרגיה א' עמ' 132
לאחר ההתנסות כל תלמיד [מקבל דף עבודה](#). על התלמידים להציע מודל (ציור + מילים) המציע הסבר לשאלה: כיצד נראה האוויר במזרק לפני ולאחר הדחיסה?
מרכיבי המודל החלקיקי שניתן להסכים עליהם בעקבות התנסות זו:
מאחר שאותה כמות חומר (אותה כמות אוויר) תופסת לאחר הדחיסה נפח קטן יותר ניתן להסיק שבמצב הקודם היו "מקומות בלי חומר" היו יותר מרווחים בין חלקיקי האוויר

תופעה 4: פעפוע ברום באוויר ובריק. [סרטון: ניסוי פעפוע של ברום באוויר ובריק](#). [סרטון: ניסוי פעפוע של ברום באוויר ובריק](#)

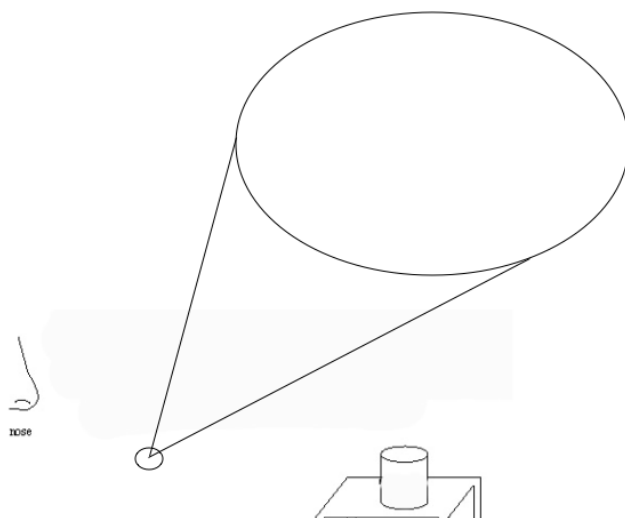
מומלץ בשלב זה לא להסביר מהו פעפוע. וכן לא להתעכב על מעבר מצב הצבירה נוזל-גז המתרחש בברום. יחד עם זאת יש להסביר את רכיבי המערכת. הסרטון אינו דובר עברית, אך המורה יכול להשתיק את הקול בסרטון ולהסביר בעצמו.
לאחר הסרטון כל תלמיד מקבל [דף עבודה](#). על התלמידים להציע מודל (ציור + מילים) המציע הסבר לשאלה: מה קרה לנוזל הברום לאחר שפתחו את השסתום המוביל למיכל הזכוכית הגדול?
מדוע קצב הפיזור אינו אחיד? מדוע במיכל בו לא היה אוויר הברום התפשט מהר יותר? מה ההסבר לתופעה?
מרכיבי המודל החלקיקי שניתן להסכים עליהם בעקבות התנסות זו: אוויר איננו ריק. יש הבדל בין המיכל בו היה אוויר לבין המיכל בו היה ריק. בשני המקרים הברום מילא את המיכל בפיזור שווה לכל הכיוונים. הסבר חלקיקים יציע מנגנון לעובדה מדוע ההתנגשויות עם חלקיקי האוויר האטו את חלקיקי הברום

תופעה 5: **מילוי מיכל גז** צפו בסרטון הפרסומת [מלא בעצמך את מיכל הגז במכשיר הסודה קלאב](#) (אפשר להתחיל לצפות בדקה 04:30). הסרטון אינו דובר עברית. מומלץ כי המורה ילווה את הסרטון בתרגום חופשי. לאחר הסרטון כל תלמיד מקבל [דף עבודה](#). על התלמידים להציע מודל (ציור + מילים) המציע הסבר לשאלה: מה מצוי במיכל הגז הקטן לפני המילוי ולאחריו?
מרכיבי מודל החלקיקים שניתן להסכים עליהם בעקבות התנסות זו: גז עברו מהמיכל הגדול אל המיכל הקטן ומילאו את נפחו. אנו יודעים שחומר עבר מפני שהמסה של המיכל עלתה. הסבר חלקיקים יציע מנגנון לאופן מעבר הגז מהמיכל הגדול למיכל הקטן.

תופעה 6: **ניפוח בלון**. מומלץ שכל תלמיד ינפח בלון עם אוויר מריאותיו ולא ממשאבה על מנת שיחוש פיזית את יציאת האוויר מריאותיו אל חלל הבלון. לאחר ההתנסות כל תלמיד מקבל [דף עבודה](#). על התלמידים להציע מודל (ציור + מילים) המציע הסבר לשאלה – מה הכיל הבלון לפני ומה הוא מכיל לאחר תהליך הניפוח?
מרכיבי מודל החלקיקים שניתן להסכים עליהם בעקבות התנסות זו: חומר בנוי מחלקיקים זעירים מאוד. גז (אוויר עשיר בפד"ח), עבר מהריאות שלנו אל הבלון. הגז שעבר ממלא באופן שווה את כל נפח הבלון.

דף עבודה 1 – מעבר ריח באוויר

הניחו כי ברשותכם מיקרוסקופ רב עוצמה ואתם יכולים לראות בהגדלה גדולה מאד את האוויר המצוי בין מקור הריח לבין האף. ציירו בתוך העיגול הגדול מה הייתם רואים.



סמנו בשמות את הרכיבים בציורכם

תארו במילים את משמעות הציור (דמיינו כי חברכם מתבונן בציור ואתם מסבירים לו את מה שציירתם)

דף עבודה 2 - שאיבת אוויר ממכל קשיח (בעל נפח קבוע)

בניסוי שאבתם החוצה חלק מהאוויר שהיה מצוי בתוך מיכל קשיח. דמיינו שברשותכם מיקרוסקופ רב עוצמה ואתם יכולים לראות בהגדלה גדולה מאד את האוויר שהיה בכלי לפני ולאחר השאיבה. ציירו בתוך כל אחד מהבקבוקים מה הייתם רואים. סמנו בשמות את הרכיבים בציורכם תארו במילים את משמעות הציור (דמיינו כי חברכם מתבונן בציור ואתם מסבירים לו את מה שציירתם).

אחרי שאיבת חלק מהאוויר



לפני שאיבת חלק מהאוויר



הסבר:

דף עבודה 3 - דחיסת אוויר במזרק

בניסוי דחסתם אוויר במזרק.

לפניכם תמונה של מזרק. שרטטו שני איורים של המזרק בשני מצבים:

לפני תחילת הדחיסה ולאחריה. שימו לב למיקום הבוכנה באיורים שלכם.

דמיינו שברשותכם מיקרוסקופ רב עוצמה ואתם יכולים לראות בהגדלה גדולה מאד את האוויר במזרק לפני

ואחרי השאיבה. ציירו בתוך המזרקים מה הייתם רואים.

סמנו בשמות את הרכיבים בציורכם

תארו במילים את משמעות הציור (דמיינו כי חברכם מתבונן בציור ואתם מסבירים לו את מה שציירתם.



הסבר:

דף עבודה 4 – פעפוע ברום – אפשרות א'

לפניכם מערכת הדומה לזו שבה צפיתם בסרטון. מיכל האוויר החיצוני דומה למבחנת האוויר לפני פתיחת הברז שאפשר את מעבר הברום למבחנה.

דמיינו שברשותכם מיקרוסקופ רב עוצמה ואתם יכולים לראות בהגדלה גדולה מאד את האוויר במיכל הגדול לפני ואחרי פיזור הברום. ציירו בתוך העיגולים הגדולים מה הייתם רואים.

סמנו בשמות את הרכיבים בציורכם

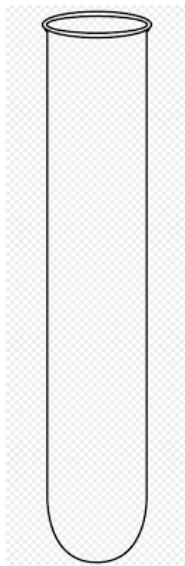
תארו במילים את משמעות הציור (דמיינו כי חברכם מתבונן בציור ואתם מסבירים לו את מה שציירתם).



הסבר:

דף עבודה – פעפוע ברום – אפשרות ב'

לפניכם תמונה מתוך הסרטון בו צפיתם. דמיינו כי ברשותכם מיקרוסקופ רב עוצמה ואתם יכולים לראות בהגדלה גדולה מאד את האוויר במבחנה לפני ואחרי פיזור הברום. ציירו באיורים מטה מה הייתם רואים. סמנו בשמות את הרכיבים בציורכם תארו במילים את משמעות הציור (דמיינו כי חברכם מתבונן בציור ואתם מסבירים לו את מה שציירתם).



אחרי פיזור הברום



לפני פיזור הברום

הסבר:

דף עבודה 5 – מילוי מיכל גז

בסרטון בו צפיתם מילאו את מיכל הגז הגדול, בגז שהיה מאוחסן במיכל הקטן יותר (ראו תמונה)



ענו על השאלות הבאות:

מה מצוי במיכל הגז הקטן לפני המילוי ולאחריו?

כיצד אנו יודעים שחומר עבר מהמיכל הקטן למיכל הגדול?

שרטטו איור סכמטי של מיכל הגז הקטן לפני ואחרי שהגז עבר למיכל הגדול.

דמיינו שברשותכם מיקרוסקופ רב עוצמה ואתם יכולים לראות בהגדלה גדולה מאד את הגז במיכל לפני ואחרי

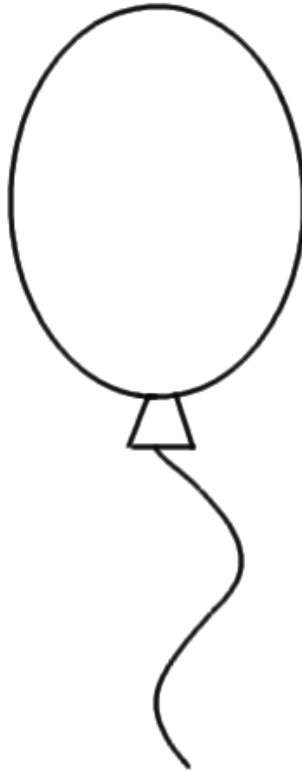
המילוי. ציירו בתוך האיורים ששרטטתם מה הייתם רואים.

