

## שיעור 4-5 : איך אפשר לדעת שמהו 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.

דוגמא 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.

מטרות הפעילות:

1. לספק לתלמידים התנסות בשיטות מדידה עקיפות של חפץ שאינם מסוגלים לראות
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)

## הוראות לבניית קופסת המסתורין:

### בניית קופסת המסתורין

#### חומרים:

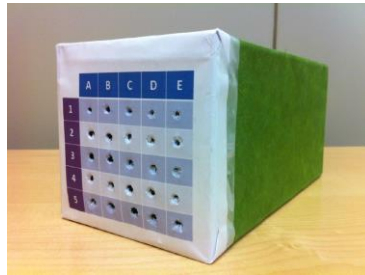
קופסא בגודל בינוני הנפתחת משני כיוונים מנוגדים

שרטוט של טבלת משבצות 5X5 (סה"כ 25 תאים) בגודל המתאים להדבקה על אחד מצידיו 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 מכווון 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.

#### 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 1A - 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 קטנים 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 :  
הדינוזאורים 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 דינוזאורים, וביצי דינוזאורים להערכת גודלם, מסתם (הרי לא באמת מודדים מסה של דינוזאור), צורת איבריהם וסוג הדינוזאורים שהיו קיימים. ניתוח חומרים במאובנים של הפרשות הדינוזאורים – 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.