

פיזיקה במוזאוני מדע

רונו מיר, מרכז שוורץ-רייסמן לחינוך מדעי; נצח פוביאש, פארק קרטו למדע

העשרה



מטרת מאמר זה להציג את ההתפתחות ההיסטורית של מוזאוני מדע, גישות שונות של נושאים מדעיים במוזאוני, דילמות המלוות את הפעלתם ודרכים שבהן מורי פיזיקה יכולים להפיק את המיטב ממשאבי המוזאוני למדע. המאמר כולל סקירה היסטורית, אפיון קהלי יעד, נושאי הפיזיקה המוצגים במוזאוני מדע, פיזיקה בגני מדע, איך להשתמש במוזאוני מדע כעזרה להוראת פיזיקה.

סקירה היסטורית

החל מהמאה ה-18 הוקמו מוזאוני טבע ומדע בבירות של מדינות אירופה, כדוגמת לונדון, פריז, ברלין, וינה, בריסל; ובערים בארה"ב כדוגמת ניו יורק, שיקגו, פיטסבורג, כדי להציג לציבור אוספים נרחבים של אוצרות טבע מקומיים, מיצגים ממסעות מחקר למדינות רחוקות ואת הכלים המדעיים שהובילו לתגליות מדעיות ולפיתוחים טכנולוגיים. (Karen A. Rader Virginia Commonwealth University, 2008 July)



המוזיאון הטכנולוגי, ברלין.

מוזאוני הטבע Natural History הציגו אוספים של חיות (מתות) ושל סביבות משכנן, בעוד שמוזאוני המדע (Science, Technology, Industry) הציגו ציוד מחקר מדעי, פיתוחים טכנולוגיים ומכונות מהתעשייה. הצגת אוספים נרחבים של חיות וכלים מדעיים נועדה לחשוף את קהל המבקרים לייחודם ויופיים של האוספים ולשימושים המודרניים של הכלים המדעיים.



מוזאון הטבע פילד, שיקגו, ארה"ב

כיום הגבול בין מוזאונים טבע למוזאונים מדע הוא פחות מוגדר. לדוגמה, תערוכות דינוזאורים מוצגות במוזאונים מדע, ותערוכות על הכלים המדעיים המשמשים במחקר של הטבע מוצגות במוזאונים טבע.

ערים שבהן יש מוזאונים טבע ותיקים כוללות את לונדון, פריז, בריסל, וינה, סטוקהולם, ברלין, קופנהגן, מדריד, ניו יורק, שיקגו, פיטסבורג, וושינגטון, פילדלפיה, לוס אנג'לס. מוזאונים מדע ותיקים אפשר למצוא בלונדון, פריז, מינכן, ברלין, שיקגו, בוסטון ופילדלפיה.

בעקבות מלחמת העולם השנייה ושיגור לוויין המחקר הרוסי **ספוטניק** למסלול סביב כדור הארץ, החלה להשתנות תפיסת החינוך המדעי והנגשתו לתלמידים ולקהל הרחב - מגישה שעיקרה העברת ידע ונתונים, לגישה של יותר התנסות ומחקה. מוזאונים מדע חדשים הוקמו בתפיסה החדשה, וכיום הם מהווים את רוב מוזאונים המדע בעולם.

בשנת 1969 הקים **פרנק אופנהיימר**, פיזיקאי יהודי שעבד עם אחיו רוברט בפרויקט מנהטן לפיתוח נשק גרעיני, את **האקספלורטוריום** - המוזאון למדע, אומנות ותפיסה אנושית בסן פרנסיסקו. יחד עם **מוזאון המדע של טורונטו** שנפתח באותה שנה, הם יצרו **תנועה עולמית חדשה של מוזאונים מדע פעילים**, שבליבם מוצגים אינטראקטיביים. פרנק אופנהיימר למד והושפע ממוזאונים מדע באירופה וציין לחיוב את ביקורו במוזאון המדע של תל אביב. חלק מהמוצגים האינטראקטיביים והתוכניות שפיתח איבן מוסקוביץ, מנהל מוזאון המדע בתל אביב, היוו בסיס למוצגים באקספלורטוריום. (Semper, 1997)



שכירת קרני השמש באולם התערוכות באקספלורטוריום, סן פרנסיסקו, ארה"ב

האקספלורטוריום השפיע על הקמת מאות מוזאונים מדע ברחבי העולם, כולל בישראל. בשנות ה-80 של המאה שעברה הוקמו בישראל מספר מוזאונים מדע איכותיים - **מדעטק, המוזאון הלאומי למדע וטכנולוגיה** בחיפה, **מוזאון המדע ע"ש בלומפילד** בירושלים ו**גן המדע ע"ש קלור** במכון ויצמן למדע ברחובות. אליהם הצטרף לאחרונה (2013) **פארק קרסו למדע** בבאר שבע.