סמנו בשמות את הרכיבים בציורכם

תארו במילים את משמעות הציור (דמיינו כי חברכם מתבונן בציור ואתם מסבירים לו את מה שציירתם).

דף עבודה 6 – ניפוח בלון

דמיינו כי ברשותכם מיקרוסקופ רב עוצמה בו הייתם יכולים לראות בהגדלה גדולה מאד את הגז הממלא את הבלון, לאחר ניפוחו. ציירו בתוך האיורים ששרטטתם מה הייתם רואים.
סמנו בשמות את הרכיבים בציורכם
תארו במילים את משמעות הציור (דמיינו כי חברכם מתבונן בציור ואתם מסבירים לו את מה שציירתם).



הסבר:

שיעור 2-3 - המשגה

אפשרות א': יצירת "גלריית ציורים והסברים". מקצים לכל אחת מהתופעות בהן התנסו התלמידים שולחן. מומלץ להניח על השולחן כיתוב ובו שם התופעה ואולי תמונה שמזכירה את ההתנסות. למשל "ניפוח בלון". על שולחן זה מניחים התלמידים את הציור + ההסבר המתאים לתופעה.

התלמידים סובבים בין השולחנות במשך כ-10 דקות, צופים בציורים וקוראים את ההסברים של עמיתיהם. הם מוזמנים לרשום לעצמם שאלות נוספות הקשורות לתופעות אלו או לאחרות ותהיות.

דיון "חותרים להבנה" (**pressing for understanding**):

מטרת הדיון היא שהתלמידים ינסו להסביר לעצמם את התופעות ולהמשיג לעצמם את מודל החלקיקים. המורה צריך להשהות את תשובותיו, לאפשר דיון, לאפשר השגות ושאלות לגבי הסברים של חבריהם, ולסכם את עקרונות מודל החלקיקים של החומר רק לקראת סוף השיעור. המורה יכול לקדם את הדיון בשאלות מנחות כגון: האם פיזור הברום באופן שנצפה היה אפשרי לו האוויר היה רציף/ לו הברום היה רציף?

המורה פותח את הדיון: התיאוריה המדעית על מבנה החומר מסבירה את כל התופעות בהן התנסו ועוד תופעות רבות אחרות, בעצם היא מסבירה את כל התופעות הקשורות לחומרים.

שאלות אפשריות להנעת הדיון:

האם יש כמה הסברים אפשריים לתופעות השונות?

האם יש גורמים משותפים בהסברים ובציורים שלכם, גורמים המופיעים בכלל התופעות?

מהם לדעתכם מתוך הציורים שלכם והידע הקודם שלכם עיקרי התיאוריה של מבנה החומר?

ברבות מהתופעות חומר עבר ממיכל אחד לאחר או התפזר באוויר – מה זה אומר שחומר עובר? מה בעצם עובר לדעתכם? מה היה קודם במקום אליו "עבר החומר"? כיצד ניתן להסביר מעבר של חומר? התפזרות של חומר?

בואו ננסה להשתמש בתיאור (או בתיאורים) שבהם תיאר את מבנה החומר כדי להסביר כך אחת מהתופעות. לפני סיכום עקרונות מבנה החלקיקים יש להסכים כי גז הוא חומר (בעל מסה ונפח)

סיכום מרכיבי המבנה החלקיקי בעקבות הדיון:

גז בנוי מחלקיקים

בין החלקיקים קיים ריק

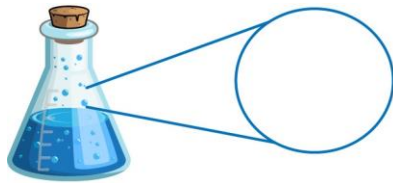
החלקיקים מצויים בתנועה מתמדת

אפשרות ב':

עבודה בקבוצות / זוגות: מעריכים מודל

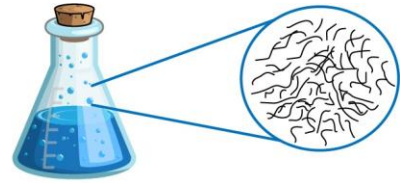
המורה יציג לתלמידים שני מודלים (מתוך המודלים שציירו התלמידים בשיעורים הקודמים) (ללא שמות כמובן, או מהספרות) מודל אחד מדויק ומודל שני מוטעה. על התלמידים לבחור את המודל שמסביר באופן הטוב ביותר את כלל התופעות, ולהסביר מדוע הם פוסלים את המודל האחר. התלמידים מתבססים על ראיות מהניסויים. לאחר מכן - דיון מסכם בכיתה בדומה לדיון המוצע באפשרות א'.

מודלים שעשויים לעלות בשיעור זה:



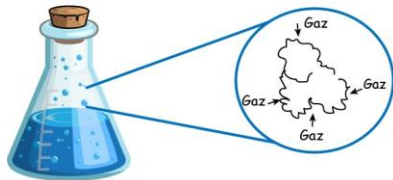
מודל רציף:

אין מבנה חלקיקי, אין ריק, אין תנועה.



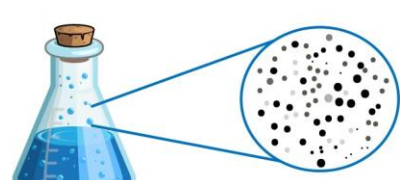
מודל רציף:

אין מבנה חלקיקי, יש ריק, לא ברור אם יש תנועה.



מודל רציף:

אין חלקיקים, אין ריק, יש תנועה.



מודל חלקיקי:

יש חלקיקים, יש ריק, יש תנועה.

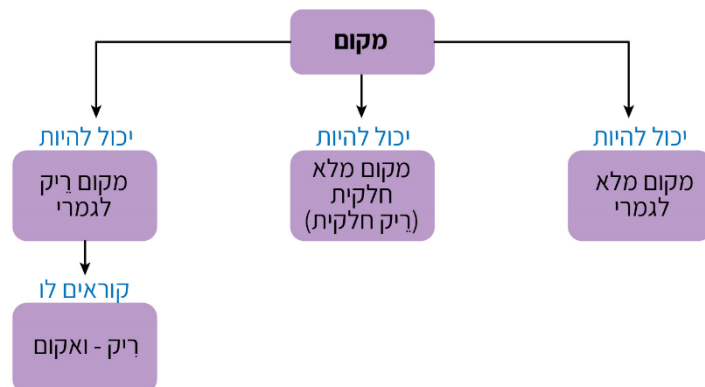
תפישות שגויות שעלולות לעלות בשיעור זה:

קושי בהבנה של המושג "ריק" או התייחסות לאוויר כאל ריק.

נושא הריק קשה יותר לתפיסה מאשר היותו של החומר בנוי מחלקיקים. לכן, חשוב לאפשר לשאול שאלות ולתת

מספיק זמן להיבט / למושג הריק.

תרשים זרימה מוצע לבניית מושג הריק:



ריק איננו חומר! **ריק** הוא מקום (חלל) **ריק לגמרי**. **מקום** הוא חלק מהמרחב. **מקום** אינו עשוי מחומר. הוא יכול להכיל בתוכו גופים העשויים מחומרים, אבל הוא יכול גם להישאר ריק מכל חומר.

מתוך הספר "ריק וחלקיקים" עמ' 83

התמודדות עם תפישות נאיביות

התייחסות אל מבנה החומר כאל מבנה רציף. אפשר להבהיר כי במשך שנים רבות גם הקהילה המדעית התייחסה אל מבנה החומר כאל "מבנה רציף", עד שנתקלו בתופעות שונות שרק מבנה החלקיקים יכול להסביר.

ניתן לחזור לתופעות בהן נתקלו או צפו ולשאול: אילו מהתופעות בהן נתקלתם לא ניתן להסביר באמצעות התאוריה לפיה מבנה החומר הוא רציף. מדוע?

הרחבה: האם התנועה היא תנועה מכוונת או אקראית?
מומלץ להרחיב בנושא זה אם עולה בשאלות התלמידים או בכיתות מצוינות.

חלקיקים נעים באופן אקראי לכל הכיוונים עקב התנגשויות אקראיות בין חלקיקי החומר לבין עצמם, בינם לבין חלקיקי התווך בו הם מצויים (אם זה לא ריק) ובינם לבין דפנות הכלי בו הם מצויים.
לתנועה הקרויה גם תנועה בראונית, ביטויים פיסיקליים ומתימטיים לא פשוטים.
ניתן להמחיש תנועה בראונית בגז ע"י מעקב אחר גרגרי אבק המצויים באוויר ונעים לכיוונים שונים עקב התנגשויות עם חלקיקי האוויר.

הדגמה טובה לתנועת עשן תחת מיקרוסקופ קיימת בסרטון [תא עשן - תיאור מיקרוסקופי](#).

או בסימולציה המופיעה באתר הויקיפדיה בערך [תנועה בראונית](#)

(מקור: [Open Source Physics @ Singapore](#))

או: [תנועה בראונית - עשן](#) (דקות 1:57-2:48)

[הסבר וסימולציה תנועת בראון - מכון דוידסון](#)

תפישות שגויות אפשריות: תפישה שגויה שעלולה לנבוע מההדגמות המומלצות היא החשיבה על גרגרי האבק או הפיח בעשן כעל החלקיקים הבונים את החומר. תפישה זו נובעת מחוסר הבנה של סדרי הגודל בהם מדובר. חשוב להדגיש כי הגרגרים הנצפים בנויים בעצמם מהרבה מאד חלקיקים בלתי נראים לעין, וכי תנועתם נובעת מהתנגשויות עם החלקיקים המרכיבים את האוויר ואלו - קטנים מאד מאד.

שיעור 4-5 : איך אפשר לדעת שמשו קיים אם איננו רואים אותו ?

הפעילות מבוססת על פעילות שפותחה במרכז CREATE במישגן סטייט יוניברסיטי.

