

תצוגת מסדרון - טכניקה להוראת המדעים

מאת: צבי יניב*
המכללה הטכנולוגית, באר שבע.

1. מ.ב.א

"תצוגת מסדרון" הינה הצגה של מושגים, עקרונות, תהליכים, מכשירים ויישומים טכנולוגיים של המדעים השונים, באמצעות: פלקטים, אוספים, דגמים סטטיים ודינאמיים (הניתנים להפעלה על ידי הצופה), חתכים וסרטים. המושג "תצוגת מסדרון" (Corridor Demonstration) שאול מעולם המוזיאונים והתערוכות⁽¹⁾ שכן רוב המוזיאונים הגדולים בעולם:

(Deutsches Museum, Munchen; Palais de la Decouverte, Paris; Museum of Science and Industry, Chicago; Science Museum, London);

מציגים תערוכות קבועות של תופעות מעולם הטבע והטכנולוגיה (פיסיקה, כימיה, התעשייה הכימית, אלקטרוניקה, ביולוגיה וכו'). לאחרונה הועתקה השיטה למכללות ולאוניברסיטאות בארה"ב. לפחות שלושים מחלקות לפיסיקה הציבו תערוכות מדעיות וטכנולוגיות בשיטת "תצוגת מסדרון". כבר עתה קיימת הסכמה הדדית בין מורים רבים לפיסיקה שהטכניקה של "תצוגת מסדרון" יכולה לתרום רבות בהתפתחות המקצוע בכל הרמות⁽²⁾.

אחת התצוגות המוצלחות ביותר נמצאת ב-Cranbrook, Michigan - שם הצליח Robert T. Hatt לבנות מערכת תצוגה בפיסיקה אשר בנגוד למקובל במוזיאונים השונים, עוסקת יותר בהצגת העקרונות מאשר בהצגת התוצאה. ע"י כך מצליח Hatt לחשוף את הטכנולוגיה המתקדמת בימינו (בתנאי שהיא מציגה בצורה אמינה עקרון בסיסי בפיסיקה) ובאותה עת להדגיש בפני התלמיד דרך להבנת תופעה מופשטת הלא היא פירוק התופעה למרכיביה הבסיסיים.

2. שיקולים בפיתוח השיטה והפעלתה

הנסיון לאמץ את השיטה ולהפכה לטכניקת הוראה ולמידה במדעים השונים כבתי ספר לחניכים (ולדעתנו גם לבתי ספר תיכוניים אחרים) נובע מהשיקולים הבאים:

- א. מצבן העגום של המעבדות הקיימות להוראת המדעים - במרבית בתי הספר הן אינן קיימות, או הינן מצוידות בדלות, עד כדי השפעה שלילית על התלמידים. מצב זה הינו אחד הגורמים לניתוק הקשר התפעולי של התלמיד עם התופעות והעקרונות הנלמדים.
- ב. גידול אוכלוסית התלמידים, מעבר ליכולת תפוסתן של המעבדות, גורם להקטנת מספר "שעות המעבדה לתלמיד". ע"י כך יורד משקלן היחסי של המעבדות במערכת הלמידה, למרות ההסכמה המלאה לפוטנציאל הטמון בהן כאמצעי הוראה.

*צבי יניב M.Sc. בפיסיקה, מכהן כעת כמפקח ארצי לפיסיקה במכון הממשלתי להכשרה טכנולוגית.

- ג. התייחסו הגובר של הציוד במעבדות וגידול אוכלוסיית התלמידים, מטילים עול תקציבי כבד (לצרכי ציוד המעבדות ואחזקתן), מעבר ליכולתן של הרשויות המממנות.
- ד. כח האדם הדרוש להפעלת מעבדות מתקדמות, העונות על צרכי ההוראה והלמידה, חייב להיות ברמה מקצועית נאותה (טכנית - לאחזקה והוראתית - להדרכה); תנאי זה מחייב הגדלת כח אדם בבית הספר וכתוצאה מכך מכביד על תקציבו (ושוב - מעבר ליכולת).

כאשר עמדו לפנינו השיקולים המתוארים לעיל, היה עלינו לגבש את צורתה הסופית של שיטת "תצוגת מסדרון" מתוך שלוש האפשרויות הבאות:

- א. מערכות סטטיות, כגון: פלקטים, כתבים היסטוריים, מערכות פסיקליות משותזרות, חתכים ודגמים וכד'.
- ב. מערכות חצי אוטומטיות, כדוגמת אלו המוצגות במוזיאונים, המופעלות באמצעים מכניים או אלקטרוניים ע"י התלמיד.
- ג. "המעבדה הפתוחה" אליה נכנס התלמיד ביוזמתו, לבקש הדגמת תופעה או תהליך (אשר תבוצע על ידו או ע"י המדריך) ובדרך זו להגיע להבנת העקרונות באמצעות תהליך הוראתי אינדיבידואלי או בקבוצה קטנה בהנחיית מדריך.

