

תוכן עניינים

1	יחידת הוראה במדע וטכנולוגיה- מבנה החלקיקים של החומר
1	מבוא למורה
7	רשימת מקורות:
8	אפיון היחידה

יחידת הוראה במדע וטכנולוגיה- מבנה החלקיקים של החומר

כתיבת המבוא ועיבוד הפעילויות: 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 ריבוע
נקודות רתיחה ונקודות התכה כמאפיינות חומרים
המשותף והשונה בין התאדות לרתיחה

קישור לאפיון

מבוא למורה

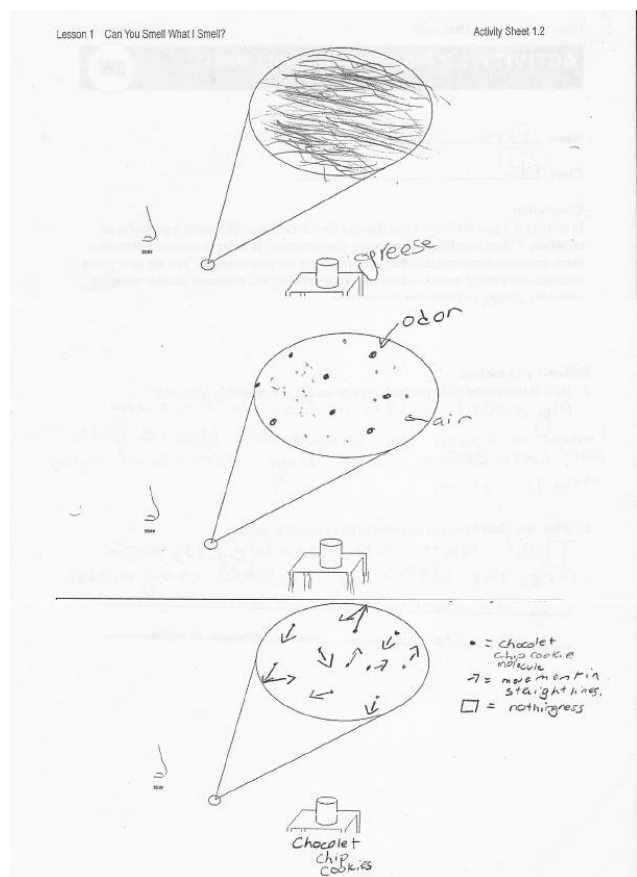
הוראת מבנה החלקיקים של החומר הנה משימה מורכבת וחשובה.
החשיבות נובעת מהעובדה שהרעיון כי חומר בנוי מחלקיקים הוא רעיון מרכזי במדע, בלעדיו לא היינו מסוגלים
להסביר את מגוון התופעות בעולם החומר ובעולם היצורים החיים, בלעדיו לא היינו מגיעים לפריצות דרך
טכנולוגיות בשימוש בחומרים, בניית מכשירים שונים, ובייצור 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 זהו שלבים שונים בהם יכולים תלמידכם להיות:

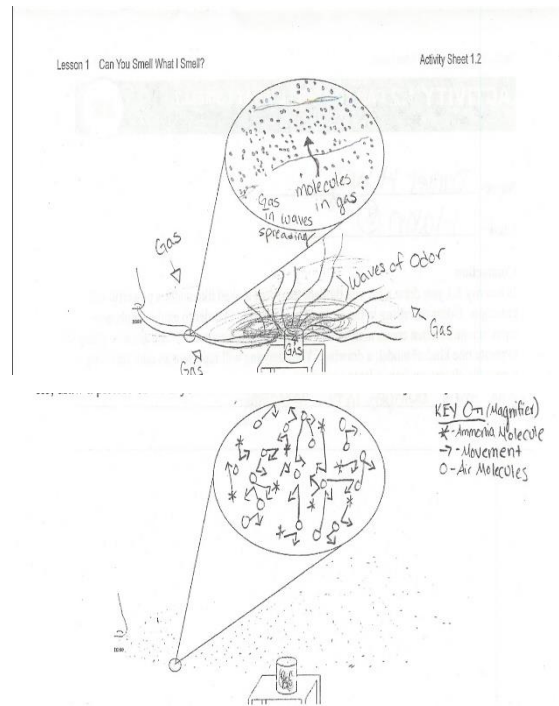
שלב	קטגוריה	הבנת מודל החלקיקים
0	-	לא מסוגל לענות או תשובה לא רלוונטית
1	מודל תיאורי	מסוגל לתאר בציור או במילים רפליקה של תופעה ברמת המאקרו, ללא התייחסות כלל למכניזם או מבנה פנימי
2	מודל רציף	תיאור מבנה החומר באופן שלא כולל כלל תפישת חלקיקים
3	מודל מעורב	תיאור הכולל מבנה רציף של חומר שבתוכו משובצים חלקיקים
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 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 במוצריו. 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 נוסבאום 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 המיקרו וברמת המיקרו בשלבי הלמידה השונים. ניתוח כזה משמעותי מאד כשדנים בשינויים במצב הצבירה. נוסבאום 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 שמהו 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

רשימת מקורות:

ויקיפדיה

[אתר סנופי](#)

ערכת ה.ל.ה. – המבנה החלקיקי של החומר

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

יחיאל, ת., נוסבום, י. מבנה החומר: ריק וחלקיקים, מכון ויצמן למדע המחלקה להוראת המדעים

מדעי החומר לכיתה ז' מט"ח

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 היחידה

מרכיב היחידה	פירוט
נושא	מודל החלקיקים, מודל החלקיקים כמסביר תופעות ושינויים פיזיקליים.
רעיונות גדולים (מתוך תוכנית 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

מיומנויות (אילו מיומנויות יש להבנות)	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)
ערכים	אהבת הדעת וחדוות הלמידה – גילוי סקרנות ועניין (מתוך דמות הבוגר – ערכי ליבה)
משך (שעות)	היקף הזמן המומלץ ליחידה (10 שיעורים של 45 דק')