שיעור זה עוסק בשאלה ניסויית ופילוסופית: איך אפשר לדעת ממה בנוי החומר אם איננו יכולים להסתכל פנימה אל תוך החומר. פעילות זו מדגישה הן ידע פרוצדורלי (כיצד עורכים ניסוי) והן ידע אפיסטמי על מהות המדע ובניית מודלים.

רקע למורה: הבנת מבנה חומרים נעשית בשיטות שונות. אסכולה מרכזית היא שיטות ספקטרליות, מיקרוסקופיות ושיטות פיזור ועקיפה בהן אנו משתמשים במגוון סוגי קרינה הנשלחים אל תוך החומר ומתוך פענוח ממצאי הקרינה היוצאת (עוצמה, פיזור, סוג הקרינה שנבלע וכו'), והשוואתה לקרינה ש"נשלחה" פנימה אל תוך החומר – אנו יכולים להסיק מידע לגבי החלקיקים המרכיבים את החומר, ההיערכות הפנימית שלהם והכוחות ביניהם.

הרחבה בנושא שיטות ספקטרוסקופיות:

טכניקות שונות העושות שימוש בתחומים שונים של הספקטרום האלקטרומגנטי לפיענוח מבנה החומר. הספקטרופוטומטר הוא מכשיר מדידה המאפשר למדוד את בליעת האור של חומר נבדק באורכי גל שונים. אלומת אור יוצאת ממקור האור אל מנסרה, המפרקת את האור הלבן ומפרידה בין אורכי הגל השונים. על ידי סיבוב המנסרה אפשר להביא את קרן האור בעלת אורך הגל הרצוי אל מול סדק, דרכו עובר האור אל החומר הנבדק. כתוצאה מאינטראקציה בין האור לחומר שבדוגמה עוצמת האור פוחתת. הגלאי מזהה את עוצמת האור העוברת את הדוגמה ומחשב את היחס בין עוצמת האור שעברה את הדוגמה לעוצמה שנכנסה אליה (גודל המכונה "העברה"). באמצעות הנתונים המתקבלים מהמדידה, ניתן לקבל מידע על אופי החומר וכן על ריכוזו בתמיסה. מרבית מכשירי הספקטרופוטומטר מודדים בתחום העל סגול ובאור נראה. קיימים גם מכשירים המודדים בתחום התת-אדום.

דוגמה נוספת: ספקטרוסקופיית קרני X בה מעבירים אלומת קרני רנטגן דרך גביש. הקרניים היוצאות מהגביש נבדקות, על פי השפעתן על לוח צילום או על מונה גייגר. פיענוח צורת פיצול האלומה מאפשר להסיק מסקנות על המבנה הגבישי של חומרים שונים". טכניקה זו שימושית בפענוח מבנה חלבונים

קיימות גם שיטות מיקרוסקופיות, למשל: מיקרוסקופ אלקטרוני חודר (Transmission Electron Microscope, TEM) הוא מיקרוסקופ המחדיר אלומת אלקטרונים במתח גבוה, אל דגימת חומר מאוד דלילה (ולכן שקופה למחצה לאלקטרונים). הסטייה של האלומה בצאתה מהחומר ("תמונה") נושאת מידע לגבי המבנה הפנימי של הדגימה. ה"תמונה" מוגדלת באמצעות סדרת עדשות מגנטיות עד שהיא נרשמת על ידי פגיעה במסך פלואורסצנטי, או חיישן אור היוצר תמונה שניתן להציג בזמן אמת על גבי מסך מחשב.

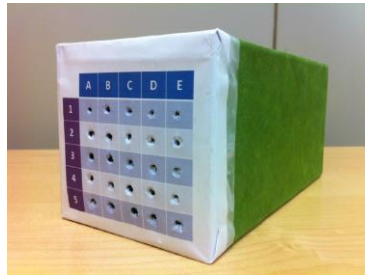
הכנה לשיעור: בניית קופסת המסתורין

חומרים:

קופסא בגודל בינוני הנפתחת משני כיוונים מנוגדים

שרטוט של טבלת משבצות 5X5 (סה"כ 25 תאים) בגודל המתאים להדבקה על אחד מצידי התיבה.
ציר ה-X יסומן באותיות עוקבות א-ה', ציר ה-Y יסומן במספרים 1-5. וזאת על מנת לאפשר זיהוי מילולי כל תא, למשל תא א2.

במרכז כל אחת מהמשבצות יש לנקב חור
יש להדביק את הטבלה על אחד מצידיו התיבה.
ראו צילום:



הכניסו בקבוק פלסטיק קטן (למשל בקבוק מים מינרליים קטן) לתוך התיבה.
הציבו את התיבה כך שהטבלה מכוונת אל התלמידים והחלק האחורי מכונן את הלוח / מסך המקרן.
שימו לב - החלק האחורי חייב להישאר פתוח על מנת לאפשר את מעבר קרן הלייזר אל הלוח.
אל תאפשרו לתלמידים לראות מהו החפץ בתוך התיבה.

מטרות הפעילות:

1. לספק לתלמידים התנסות בשיטות מדידה עקיפות של חפץ שאינם מסוגלים לראותו
2. להכליל מהתנסותם לגבי המחקר על מבנה החומר - מאחר שלא ניתן לצפות בחלקיקים המרכיבים את החומר (אטומים) ישירות, פותחו שיטות עקיפות – המספקות הוכחות לקיומם של חלקיקים.
3. ללמוד כי לשיטות מדידה עקיפות יש מגבלות. אחת המגבלות היא מספר המדידות האפשרי. (הסיבות להגבלה במספר המדידות הינן רבות ולא ניכנס אליהן במסגרת שיעור זה)

מהלך השיעור:

שאלות לדיון מקדים בכיתה: אתם נכנסים לחדר חשוך מאד – איך תוכלו לדעת מה נמצא בתוך החדר?
או: אתם באוהל על שפת אגם. לילה חשוך, ללא ירח. איך תוכלו לדעת האם ואילו חיות מתקרבות אל האוהל ואל האגם לשתות מים?
אילו הוכחות אספתם לקיומם של חפצים בחדר החשוך / חיות על שפת האגם מבלי לראותם?

כלים וחומרים:

תיבת מסתורין

סמן לייזר

לוח / קיר לבן

הצג בכיתה את "קופסת המסתורין" – אמור שמטרת השיעור היא לחקור מה צורתו של חפץ הנמצא בקופסא מבלי לראות אותו ישירות



למורה: האר בפנס לייזר (Laser pointer) על אחד מהחורים בקופסא, ציין איזה חור אתה מאיר – למשל A1 - והראה לתלמידים על הלוח מאחורי הקופסא – האם קרן הלייזר עברה או לא. עשה זאת לגבי עוד חור אחד בלבד.

הערת בטיחות: יש להשתמש בפנס לייזר דרגה 1: לייזר שאין בו סיכון בכל מצב אפשרי (ערכיו הנגישים מערכי MPE לעיניים),

על התלמידים לרשום בטבלה את תצפיותיהם.

אמור לתלמידים שבמדע האמיתי כל מדידה כזו הנה מסובכת ויקרה ולכן אתה מגביל את כמות מדידות הלייזר האפשריות. על התלמידים לדון בקבוצות במגבלה ולהגיע לקונצנזוס – מהו המספר המינימלי של מדידות שהם צריכים ובאילו תאים.

טבלה לרישום התצפיות:

	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					

מדידת מעבר קרן הלייזר דרך החורים השונים בקופסא יכול להיעשות על ידי התלמידים, אם העבודה היא בקבוצות קטנות והתלמידים מכבדים את ההנחיה שלא להאיר בקרן הלייזר אלו על אלו.

במידה והכיתה גדולה מומלץ כי יקראו למורה והוא יבצע עבורם את המדידות.

הנחיות עזר לעבודה בקבוצות

החליטו על מספר מינימלי של מדידות ומיקומן.

בצעו את המדידות שהחלטתם עליהן (או קראו למורה לצורך הביצוע)

השתמשו בטבלה מעלה לסמן היכן מעבר הלייזר היה חד, היה מעורפל או היכן לא עבר כלל.

עליכם לציין צורה, גודל ומיקום בתוך הקופסה.

עליכם לנמק את החלטתם בהתאם לעובדות ממדידות הלייזר.

דיון במליאה:

האם יש חפץ בכלל בתוך הקופסא? כיצד הם יודעים זאת? מה הם יודעים על החפץ?

הראה את צורת החפץ **המשוערת** של כמה קבוצות - ניתן לתלות על הלוח את טבלת הממצאים

דונו בנקודות דמיון ושוני בין ממצאי הקבוצות השונות ובסיבות להן

כיצד הפעילות קשורה לדעתכם לחומר הנלמד - כיצד בנויים חומרים?

נקודות נוספות לסיכום הדיון :

השערות לגבי צורת החפץ הן בעצם "מודל" הנתמך ע"י "עדויות" – ממצאי מדידת מעבר קרן הלייזר דרך הקופסא

לעיתים – אותו ממצא נתון לפרשנויות שונות, ועשוי לתמוך בהשערות שונות. כך בניסוי, וכך גם במדע. במקרה זה נדרשות עובדות נוספות

לכל ניסוי יש מגבלות שונות. במקרה שלנו – המגבלה הייתה מספר מוגבל של מדידות אפשריות בפועל (בתיאוריה האפשרויות הן כמובן אינסופיות). כך קורה גם בניסוי מדעי. כאן גם המקום לקיים דיון בשאלה מהו מודל? השתמש במבוא למורה על מנת לנהל דיון זה בכיתתך.

דגשים לגבי מדידות:

בנייה על ידע קודם של תלמידים: דוגמאות למדידות ישירות – מדידה של נפח או מסה של חפצים שונים, מדידת מספר הימים שעוברים ממולד הירח ועד למולד הירח הבא, ניסויים בהם בדקנו איך תנאי הגידול משפיעים על קצב גדילת צמחים. בכל אלו מתבצעת תצפית ומדידה ישירה של הגודל שאנו רוצים למדוד.