לנגד עינינו עמדו העובדות הבאות ביחס לאוכלוסיית התלמידים בבתי ספר לחניכים: בני 16-18, נפלטי בתי ספר מקצועיים ואחרים, בני מעמד חברתי-כלכלי נמוך (כ"55% מהתלמידים באים ממשפחות בנות 9 נפשות ויותר, ל-68% מהם רמת השכלת ההורים עד 5 כיתות"⁽⁴⁾). תלמידים אלו הינם בעלי הסטוריה ארוכה של כשלונות בלימודים במתכונות הקונבנציונאליות ומאפיין אותם סף תסכול נמוך. חשוב לציין כי מתכונת הלימודים בבית הספר לחניכים, מבוססת על יום לימודים אחד בשבוע. בשאר ימות השבוע עובדים החניכים בבתי מלאכה ובמפעלים שונים. במהלך יום הלימודים היחיד פועל ביה"ס להשגת המטרות הבאות: הקניית ידע, פיתוח הרגלי השיבה נכונים, פיתוח רגישות לאיכות, חינוך לערכי עבודה ופיתוח מיומנות מקצועית.

על מנת ש"תצוגת המסדרון" תשחק תפקיד יעיל בטכניקת הוראה ולמידה של מדעים בבתי ספר לחניכים, על מערכתיה לספק את הדרישות הבאות:

- א. קשר הדוק לנושאים הנלמדים בכיתה (תכנית לימודים), או המעניינים באותה עת את התלמידים.
- ב. תכנון גרפי בעל כוח משיכה חזק.
- ג. גרוי מידי של סקרנות ועניין.
- ד. הצבת אתגר ברור ליכולתו של התלמיד כפותר בעיות או כבעל כושר יצירתי.
- ה. יכולת הפעלה עצמית של חלקי המערכת ע"י התלמיד.
- ו. ריתוק התלמיד עד הגיעו לפתרון.
- ז. הענקת תגמול עבור פתרונות נכונים.

3. תאור מערכת "תצוגת מסדרון"

המערכת אותה הכנסנו להפעלה נסיונית בבית ספר לחניכים בכאר-שבע, הורכבה משלושת האלמנטים האפשריים ל"תצוגת מסדרון" שהוזכרו בסעיף הקודם.

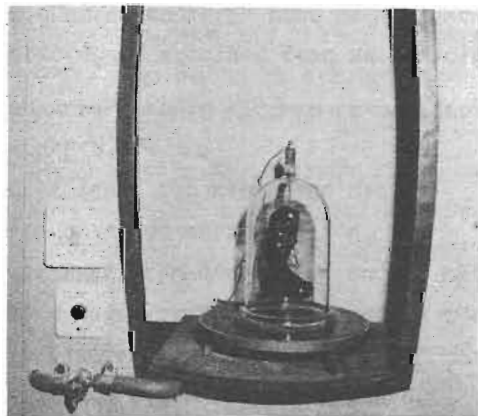
א. כתצוגה סטטית נבחרנו באוסף של פלקטים ודגמים בתחומים הרלוונטיים בהתאם לתכנית הלימודים (ראה תמונה מס' 1):



תמונה מס' 1: מערכת פלקטים בנושאים: תורת האור, תורת החום ותורת החשמל. לכל פלקט כיס המכיל דפי הסבר ועבודה עצמית.