דוגמאות למדידות עקיפות :

הדינזאורים נכחדו לפני 65 מיליון שנים, הרבה לפני הופעת המין האנושי על פני כדור הארץ. כיצד אנו יודעים עליהם? ובכן – אנו משתמשים במדידות עקיפות – מאובנים של עצמות דינזאורים, וביצי דינזאורים להערכת גודלם, מסתם (הרי לא באמת מודדים מסה של דינזאור), צורת איבריהם וסוג הדינזאורים שהיו קיימים. ניתוח חומרים במאובנים של הפרשות הדינזאורים – משמש להערכת התפריט ממנו ניזונו דוגמא נוספת היא הצורה בה אנו חוקרים כוכבים מרוחקים – המדענים אינם יכולים לאסוף דגימות מפני השטח של הכוכב עצמו, לכן הן משתמשים במדידות של האור שהכוכב מפיץ ומשווים זאת למדידות אור אחרות שהם מכירים על מנת להסיק מסקנות לגבי הרכב החומרים בכוכב.

אפשרות להרחבה:

ניתן להראות כיצד עוברת (או נחסמת) קרן הלייזר מהפנס דרך תווך העשוי מחומרים שונים: עץ, מתכת, פלסטיק שקוף, פלסטיק אטום, זכוכית, בקבוק זכוכית ריק, בקבוק המכיל מים, בקבוק המכיל מים צבועים בצבע מאכל, צמר גפן ועוד.

בהתאם לממצאים אלו ניתן לשער לא רק את צורת החפץ אלא גם את החומר ממנו הוא עשוי.

שיעור 6 – האם כל החומרים בנויים מאותם חלקיקים בדיוק?

מטרת השיעור היא להבנות את ההבנה כי העובדה שחומרים שונים נבדלים זה מזה בתכונותיהם ניתנת להסבר בעובדה כי חומרים שונים זה מזה בסוג החלקיקים מהם הם בנויים.

הערה: נושא שיעור זה אינו נכלל בנושאי הליבה החיוניים הבנת העיקרון כי חומר בנוי מחלקיקים, אך נראה לנו כי ראוי להתייחס לעובדה כי חומרים שונים בנויים מחלקיקים שונים, כחלק מהבניית המודל כולו. באם בחרת שלא ללמד נושא זה כאן הרי שהוא מתאים לפתיחה של נושא החומרים בכיתה ח.

אפשרות א': ניסוי תלמידים: השוואה ניסויית בין נחושת וברזל (או אלומיניום). כל זוג מקבל שתי קוביות סטנדרטיות (1X1 סמ"ק) – קוביית נחושת וקוביית ברזל. עליהם להשוות את כל תכונות החומרים העולות בדעתם, ולרכז את תוצרי השוואתם בטבלה המצ"ב.

התכונה (הוסיפו תכונות נוספות)	תצפית / מדידה בקוביית הברזל	תצפית / מדידה בקוביית הנחושת
צבע		
מסה		
קשיות (לחרוץ במסמר פלדה)		
אפשרות ציפה במים		
הרחבה: חישוב צפיפות		

התייחסות מפורשת למיומנויות: תצפיות ומדידות הנן אמצעים חיוניים לאיסוף נתונים במדע. טבלה הנה אמצעי חזותי המרכז את התצפיות והמדידות לצורך השוואה – לראות מה דומה ומה שונה בין שני גורמים או יותר. ההשוואה חשובה לצורך הבנה והסקת מסקנות

התייחסות לשונות לומדים: בכיתות בהן כבר התייחסו בעבר למיומנות ההשוואה באופן מפורש, ניתן "להסיר את הפיגומים", לא לתת את הטבלה, אלא לאפשר לתלמידים לרכז בעצמם את תצפיותיהם ומדידותיהם. בכיתות בהם יש תלמידים מתקשים – המורה יוסיף את כל התבחינים להשוואה עבור תלמידיו.

דיון המשגה – כיצד ניתן להסביר את ההבדלים בין שתי המתכות?

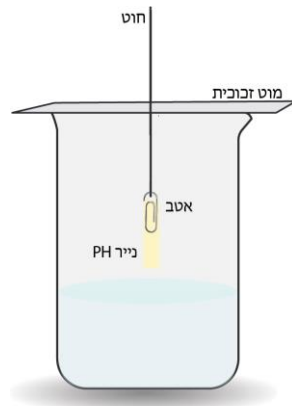
בדיון חשוב לקשר בין רמת המיקרו לרמת המאקרו:

ברמת המאקרו - חומרים שונים נבדלים זה מזה בתכונותיהם

ברמת המיקרו הסיבה לשוני בתכונות היא השוני בסוג החלקיקים שלהם.

לתלמידים האוחזים במודל רציף עדיין ייתכן כי הסבר זה אינו משכנע, אך היחידה כולה מכוונת לעובדה כי מודל החלקיקים מסביר מגוון תופעות רחב מאד, שבלתי ניתן להסביר בדרכים אחרות.

אפשרות ב' הדגמת מורה: שינוי צבע בנייר PH (נייר מתיל אורנג') העומד באדים מעל שלושה נוזלים צלולים (מים, חומצה אצטית מרוכזת - 100% (לא חומץ) ותמיסת אמוניה). אין לטבול את הנייר בנוזלים אלא לתת לאדים להגיע אל הנייר



הערות בטיחות:

1. מאחר שאסור לאדות אמוניה בכלי פתוח יש לכסות את כל שלושת הכלים בפיסת קרטון או פלסטיק שבאמצעה חור המאפשר את השחלת החוט.
2. יש להשתמש בנייר PH מתיל אורנג' קנוי בלבד (עם סקלת צבעים מתאימה). אין להכינו באופן עצמאי במעבדה.



צבע נייר PH (משמש כחומר בוחן)	
	נוזל צלול א'
	נוזל צלול ב'
	נוזל צלול ג'

ניתן להסביר בקצרה ובפשטות מהו חומר בוחן.

חומר בוחן – חומר המלמד על נוכחות תרכובות כימיות מסוימות, לפי שינויים החלים בו (לרוב צבע) בתגובה לשינויים המתרחשים בסביבתו (מקור: ויקימילון). השם באנגלית – **indicator** מגיע מהמילה **indicate** - מצביע על....

התייחסות מפורשת למיומנויות: תצפיות ומדידות הנן אמצעים חיוניים לאיסוף נתונים במדע. טבלה הנה אמצעי חזותי המרכז את התצפיות והמדידות ומאפשר השוואה ומציאת נקודות דמיון ושוני. ההשוואה תורמת להבנה ולהסקת מסקנות.

דיון המשגה

האם הנוזלים הצלולים וחסרי הצבע בשלושת הכלים זהים? נמקו תשובתכם מהו ההסבר לתופעות בהן צפינו? כיצד לדעתכם הגיע חומר מתוך הנוזל אל האוויר שמעל הנוזל ושינה את צבע הנייר? ציירו ציור המסביר את תשובתכם.

ראשית יש לוודא כי התלמידים מסכימים על כך שמקורם של האדים שהגיעו לנייר ה-PH הוא הנוזל שבכל אחד מהכלים השונים. תופעה זו - התאדות - אמורה להיות מוכרת להם ברמת המאקרו מלימודיהם ביסודי. אם בשיעורים הקודמים הגענו להסכמה כי גז בנוי מחלקיקים, ואם מקור האדים (חומר במצב צבירה גז) הוא בנוזל - ייתכן שגם הנוזל בנוי מאותם חלקיקים. הבנה זו הנה אינטואיטיבית למדי

בציורי והסברי התלמידים יש לאתר ולהדגיש את שלושת עיקרי המודל החלקיקי שכבר נלמדו:

חומר בנוי מחלקיקים זעירים

בין החלקיקים יש ריק

חלקיקי החומר מצויים בתנועה. תנועה זו מאפשרת לחלק מחלקיקי הנוזלים הצלולים להגיע אל הנייר התלוי מעל גובה פני הנוזל.

כעת בהתבסס על הסברי התלמידים יש להוסיף רכיב נוסף למודל - חומרים שונים נבדלים זה מזה בסוג החלקיקים מהם הם בנויים.

הרחבה: האם גם בנוזלים החלקיקים נעים באופן אקראי לכל הכיוונים?

מומלץ לבצע הרחבה זו אם נובעת משאלות תלמידים ובכיתות מצוינות

חלקיקים נעים באופן אקראי לכל הכיוונים עקב התנגשויות אקראיות בין חלקיקי החומר לבין עצמם, בינם לבין חלקיקי התווך בו הם מצויים ובינם לבין דפנות הכלי בו הם מצויים.

לתנועה הקרויה גם תנועה בראונית, ביטויים פיסיקליים ומתמטיים לא פשוטים.

ניתן להמחיש תנועה בראונית בנוזל ע"י מעקב אחר פיזור טיפת צבע מאכל במים.

ניתן להקרין את הסרטון הבא או לבצע את הניסוי עם התלמידים בכיתה:

[פיזור צבע מאכל נוזלי במים](#)

שיעור 7 – חקר מודרך או חקרשת: מאפייני מצבי צבירה ברמת המאקרו

ידע קודם: אנו מניחים כי ביסודי התלמידים למדו על המאפיינים של מוצק נוזל וגז ברמת המאקרו, וכי ביחידת הלימוד הקודמת בכיתה ז' למדו על ההבדל בין גוף וחומר ועל תכונות חומרים. מטרת שיעור 7:

- להזכיר לתלמידים את הידע הקודם כמפורט מעלה
- לקשר ידע קודם זה לתכונות כלליות של מוצקים, נוזלים וגזים
- לשיים את התכונות הכלליות הללו כ"מאפייני מצבי הצבירה" ברמת המאקרו

אפשרות א' - התנסות:

גרסה 1: פעילות יחידנית / קבוצתית א' (מתאימה ללמידה מרחוק)
על כל תלמיד (או קבוצת תלמידים) לאסוף לפחות 20 חפצים שונים בביתו העשויים מחומרים שונים במצבי צבירה שונים.

על התלמיד (או קבוצת התלמידים) לבחון לגבי כל מצב צבירה –
האם יש לחומר צורה קבועה? האם צורת החומר או נפחו משתנים מ"עצמם" (ללא תלות בטמפ' או הפעלת כוח חיצוני)? האם הוא ניתן לדחיסה ע"י הפעלת לחץ עליו באמצעות היד בלבד.
יש לארגן את התצפיות בטבלה שיתופית של כל תלמידי הכיתה - ראו בהמשך
הערה לגבי גזים – סביר להניח שהתלמידים לא יאספו בעצמם גזים שונים, לכן מומלץ כי המורה יצטייד בבלונים אחדים המלאים באוויר, בהליום, בפחמן דו חמצני, ובסרטונים המראים גזים צבעוניים כגון אדי ברום או אדי יוד [אדי ברום - 57 שניות \(אנגלית\)](#)
[אדי יוד - 2:37 דקות \(אנגלית\)](#) סרטון זה מראה המראה של יוד. אין צורך להיכנס לפרטי שינוי מצב הצבירה, נושא שיוצג בהמשך היחידה, אך הסרטון מכיל תמונות מצוינות של אדי ברום. בשני הסרטונים יש לתרגם תרגום חופשי את האנגלית לתלמידים.

החפץ / גוף	החומר/ים ממנו עשוי החפץ	מצבי צבירה	האם הצורה קבועה?	האם הנפח קבוע?	האם ניתן לדחיסה ע"י הפעלת לחץ באמצעות היד בלבד?

באם קיימת התלבטות לגבי חומרים מסוימים ומאפייניהם – יש לרשום "לא בטוח" או "לא יודע" ובתחתית הטבלה לנסח שאלות לבירור מאוחר יותר בדיון הכיתתי.

גרסה 2 - הדגמת מורה (מתאימה גם ללמידה מרחוק – שיעור הדגמה בזום, רצוי שהמורה ישהה במעבדת המדעים בבית הספר)

המורה מציג חפצים רבים ככל האפשר בכל שלושת מצבי הצבירה (לפחות 3-4 דוגמאות לכל מצב צבירה). דוגמאות למוצקים: מתכות שונות (מטבעות, סכ"ם, סירים, כלי עבודה), חומרים פלסטיים (לגו, קופסאות אחסון, כלים חד-פעמיים), זכוכית, עץ, בד
דוגמאות לנוזלים: מים, שמנים שונים, אתאנול (כהל), אצטון, בנזין רפואי
דוגמאות לגזים: בלון מלא אוויר, בלון מלא הליום, איסוף פחמן דו חמצני בבלון (ראו הנחיות בסוף השיעור)
הערות בטיחות:

כללי - יש להקפיד על הוראות בטיחות כמו בכל ניסוי לפי הכללים המופיעים בחוזר מנכל לבטיחות במעבדה ובהתאם לרשימות החומרים לשימוש במעבדה
אצטון - מוגבל לכמות של 10 סמ"ק
אתאנול - הקפדה על סביבה ללא אש גלויה או פולטי חם
יש לוודא כי המדגים עוטה ציוד מגן לפי ההנחיות וכי קיים בסביבה מטף לכיבוי אש

המורה מראה כל חפץ ומנהל דיון שמטרתו מילוי משותף של הטבלה מעלה. באם אין הסכמה לגבי חומרים מסוימים ומאפייניהם – יש לרשום "אין הסכמה" ולאסוף שאלות לבירור מאוחר יותר.
לדוגמה: המורה יכול להכניס מוצק, נוזל וגז למזרק גדול ולנסות לדחוס אותם ע"י הפעלת לחץ באמצעות הבוכנה.

התייחסות מפורשת למיומנויות: תצפיות ומדידות הנן אמצעים חיוניים לאיסוף נתונים במדע. טבלה הנה אמצעי חזותי המרכז את התצפיות והמדידות ומאפשר השוואה – לראות מה דומה ומה שונה בין שני גורמים או יותר

התייחסות לשונות לומדים :

- בשיעור 6 ניתנה הטבלה לתלמידים. בשיעור 7 ניתן לתת את הטבלה / לא לתת על פי שיקול המורה.
- ניתן לתת שתי אופציות לפעילות זו – טבלה אישית ועבודה עצמית, או טבלה שיתופית (כיתתית או קבוצתית). יש מקום לתת בחירה לפי רצון התלמיד.

הנחיות להפקת פד"ח במצב גזי:

להכניס קוביית קרח יבש לכלי סגור. הקרח היבש יעבור המראה למצב צבירה גזי
הערות בטיחות:

עבודה עם קרח יבש מחייבת חדר מאוורר, אין לגעת בידיים חשופות. יש להקפיד על כפפות עבודה. הניסוי מאושר להדגמת מורה / לבורנט בלבד

או:

להכניס לארלנמאייר 10 גר' אבקת אבן גיר CaCO_3 ו-50 מ"ל חומצה כלורית בריכוז M1. לכסות במהירות את פיית הארלנמאייר בבלון. הגז הנפלט בתגובה הוא פחמן דו חמצני, גז זה ימלא את את הבלון. הערות בטיחות: בעבודה עם חומצה כלורית חובה להרכיב משקפי מגן וכפפות גרסה 3 – ביצוע ניסוי הבדוק רק את אפשרות דחיסת חומרים במצבי הצבירה השונים – מתוך "חוקרים חומר ואנרגיה א' " – ניסוי 4 עמ' 159

אפשרות ב' – שיעור חקרשת – סיפורי חומרים
 בשיעור זה הכיתה מתחלקת לשלוש קבוצות – קבוצת המוצקים, קבוצת הנוזלים, קבוצת הגזים
 כל קבוצה מתחלקת לזוגות וכל זוג מכין "דף מידע דיגיטלי" על חומר מסוים שנמצא במצב הצבירה של הקבוצה (החומרים - על פי בחירתם או על פי בחירת התלמיד ואישור המורה)
 הדף צריך לכלול נתונים על החומר (רק נתונים שהתלמידים מבינים את משמעותם, לא "העתק הדבק" המרשת, שימושים לחומר, כיצד התכונות מתאימות לשימושים? תיבת טקסט ובה התייחסות למאפייני מצב הצבירה בהם - האם הצורה קבועה? האם הנפח קבוע? האם ניתן לדחיסה? יש לציין מקורות בהם השתמשו (לפחות שלושה)

לאחר העבודה בזוגות – ארגון דפי המידע בתערוכה (אפשרי תערוכה דיגיטלית) – על התלמידים לבקר בתערוכה, לתת משוב לפחות ל-4 דפי חומרים שונים, לשאול שאלות.

התייחסות מפורשת למיומנויות: איתור מידע, מיזוג מידע, הערכת מידע ומקורות מידע, הסבר מדעי של תופעות, צריכה ויצירה של תוכן במדיה הדיגיטלית

אפשרות ג' צפייה בסרטון
[הסרטון המומלץ](#) (באנגלית בסיסית) ואורכו 4:30 דקות
 מטלת הצפייה:

תוך כדי צפייה על התלמידים לארגן רשימה של התכונות המאפיינות כל אחד ממצבי הצבירה.
 לאחר הצפייה עליהם למיין את התכונות לפי מאפיינים ולמלא את טבלה בדומה לזו:

מאפיין	מוצק	נוזל	גז
נפח			
צורה			
...			

הערה: בחקר המוצקים עשויה לעלות שאלה על אבקות. מומלץ לדחות את הדיון והשאלות על האבקות לשיעור הבא.

השיעור הבא (שיעור 8) – דיון שמטרתו סיכום והמשגה של מאפייני כל אחד ממצבי הצבירה ברמת המאקרו

שיעור 8 – שיעור המשגה - מאפייני מצבי צבירה ברמת המקור

אם בחרתם באפשרות א' – בשיעור 7 –

בשיעור זה התלמידים ממיינים את החומרים בטבלה השיתופית למוצקים, נוזלים וגזים.

התלמידים מסיקים כי קיימים מאפיינים שונים לכל אחד ממצבי הצבירה:

מוצקים: בעלי צורה קבועה, נפח קבוע, לא ניתנים לדחיסה

נוזלים: אינם בעלי צורה קבועה (מקבלים את צורת הכלי בו הם נמצאים), בעלי נפח קבוע, לא ניתנים לדחיסה

גזים: אינם בעלי צורה קבועה, אינם בעלי נפח קבוע, ניתנים לדחיסה

נקודות לדיון כיתתי:

כל המדידות נעשו בטמפרטורת החדר. ייתכן שלטמפרטורה יש השפעה על נפח גופים? נלמד על כך בהמשך.

מה הקשר בין מאפייני מצבי הצבירה השונים לבין השימושים שלנו בהם?

התייחסות מפורשת לתפישות חלופיות בנושא אבקות –

קושי עולה מהתלמידים מפני שברמה הנצפית לאבקה הנוצרת מהתפוררות גוש מוצק יש מאפייני נוזל (מקבל

את צורת הכלי). התלמידים מייחסים תכונות נוזל גם למאפיינים ברמת החלקיקים (כוחות המשיכה בין

החלקיקים נחלשים והמרחקים ביניהם גדלים). טעות זו נובעת משתי סיבות:

הפער בין מה שרואים לבין רמת החלקיקים,

חוסר הפנמה של סדרי הגודל. כל גרגר אבקה הוא מוצק המכיל כמות גדולה מאד של חלקיקים במצב גבישי.

אבקות הנן חומר במצב צבירה מוצק. אמנם הרבה גרגרים מתנהגים כנוזל – האבקה "זורמת" ומקבלת את

צורת הכלי בו היא נמצאת. אבקה היא למעשה אוסף גדול של גופים מוצקים. כל גוף כזה הוא גרגר, והוא מוצק.

הגופים האלה (הגרגרים) אמנם קטנים מאד אבל הם אינם חלקיקים. הם עצמם עשויים מחלקיקים. גרגר הנראה

לעין בנוי מחלקיקים רבים. לגרגר אחד יש צורה קבועה שלא משתנה כשמעבירים אותו מכלי לכלי (למשל גרגר

אחד של חול, או אורז). הרחבה בנושא זה - "חוקרים חומר ואנרגיה א'" – עמ' 160-161

לסיים את השיעור בשאלה היוצרת קישור לרמת המיקרו - האם המאפיינים הדומים בכל מצב צבירה הנראים

לעין נובעים ממאפיינים דומים גם ברמה החלקיקית? נמקו תשובותיכם לאסוף את תשובות התלמידים .