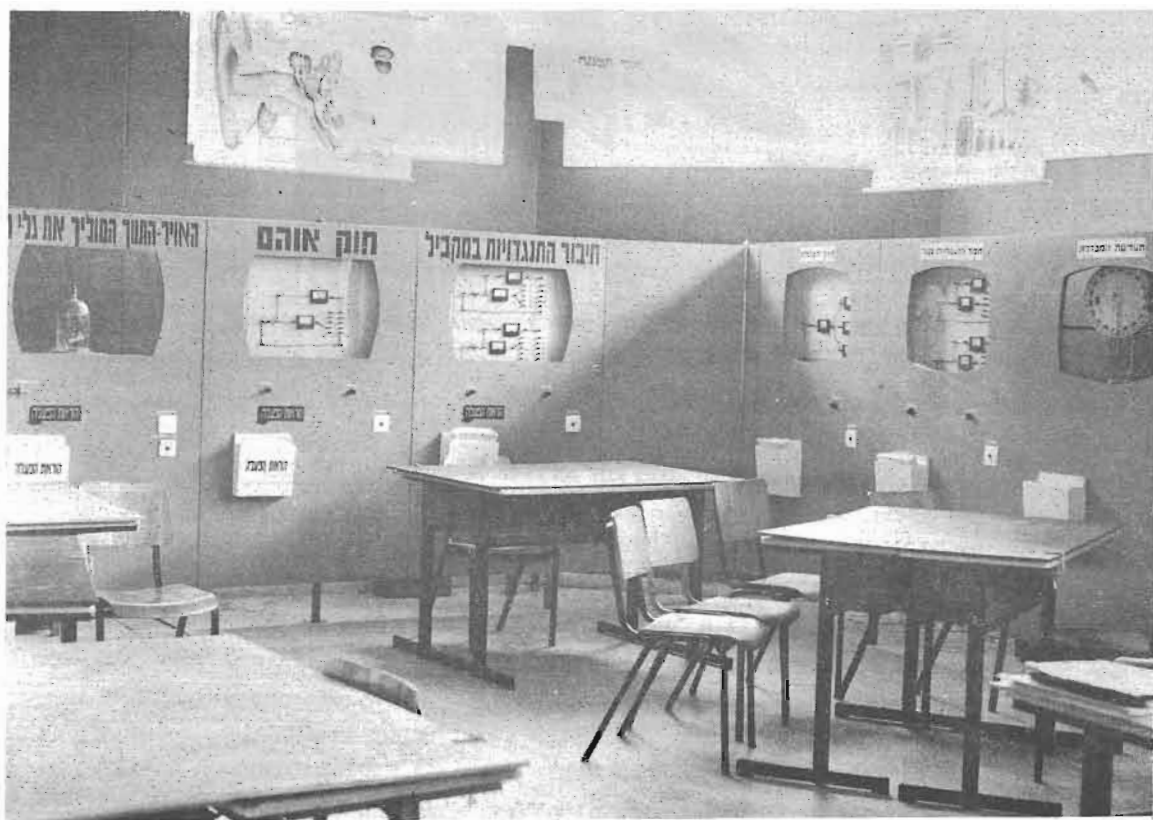
פרט להסברים הכלולים בגוף הפלקט, מוצעת לתלמיד חוברת עבודה עצמית המדריכה אותו בחקר התופעות ומציעה לו מערכת היזון חוזר באמצעות מבחן רב תשובות. הפלקטים תוכננו בהדרכתנו ע"י צוות מורי ביה"ס. רוב התמונות הוצאו מהספרות (ספרי לימוד, אנציקלופדיות, כתבי עת וכדומה).

ב. מערכות מבוקרות המדגימות נושאים בכל שטחי הפיסיקה כגון: פירוק האור לצבעי הספקטרום, פעולת העדשה המרכזת והמפזרת, תנועת גלי קול באויר, מערכת השמש, חוקי החשמל היסודיים (ראה תמונה מס' 2).



תמונה מס' 2: מערכת חצי אוטומטית להדגמת הצורך בתווך חומרי להולכת גלי קול. פעמון חשמלי נמצא בתוך תא שקוף אותו ניתן לרוקן מאווריר באמצעות משאבה. הפעלת הפעמון כמו גם המשאבה נעשית ע"י התלמיד בעזרת לחצנים חיצוניים. ברז המרפעל ידנית מאפשר לתלמיד לשוב ולמלא את התא באווריר. תוך משחק בלחצנים ובברז נוכח עד מהרה התלמיד בעובדה שקולו של הפעמון נחלש והולך כאשר מרוקנת המשאבה את התא מאווריר. הניצוצות המעידים על פעולת הפעמון נראים כל העת והתלמיד נאלץ להגיע למסקנה המתבקשת.

הפעלת המערכת נעשית ע"י החניך באמצעות מערכות בקרה (לחצנים, מתגים, כפתורים וזרועות מכניות). בד בבד עם הפעלת המערכת, שומע התלמיד (ע"י מערכת שמע) הסבר על מרכיביה ועל העקרון הפיסיקלי המוצג. פרט לשאלות המושמעות במהלך ההסבר המוקלט, יכול התלמיד (במידה והוא מעוניין) לענות לדף שאלות לצורך בדיקה עצמית. המערכות הורכבו מפריטים שונים, לרוב מתוצרת הארץ, הניתנים לרכישה במחירים סבירים. התכנון הינו פשוט עד כי בכל ב"ס מקצועי ניתן להרכיב מערכות דומות. תמונה מס' 3 מביאה מבט כולל על כמה מערכות הפעלה שהוצגו בב"ס עמל חניכים בכאר-שבע.



תמונה מס' 3 : מבט כללי על "תצוגת המסדרון" בב"ס עמל חניכים בכאר-שבע. בתמונה נראים מספר לוחות תצוגה בנושאים: הולכת גלי הקול, חוק אוהם, חיבור התנגדויות במקביל, חוק הצומת, חיבור התנגדויות בטור, העדשה המבדרת. לכל לוח תצוגה צמודות הוראות הפעלה. מעל לכל לחצן, מתג או כפתור מצויינת הפעולה שהוא מבצע.

ג. המעבדה הפתוחה: במידה והתלמיד מעוניין להמשיך וללמוד נושא מסויים, עומדות לרשותו מערכות מעבדתיות הכוללות חוברת הדרכה. בחדר המעבדה נמצא מדריך אשר תפקידו לכוון את התלמיד, לענות על שאלותיו, לעוררו לחשיבה נוספת, וליצור אורית לימודים נוחה ובלתי פורמלית (ראה תמונה מס' 4).



תמונה מס' 4: "המעבדה הפתוחה" הכוללת מערכות מעבדתיות לימודיות. התלמיד דן עם המדריכה על מהלך הניסוי ותוצאותיו.

4. "תצוגת המסדרון" - טכניקה להוראת המדעים

על מנת להבין כיצד משלבים הלכה למעשה את שלושת האלמנטים המרכיבים את "תצוגת המסדרון" לטכניקה להוראת המדעים נעקוב אחר קבוצת תלמידים אשר נתקלים לראשונה במערכות המוצגות. נזכור שמדובר בנערים הלומדים יום בשבוע ומטרתנו, בזמן הקצר אשר עומד לרשותנו, לעניין אותם, לעורר את סקרנותם לתופעות הטבע השונות ויחד עם זאת להעניק להם ידע מינימלי בעקרונות טכנולוגיים בסיסיים.

"תצוגת המסדרון" ממוקמת בחדר רחב ידיים כאשר סביב הקירות מוצבות המערכות המבוקרות. כל מערכת מלווה בהוראת הפעלה הכוללת גם הסבר קצר לתופעה המוצגת (ראה תמונה מס' 3). על הקירות תלויים פלקטים ודגמים המציגים נושאים רלוונטיים לתכנית הלימודים או מתלויים כתוספת הסבר למערכות המבוקרות.

במרכז החדר מוצבים שולחנות מעבדה המשמשים את התלמידים המעוניינים להמשיך את לימודיהם והתעמקותם בנושאים שונים בהדרכה של מורה ובעזרת מערכות מעבדתיות לעבודה עצמית, כל זאת בשלב האחרון של "המעבדה הפתוחה".

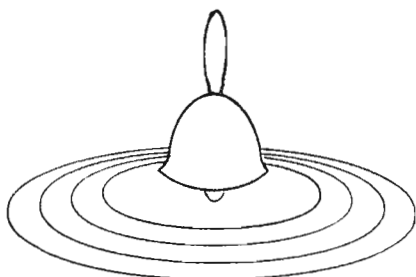
ברגעי המפגש הראשונות בין קבוצת התלמידים וחדר התצוגה, מגלים התלמידים הססנות מה. המורה עומד מהצד ותפקידו ברגעים אלה להשקיף ללא כל פעילות או התערבות. הייצר בעל כוח המשיכה החזק והדחף הטבעי להפעיל כפתורים, ללחוץ לחצנים, להניע מנופים, גורמים לכך שתוך זמן קצר מתפצלת מעצמה קבוצת הנערים (כ-20 במספר) ל"קבוצות עבודה" סביב מערכת התצוגה המבוקרת. בדרך כלל מנסים התלמידים להפעיל ללא כל הבנה וסדר את המערכות המוצגות. עד מהרה נוצרת הצטופפות סביב אותן מערכות הניתנות להפעלה בפשטות (כגון: "העדשה המרכזת" או "האם האור הוא לבן?" וכו') או סביב המערכות המלוות בתופעות אור-קוליות (כגון: "האוויר - התווך המוליך את גלי הקול"). כאן מתעוררים ויכוחים ערים בין התלמידים לבין עצמם על אופן הפעלת המערכת או על הסבר לתופעה המתרחשת לנגד עיניהם. זהו הרגע המתאים להתערבותו של המורה או המדריך. תפקידו של המורה בשלב זה לכוון את התלמידים להוראות ההפעלה ולנסות להכניס סדר באופן פעולתם של התלמידים. על המורה לפצל את קבוצת הנערים לזוגות עבודה ולפזרם בין המערכות השונות כאשר על כל קבוצה לקרוא בעיון את הוראות ההפעלה, להבינן (בעזרת המורה או המדריך) ולפעול בהתאם.