שיעור 9 – מאפייני מצבי צבירה ברמת המיקרו

למורה:

בשיעור זה נדון במאפייני שלושת מצבי הצבירה ברמת החלקיקים. להוראת נושא זה יש שתי נקודות מוצא: נקודת מוצא אנרגטית – לשאול – מה קורה לחלקיקים כאשר מחממים חומר? התשובה לשאלה זו מתחלקת לשניים – מה קורה עד לשינוי מצב הצבירה? כיצד באים לידי שינויים אלו ברמת המאקרו? מה קורה בזמן שינוי מצב הצבירה? כיצד באים לידי שינויים אלו ברמת המאקרו? גישה זו באה לידי ביטוי בספר "חוקרים חומר ואנרגיה" פרק 5 – העוסק בשינויים בחומר עד לשינוי מצב צבירה 208 עמ' 173 ופרק 6 – חלקיקים ושינוי מצב צבירה – עמ' 209-229. גישה זו דורשת זמן להתנסויות והפנמה, מעבר למה שאפשרי ביחידת הוראה זו.

נקודת המוצא השנייה היא נקודת מוצא "חלקיקית" – לשאול – אילו היינו יכולים לראות את חלקיקי החומר בכל אחד ממצבי הצבירה השונים, מה היינו רואים? מה היה דומה בין מצבי הצבירה השונים? מה היה שונה? ביחידת הוראה זו אימצנו את נקודת המוצא ה"חלקיקית"

פתיחה: דיון במושג צבר ומשמעותו – "חוקרים חומר ואנרגיה" – עמ' 149
מדוע קוראים למצב צבירה בשם מצב צבירה? כי הוא מאפיין צבר של חלקיקים רבים מאד המרכיבים את החומר במצב הצבירה.
שאלו את התלמידים מה הפרוש של המושג "מצבי צבירה"? דונו במילים שמזכירות צבירה כמו הצטברות, ציבור, מצבור, צבר מכאן ניתן להבין שמדובר על האופן (המצב) שבו צבורים החלקיקים.

אפשרות א' - התנסות: תצפית במצבי הצבירה השונים של מים קרח – מים נוזלים - אדים. על התלמידים לאפיין כל מצב צבירה ברמת המאקרו

מאפיין	קרח	מים נוזליים	אדים
נפח			
צורה			
...			

לאחר מכן על התלמידים ולנסות לצייר את מבנה החלקיקים בכל אחד ממצבי הצבירה :

סידור החלקיקים	כוחות בין החלקיקים	תנועת החלקיקים	מרחק בין החלקיקים	
				קרח
				מים נוזליים
				אדים

אפשרות ב' צפייה בסרטון:

צפייה בסרטון מצבי צבירה - בחרו אחד מהסרטונים

(אנגלית) [The arrangement of particles in solids, liquids and gases - Edukite Learning](#)

(אנגלית) [States of Matter](#)

(עברית) [המודל החלקיקי של החומר - מדעים](#)

[מצבי צבירה](#) (עברית) (החל מדקה 6:15)

דף צפייה בסרטון:

תוך כדי צפייה בסרטון רשמו את מאפייני מצבי צבירה השונים ברמת החלקיקים וארגנו אותם בטבלה:

סידור החלקיקים	כוחות בין החלקיקים	תנועת החלקיקים	מרחק בין החלקיקים	
				מוצק
				נוזל
				גז

למורה: הטבלה המלאה

	מרחק בין החלקיקים	תנועת החלקיקים	כוחות בין החלקיקים
מוצק	חלקיקים קרובים זה לזה במקומות קבועים	נעים במקום (תנודה)	חזקים
נוזל	חלקיקים קרובים זה לזה	נעים ומחליקים זה על זה	חזקים
גז	חלקיקים רחוקים זה מזה	נעים בחופשיות בקו ישר עד להתנגשות	זניחים

אפשרות ג': התנסות במכונת כדורים – חוקרים חומר ואנרגיה עמ' 153



מכונת הכדורים

בהתנסות זו יש להתחיל את פעילות מכונת הכדורים בעוצמה נמוכה מאד בה הכדורים רוטטים במקומם (הדמיית מוצק), עוצמה בינונית בה הכדורים מגבירים את תנועתם אך עדיין שומרים על נפח קטן ביותר (הדמיית נוזל) ובעוצמה גבוהה בה הכדורים נעים בתנועה אקראית בכל נפח המשורה (הדמיית גז).

דיון המשגה:

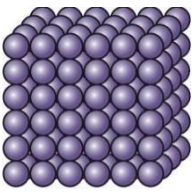
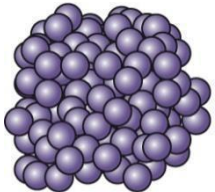
נקודות להדגשה ע"י המורה:

מים יכולים להימצא במצבי צבירה שונים – אך חלקיקי המים הם אותם חלקיקים בכל אחד ממצבי הצבירה כל חומר יכול להימצא במצבי צבירה שונים – אך חלקיקי החומר הם אותם חלקיקים בכל אחד ממצבי הצבירה האם התלמידים מסכימים להיגדים אלו? מדוע כן? מדוע לא?
להמחשת העובדה כי סוג החלקיקים לא משתנה מומלץ לצפות [הדמיה של פעפוע ברום באויר](#) (עד דקה 1:13)
ולבצע את הפעילות הנלווית אליו בספר "חוקרים חומר ואנרגיה" עמק 145-147
תכונות החומר הן של צבר החלקיקים ולא של החלקיק הבודד. לדוגמא חלקיק הגופרית אינו צהוב וחלקיק הברזל אינו מוליך. כדי למנוע מהתלמידים מלייחס לחלקיק בודד תכונה מאקרוסקופית של חומר - יש להימנע

מהאמירה השכיחה: "האטום/המולקולה הם החלקיק הקטן ביותר ששומר על תכונות החומר"

מארגן חשיבה: סה"כ : האותיות סה"כ (ובעברית סך הכול) מייצגות את סוג החלקיקים, ההיערכות שלהם וכוחות המשיכה ביניהם, ובקיצור סה"כ. אלו הגורמים הקובעים את תכונות החומר ומבדילים בין החומרים השונים.

סיכום: מודל החלקיקים של החומר – תיאור מצבי הצבירה השונים – מתוך ערכת ה.ל.ה.

מוצק	נוזל	גז	
			מודל
חלקיקי המוצק מאורגנים במבנה מסודר, הם קרובים זה לזה, כוחות המשיכה בין החלקיקים חזקים.	חלקיקי הנוזל אינם מאורגנים במבנה מסודר אך הם קרובים זה לזה. כוחות המשיכה פחות חזקים מאשר במוצק.	חלקיקי הגז מרוחקים זה מזה ונמצאים באי סדר. כוחות המשיכה בין החלקיקים חלשים מאוד.	סידור החלקיקים וכוחות המשיכה ביניהם
תנועה תנודתית בלבד, החלקיקים נדים במקומם ולא משנים את מיקומם בצבר.	תנועה תנודתית וסיבובית, החלקיקים משנים את מיקומם בצבר ומתנגשים זה בזה.	תנועה תנודתית, ותנועה בקו סיבובית ישר, החלקיקים משנים את מיקומם ומתנגשים זה בזה.	תנועת החלקיקים

לאחר שאפינו את מצבי הצבירה השונים ברמת המאקרו לחוד בטבלה זו בשיעור 8

מאפיין	מוצק	נוזל	גז
נפח			
צורה			
...			

ואת המאפיינים ברמת המיקרו לחוד (בטבלאות צפייה בסרטונים בשיעור 9 ובטבלה המסכמת) יש לתרגל את הבנת התלמידים בהסבר הקושר בין מאפיין ברמת המאקרו לבין ההסבר ברמת החלקיקים. על המורה לשאול שאלות כמו:

הסבירו ברמת החלקיקים את העובדה כי לחומר במצב מוצק נפח קבוע וצורה קבועה.

שיעור 10 – תרגול והערכה

למורה: מומלץ להקדיש את השיעור האחרון ביחידת הוראה זו ליישום – הסבר תופעות שונות הנצפות ברמת המאקרו – ברמה החלקיקית ולהערכת הבנה.

הדגש בשיעור זה הוא על ארגון ידע. בהמשך השיעור מובאות אסטרטגיות שונות ליישום ידע. את האסטרטגיות הללו יש ליישם על תופעות שונות המופיעות בפרטי ההערכה המובאים בסוף יחידת ההוראה.

פותרו מספר אסטרטגיות לארגון ידע בתחום זה:

שימוש בכלי "ממוחשי למופשט בציור ובמילים" ([הבנת תהליכים ממוחשי למופשט](#))

בכלי זה שני מרכיבים: טבלה בה התלמידים מתבקשים לתאר את התופעה באמצעות מאפיינים ברמת המקרו והמיקרו, בציור ובמילים. ובכלי השני הם מקבלים ובכלי השני הם מקבלים טבלת בדיקה של מאפייני החומר לבדיקת התיאורים שלהם (ראו מטה), האם הם נכונים ומה ניתן לשפר. שני הכלים ניתנים להתאמה לרמות קושי שונות.

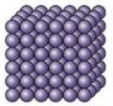
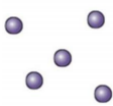
טבלה למילוי על ידי התלמידים

נוזל: מוחשי (מאקרו)	נוזל: מופשט (מיקרו)
תיאור בציור:	תיאור בציור:
תיאור מילולי: צבע: צורה: נפח (ציינו יחידת מידה): מסה (ציינו יחידת מידה): זרימה:	תיאור מילולי: סוג חלקיקים: מספר חלקיקים (בציור): סידור החלקיקים: המרחק בין החלקיקים: תנועת החלקיקים: כוחות המשיכה בין החלקיקים:

טבלת בדיקה: מאפייני הגוף בשלושת מצבי הצבירה - ברמת המקור

האם ציירתי ותיארתי נכון? סמנו בריבוע: $X =$ או לא, $V =$ כן		מאפייני הגוף בשלושת מצבי הצבירה - - ברמת המקור	
הערכת הציור	הערכת התיאור	א. מאפיינים שאינם משתנים עם השינוי במצב הצבירה, כמו: מסה של 1 סמ"ק, צבע, ברק, הולכת חום, מוליכות חשמלית, טמפרטורת התכה, טמפרטורת רתיחה ועוד.	
☐	☐		
		ב. מאפיינים המשתנים עם השינוי במצב הצבירה:	מצב הצבירה
☐	☐	- נפח: נפח המוצק קבוע. - צורה: צורת המוצק קבועה. - זרימה: המוצק אינו זורם - דחיסות: המוצק אינו ניתן לדחיסה (בהשפעת כוח). - התפשטות: המוצק אינו מתפשט, אלא בהשפעת חימום.	מוצק
☐	☐	- נפח: נפח הנוזל קבוע. - צורה: צורת הנוזל משתנה בהתאם לצורת הכלי בו הוא נמצא. - זרימה: הנוזל זורם ממקום למקום - דחיסות: הנוזל ניתן מעט לדחיסה (בהשפעת כוח). - התפשטות: הנוזל אינו מתפשט, אלא בהשפעת חימום.	נוזל
☐	☐	- נפח: נפח הגז משתנה, הוא תופס את כל נפח הכלי בו הוא נמצא. - צורה: צורת הגז משתנה בהתאם לצורת הכלי בו הוא נמצא. - זרימה: האוויר זורם מקום למקום - דחיסות: הגז דחיס (בהשפעת כוח). - התפשטות: הגז מתפשט בקלות.	גז
☐	☐		
☐	☐		
☐	☐		
☐	☐		
☐	☐		

צ'קליסט: מאפייני החומר בשלושת מצבי הצבירה - ברמת המיקרו

האם ציירתי ותיארתי נכון? סמנו בריבוע: כן, $V=A \cdot X$		מאפייני המבנה החלקיקי של החומר בשלושת מצבי הצבירה - ברמת המיקרו-	
הערכת התיאור	הערכת הציור	א. מאפייני החומר שאינם משתנים עם השינוי במצב הצבירה	
☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	• סוג החלקיקים • גודל החלקיקים (מסה ונפח) • מס' החלקיקים במערכת סגורה	
		ב. מאפייני החומר המשתנים עם השינוי במצב הצבירה	מצב הצבירה
☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐	• סידור: החלקיקים ערוכים בצבר, במבנה קבוע ומסודר בשכבות. • מרחק: המרחק בין החלקיקים קטן ביותר • תנועה: ואינם משנים את מקומם בצבר. אופן התנועה היחידי האפשרי הוא תנודה במקום • כוחות משיכה: כוחות המשיכה בין חלקיקי החומר חזקים.	מוצק 
☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐	• סידור: החלקיקים אינם ערוכים במבנה קבוע ומסודר. • מרחק: המרחק בין החלקיקים גדול יחסית למוצק, אך הם עדיין קרובים זה לזה. • תנועה: החלקיקים משנים מיקומם במרחב על ידי זה שהם מחליקים זה על זה, בתנועה אקראית, ומשנים את מקומם בצבר. אופני התנועה האפשריים במצב זה הם תנודה במקום ושינוי מקום בצבר • כוחות משיכה: כוחות המשיכה בין החלקיקים פחות חזקים מאשר במוצק	נוזל 
☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐	• סידור: החלקיקים נמצאים באי סדר. • מרחק: המרחק בין החלקיקים גדול, הם רחוקים זה מזה. • תנועה: החלקיקים מסוגלים לנוע בכל אופני התנועה האפשריים: מתנדודים במקום ונעים בחופשיות בקווים ישרים, בתנועה אקראית, ומתנגשים זה בזה כל הזמן. • כוחות משיכה: כוחות המשיכה בין החלקיקים זניחים.	גז 

ניתן גם להשתמש בכרטיס ניווט לניסוח הסבר מדעי המדגיש את הקשר בין סיבה לתוצאה:

כרטיס ניווט לניסוח הסבר מדעי המקשר בין סיבה לתוצאה ברמת המאקרו וברמת המיקרו (בתחום הכימיה) מה קרה בתהליך- מה התוצאה? (ראיות- תיאור ברמת המאקרו) _____ טענה (הסיבה להתרחשות בתחום המאקרו): _____ הנמקה (מבוססת על המודל החלקיקי של החומר) ומתארת אלו שינויים במבנה החלקיקי של החומר נגרמו עקב הסיבה להתרחשות והביאו לתוצאה. הטבלה הבאה מסייעת בזיהוי השינויים הללו.		
מרכיבי ההסבר (מרכיבי המודל החלקיקי)	האם חל שינוי?	תיאור השינוי בכל אחד ממרכיבי המודל החלקיקי
מספר החלקיקים		
מיקום החלקיקים		
מרחק בין חלקיקים		
מהירות התנועה		
עצמת ההתנגשויות		
ההסבר: כאשר(הפעולה שנעשתה בשאלה או התופעה) רואים/ מודדים שינוי ב _____ וזאת מכיוון שהחלקיקים _____		

הערכת הסברים של תלמידים:

כאשר מורה מנסה להבין מהם הקשיים בהם נתקלים תלמידיו, מומלץ להיעזר בתבנית להערכת הסברים של תלמידים המשלבת ניתוח של מבנה ההסבר עם ניתוח של תוכן ההסבר (וגנר 2006).

הרכיב בהסבר		ניתוח מבנה ההסבר		ניתוח תוכן ההסבר	
		ציטוט הרכיב בהסבר התלמיד	התייחסות ביקורתית	אפיון סוג ההסבר	התייחסות ביקורתית לתוכן המדעי
טענה					
ראיות					
הנמקה					

להלן הצעה לניתוח דיאגנוסטי של תשובות שגויות של תלמידים. כלי זה הוא כלי עזר למורה להבין את שגיאות תלמידיו ולהתאים את המשך ההערכה והתרגול לתלמידיו.

תשובות שגויות			ניתוח דיאגנוסטי של תשובות תלמידים לפי רכיבי הקושי של הסבר מדעי של תופעות ותהליכים	
			ניתוח מבנה (טענה, ראיות, ידע מדעי והנמקה)	ניתוח תוכן (ידע מתאים ונכון)
			ניתוח שפתי (מילות קישור ושימוש בשפה מדעית נכונה ומדויקת)	

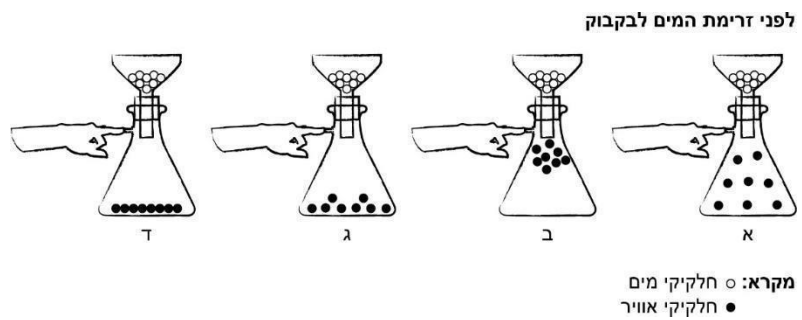
להסבר נוסף ודוגמאות להפעלת הכלים - ראו [אוגדן יחידות למידה-הערכה להתמודדות עם קשיי תלמידים בכיתה ז'](#)

בהמשך מובאות מספר דוגמאות לשאלות ששימשו במבחני מפמ"ר או כשאלות דיאגנוסטיות וכן מקורות נוספים לשאלות שאלות:

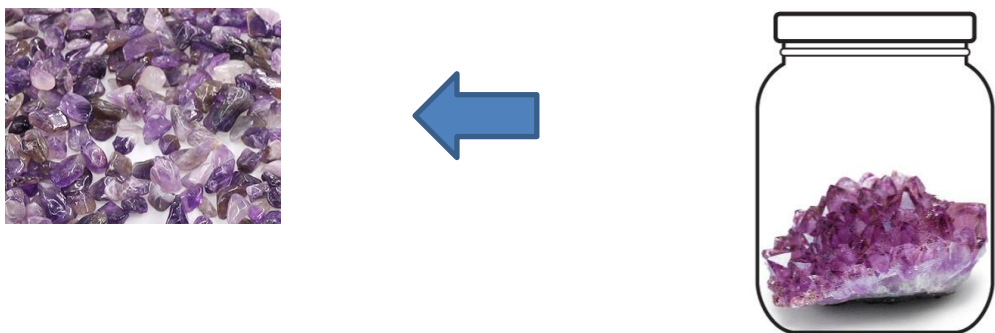
הסבירו מדוע המשפטים הבאים שגויים ותקנו אותם על מנת שיהיו נכונים:
 חלקיק בודד מקיים את כל תכונות החומר
 חלקיק הברזל מוליך
 חלקיק מים הוא במצב צבירה נוזלי
 חלקיק כסף הוא בעל ברק מתכתי.

טל ביצעה ניסוי בכיתה: היא לקחה בקבוק קוני פקוק שבצידו יש פתח. בפקק שבראש הבקבוק נעוץ משפך זכוכית שחודר דרך הפקק ומגיע עד לתוך הבקבוק. טל אטמה את הפתח בצד בעזרת האצבע (כפי שמתואר באיור), ומזגה מים למשפך, אבל המים נותרו במשפך ולא זרמו לתוך הבקבוק.
 האיורים שלפניכם מתארים את ההתרחשות בניסוי בעזרת "משקפי הקסם".

- איזה איור מתאר את מצב חלקיקי החומרים במשפך ובבקבוק לפני זרימת המים לתוכם? הקיפו בעיגול.
- הסבירו מדוע המים לא זרמו לתוך הבקבוק.



שרון החזיקה בצנצנת זכוכית אבן קוורץ סגולה, שנוצצת כאשר מוקרן עליה אור השמש. כשניסתה להוציא אותה מהצנצנת, האבן החליקה מהצנצנת והתנפצה לשברים (כמתואר באיור).