לדוגמה מובאת בהמשך הוראת ההפעלה למערכת:

"האוויר - התווך המוליך את גלי הקול"

כל תופעה הגורמת לתחושה של שמיעה באוזנו של האדם נקראת תופעת קול. במרבית המקרים קל לזהות את הסיבה הגורמת לתופעות הקול: גופים אשר מתנוודדים (רוטטים) מעבירים את התנוודות לאוויר הסובב אותם, התנוודות מתפשטות באוויר ובהגיעם לאוזן גורמות לתחושת השמיעה.

התפשטות גלי קול באוויר דומה להתפשטות הגלים על פני המים. אבן אשר פוגעת בפני המים מעוררת תנוודות במים אשר מתפשטות במעגלים סביב המקום בו נפלה האבן או במילים אחרות נוצרים גלים מעגליים.



דומה לתאור הנ"ל, פעמון חשמלי, מעורר גלי קול באוויר אשר באפשרותם להתפשט בכל הכיוונים ולכן נוצרים גלים כדוריים (ראה התמונה המצורפת) אשר במרכזם נמצא הפעמון.

החומר בו מתפשט הגל נקרא תווך.

גלי הקול מתפשטים באוויר. כלומר האוויר הינו התווך המוליך את גלי הקול. להתפשטותם של גלי הקול יש צורך בתווך ואין הם יכולים להתפשט בריק.

בלוח המוצג לפניך מפעיל הלחצן העליון ("לחצן להפעלת הפעמון החשמלי") את הפעמון החשמלי הכלוא בתוך מיכל זכוכית. הפעל אותו, הפעמון נשמע היטב. כעת הפעל את הלחצן התחתון ("לחצן להפעלת משאבת הוואקום"). עם הלחיצה ישמע רעש מנוע ולאחר כשתי דקות תפסק פעולת המשאבה. האם הנך שומע את צלצול הפעמון? שים לב שהפעמון ממשיך לפעול!

מסקנה: גלי הקול אינם מתפשטים בריק.

משמאל נמצא ברז להכנסת האוויר למערכת. סובב את הברז בעדינות, תשמע שריקה עקב כניסת האוויר לפעמוך ויחד עם זאת שוב תשמע את צלצול הפעמוך.

המסקנה: האוויר הינו התווך המוליך את גלי הקול.

תלמידים אשר התנסו בהפעלת מערכת מסויימת - כך מראה הנסיון - קלטו היטב את הרעיון המרכזי כגון: האוויר נושא את גלי הקול, האור איננו לבן אלא מורכב מצבעים שונים, העדשה המרכזת מכנסת את הקרניים המקבילות לנקודה אחת הנקראת מוקד, הזרם בצומת מתחלק כך שסכום עוצמות הזרמים היוצאים שווה לעוצמת הזרם הנכנס וכו'.

תפקיד המורה בפגישות הבאות הוא לבצע סבב בין קבוצת העבודה ולהרחיב את הרעיון המוצג הן על ידי הכוונה לפלקטים, לדגמים או לחומר לימודי כתוב והן על ידי הכוונה למערכות מעבדתיות לעבודה עצמית מודרכת.

5. ס כ ו ם

בעת כתיבת המאמר, עדיין נמשך תהליך בדיקת יעילותן של המערכות כטכניקת למידה ע"י השוואת הידע של תלמידים הלומדים רק בכיתה עם אלה הלומדים (ללא תוספת הוראה) בעזרת "תצוגת מסדרון".

אנו מקוים שבסיומה של שנה"ל תשל"ט יהיו בידינו ממצאים מבדיקה זו. בינתיים, ההתרשמות היא שהמערכות מעוררות ענין רב אצל אוכלוסיית הלומדים מעבר לכל המצופה.

6. ביבליוגרפיה

1. Revue du Palais de la Decouverte, Vol. 3, 21, (Oct. 1974).
2. Everett M. Hafner, Physics Dem. Experiments, Vol. 2 p. 698
Ronald Press. (1970)
3. R.T. Hatt, "Giving a new Look to Physics", Musum News, (may, 1965).
4. דו"ח האגף להכשרה והשתלמות מקצועית, מחוז הדרום, לשר העבודה והרווחה
(ינואר 1978).