האם חל שינוי מהותי במבנה החלקיקי של שברי אבן הקוורץ לעומת האבן השלמה? במילים אחרות: אם נדגום דגימה של 1 גרם מאמצע של גוש אחד, ודגימה של 1 גרם מאמצע שלה גוש שני שנוצרו במהלך השבירה – האם יהיה ביניהם שוני? הסבירו את תשובתכם

כדי להשיב לשאלה, היעזרו בכלי לניתוח תופעה: ממוחשי למופשט - בציור ובמילים:

א. ציירו את המבנה החלקיקי של אבן הקוורץ לפני השבירה ואחריה.

ציור לפני השבירה:	ציור אחרי השבירה:

ב. ציינו אלו מאפיינים השתנו בעקבות השבירה ומה היה השינוי בשתי הרמות: מאקרו ומיקרו.

השינויים שחלו ברמת המיקרו (מופשט)	השינויים שחלו ברמת המאקרו (מוחשי)
תיאור מילולי: באלו מאפיינים חל שינוי? מה השינוי?	תיאור מילולי: באלו מאפיינים חל שינוי? מה השינוי?

ג. נסחו את התשובה לשאלה: האם חל שינוי במבנה החלקיקי של אבן הקוורץ לאחר שבירתה? כן/לא הסבירו את טענתכם.

הטענה: _____

הסבר: _____

בצעו את הניסוי הביתי הבא:

מלאו שתי כוסות שקופות זהות במים עד לאותו גובה (נפח שווה בקירוב של מים)

בכוס אחת מלאו מים מהמקרר הביתי

בכוס השנייה מלאו מים פושרים (זהירות!)

לתוך כל אחת מהכוסות טפטפו טיפה אחת של צבע מאכל.

תעדו את תצפיותיכם

ענו על השאלות הבאות:

הסבירו בעזרת המבנה החלקיקי של החומר כיצד התפזרה טיפת צבע המאכל בכל אחת מהכוסות?

שערו – מדוע מהירות הפעפוע של צבע המאכל הייתה שונה בכל אחת מהכוסות?

(למורה: השפעת הטמפר' על מהירות החלקיקים טרם נלמדה בשלב זה. אפשר לבצע את הניסוי רק בטמפר' אחת ולוותר על השאלה השנייה)

לפניכם עקרונות המבנה החלקיקי. השתמשו ברכיבים הרלבנטיים ביותר בלבד על מנת להסביר מדוע לחומרים שונים יש ריחות שונים? רשמו תשובתכם כהסבר מדעי

עקרונות המבנה החלקיקי:

חומר בנוי מחלקיקים

בין החלקיקים קיים ריק

החלקיקים מצויים בתנועה מתמדת ואקראית

חומרים שונים נבדלים זה מזה בסוג החלקיקים ממנו הם בנויים

פע

גז הבישול הנו חומר חסר צבע וחסר ריח. לגז זה מוסיפים חומר בשם מרקפטן שיש לו ריח אופייני לא נעים

הדומה לריח של ביצים סרוחות. מדוע לדעתכם מוסיפים חומר הזה?

השתמשו בעקרונות המבנה החלקיקי להסביר את ההבדל בין גז בישול למרפקטן? ואת הדמיון בין ריח מרקפטן לריח ביצים סרוחות.

באופן רגיל אנו איננו חשים בנוכחותו של האוויר סביבנו. עם הפעלת מאוורר - אנו חשים באוויר כמשב רוח. השתמשו ברכיבים הרלוונטיים ביותר במודל החלקיקי של החומר והסבירו את ההבדל בין המצב בו אנו איננו חשים את האוויר סביבנו למצב בו אנו חשים במשב רוח. (רמז: רוח היא מיליארדי חלקיקים הנעים באותו כיוון) למורה: מושג הלחץ ידון רק ביחידת ההוראה הבאה ולא מומלץ להיכנס להסבר הנוגע להפרשי לחצים בשלב זה

מקורות נוספים לשאלות:

ערכת ה.ל.ה. - תת-נושא 1 עקרונות המודל החלקיקי, הסבר לתופעות ומאפייני מצבי הצבירה (שאלות 1-45)

[קישור לערכה בעברית ובערבית](#)

שאלות סיכום: חוקרים חומר ואנרגיה ע"מ 167-171

שאלות סיכום: מדעי החומר לכיתה ז' עמ' 166-168

שימוש במבנה החלקיקי להסבר תופעה:

פעפוע של ברום במצב גזי - חוקרים חומר ואנרגיה עמ' 146-148, מדעי החומר לכיתה ז' עמ' 143

התפשטות פרומונים באוויר - מדעי החומר לכיתה ז' עמ' 143

עבודה עם סימולציה - פעפוע בנוזלים - מדעי החומר לכיתה ז' עמ' 157-158

רשימת מקורות:

ויקיפדיה

[אתר סנופי](#)

ערכת ה.ל.ה. – המבנה החלקיקי של החומר

חוקרים חומר ואנרגיה לכיתה ז' – מטמון חדש בהוצאת תרבות לעם

יחיאלי, ת., נוסבוים, י. מבנה החומר: ריק וחלקיקים, מכון ויצמן למדע המחלקה להוראת המדעים

מדעי החומר לכיתה ז' מט"ח

6th grade chemistry: IQWST – How can I smell things from a distance?

Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study. *Science education*, 65(2), 187-96.

Novick, S., & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science education*, 62(3), 273-81.

אפיון ליחידה

מרכיב היחידה	פירוט	הערות
תקציר ומבואות		
נושא	מודל החלקיקים, מודל החלקיקים כמסביר תופעות ושינויים פיזיקליים.	
רעיונות גדולים (מתוך תכנית הלימודים)	על-פי מודל החלקיקים כל חומר בנוי מחלקיקים (אטומים, מולקולות, יונים); ביניהם קיים ריק; החלקיקים נמצאים בתנועה מתמדת. מודל החלקיקים מסביר תכונות של חומרים ותופעות הקשורות בה	
תחום דעת וכיתה	כיתה ז' - מו"ט נושא משנה: חומרים נושא מרכזי: המבנה החלקיקי	
קשר לתכנית הלימודים	אי רציפות החומר ומבנה החלקיקים שלו מודל החלקיקים: חלקיקים בתנועה מתמדת וביניהם ריק אפיון שלושת מצבי הצבירה באמצעות מודל החלקיקים: צפיפות החלקיקים, סידור החלקיקים, אופן התנועה שלהם בהתאם לכוחות הפועלים ביניהם תופעות בגזים - דחיסה של גזים חוק שימור המסה בשינוי פיזיקלי על פי מודל החלקיקים: קביעות מספר החלקיקים וקביעות המסה של כל חלקיק, כאשר מתרחשים שינויים פיזיקליים בכמות קבועה של חומר (מעברים בין מצבי צבירה)	
ידע מוקדם	הנושאים הבאים מתוך תכנית הלימודים: מסה ונפח של גופים, גוף וחומר, חומרים, תכונות ושימושים, גזים נוזלים ומוצקים (רמת מאקרו), האוויר תכונות ושימושים, מים תכונות ושימושים, שימושים בתכונות מוצקים, מתכות: תכונות ושימושים, שינויים בחומר, שינוי מצב צבירה (רמת מאקרו) חוק שימור המסה	

	קושי בתיאור וניתוח תופעה בשתי רמות נצפות (מאקרו) - רמת הגוף ורמת החומר (למשל: קושי באבחנה בין תכונת החומר לתכונת המוצר, קושי לאפיין תכונות החומר למשל: אלומיניום, אם ניתן בשתי צורות – רדיד וקובייה) קושי במעבר ממוחשי למופשט/ ממקרו ומיקרו קושי בגיוס ידע מתאים וקישור נכון בין התופעה למאפייני החלקיקים הרלוונטיים תפיסות חלופיות: בחומרים בהם חלים שינויים פיזיקליים (כמו שינוי צורה), מהות החומר גם משתנה. מייחסים לחלקיקים פעולה מוחשית ואנושית (אינטואיטיבית): החלקיקים רוצים להגיע. הם מתאחדים וסותמים את הפתח וכו'... חלקיקים לא פועלים מתוך רגשות, תכלית או רצונות ולכן האנשתם היא שגויה. מייחסים לאוויר מאפיינים של גוף 'מפעיל כוח ולחץ', חלקיקי האוויר דוחפים את חלקיקי החומר אי קבלה של המושג ריק – קושי להבין ולהסכים עם הרעיון שהריק הוא חלק ממבנה החומרים. התייחסות לאוויר כחומר רציף, או מן הצד השני האוויר לא נתפס כחומר. חלקיקים משתנים במעבר ממצב צבירה מוצק לנוזל שינוי בטמפרטורה משפיע על גודל החלקיקים כשחם החלקיקים מתפשטים וכשקר הם מתכווצים כשהחומר מתפשט (נפחו גדול) הוא נתפס כחומר שהחלקיקים שלו גדלים כשהנפח גדל מספר החלקיקים קטן כשהמוצק עובר התכה הוא מתכווץ/מאבד חלק מחלקיקיו והמסה קטנה חלקיק בודד מקיים את כל תכונות החומר. לדוגמא חלקיק הגופרית צהוב, חלקיק הברזל מוליך, חלקיק מים הוא במצב צבירה נוזלי, חלקיק כסף הוא בעל ברק מתכתי.	תפיסות שגויות וקשיים נפוצים רשימת מושגים
	מבנה החלקיקים, חומר, תכונות החומר, מוצק, נוזל, גז, ריק	

	מתוך: מסמך מיומנויות "דמות הבוגר" טבלה 3 – אוריינות מדעית: הסבר מדעי של תופעות- להשתמש בידע מדעי לתיאור ולהסבר של תופעות ואירועים לזהות, להשתמש ולבנות מודלים לתיאור, הסבר וחיזוי תופעות (בהקשרים כמו מבנה החומר)	מיומנויות (אילו מיומנויות יש להבנות)
	אהבת הדעת וחדוות הלמידה – גילוי סקרנות ועניין (מתוך דמות הבוגר – ערכי ליבה)	ערכים
	היקף הזמן המומלץ ליחידה (10 שיעורים של 45 דק')	משך (שעות)