מוזאון המדע ע"ש בלומפילד, ירושלים, ישראל

מוזאונים המדע הטובים בעולם ובישראל מציגים עושר רב של תערוכות ברמת תחזוקה גבוהה כך שכל המוצגים עובדים. המוזאונים מארחים תערוכה בינלאומית נודדת פעם או פעמיים בשנה, כדי שתהיה סיבה לקהל המבקרים לחזור. יש למוזאונים אלו גן מדעי בחוץ הפונה לקהילה שבה הם נמצאים. הצוות החינוכי של המוזאונים מפתח תוכניות חינוכיות המכוונות לקבוצות גיל שונות. האינטראקציה של המבקר מתחילה הרבה לפני הביקור בעזרת אתר אינטרנט מושקע ומדיה חברתית המתעדכנת כל הזמן.

תערוכה מדעית טובה נבנית בעזרת סיפור. הנושא המדעי שנבחר חשוב להצגה במוזאון. הוא בעל חשיבות שאינה תלויה במקום ו/או מתקשר לאזור ולתרבות המקומית. התערוכה מסבירה את הנושא, מאפשרת התנסויות במספר מוצגים ובונה רצף חינוכי. הצוות המקצועי מורכב מאוצר, מעצב, איש חינוך, איש שיווק, יועצים אקדמיים ומתכנן טכני והנדסי של המוצגים.

קהלי יעד

שני קהלי היעד העיקריים המבקרים במוזאונים מדע הם משפחות עם ילדים ותלמידי בתי ספר.

- משפחות מגיעות לבילוי חברתי ולמידה במסגרת המשפחה. ניתן לראות הורים או סבים המסבירים לילדיהם את אופי הפעולה והמשמעות של התערוכות והמוצגים, ומדי פעם ניתן לראות מבקרים צעירים המסבירים לדור המבוגר את התופעות המדעיות. (Falk, 2012)

- תלמידי בתי ספר מגיעים כדי לחוות מדע פעיל, לגלות את היופי וההנאה מניסוי וטעיה, ללמוד ולהתנסות בתהליכי מחקר וגילוי. התלמידים חווים סיור מובנה המורכב מהדרכה בתערוכות האינטראקטיביות וסדנאות פעילות מדעית. הסדנאות מתקיימות במעבדות מדע ומספקות חוויה שלא קיימת לכיתות אלו ברוב בתי הספר.



מבקרים בתערוכת קסם של מדע, במדעטק, חיפה, ישראל

- ככל שמרבים לבקר במוזאון מדע - הלמידה של המבקר גדלה. ביקור מובנה עם הכיתה יכול להיות פתח לביקורים נוספים עם משפחת התלמידים. חברות באגודת הידידים של המוזאון מזכה בביקורים חוזרים ללא עלות נוספת, וכך מהווה גורם משיכה לביקורים חוזרים. (John Falk, 2010)

- Expand, מחקר מעניין על הקשר החינוכי בין מוזאונים מדע ומבקרים צעירים נמצא ב (DAGNY STUEDAHL, 2014)



קבוצת תלמידים במוזאון המדע מפעל באייר, פורטוגל

מספר הביקורים הטיפוסי של אדם במוזאון מדע הוא שלוש פעמים. פעם ראשונה כתלמיד עם כיתתו, פעם שנייה כהורה עם ילדיו, ופעם שלישית ואחרונה כסב עם נכדיו. כדי להגדיל את תדירות הביקורים, ובכך לתרום ללמידה משמעותית יותר, יש לפתח את ההיצע של המוזאון ולחדשו כל הזמן. כאשר **מדעטק**, המוזאון הלאומי למדע, טכנולוגיה וחלל, הביא תערוכות מיוחדות כדוגמת דינזואורים, חקר החלל, רובוטיקה, עולמות הגוף ועוד - עלה מספר המבקרים החוזרים, המוזיאון משך מבקרים חדשים, וכך הוכפל מספר המבקרים השנתי.

נושאי פיזיקה המוצגים במוזאוני מדע

מאחר שפיזיקאים ומהנדסים הובילו את המגמה של פיתוח מוזאוני מדע, ממילא מוצגים בהם נושאים רבים מתחומי הפיזיקה. הנושאים כוללים (רשימה חלקית) מכניקה, חשמל ומגנטיות, אופטיקה, גלים, אנרגיה, מכשור מדעי, תעופה וחלל (מדעטק) ומדעי הגרעין (פארק קרסו למדע).

נושאים אלו מתאימים לתוכנית הלימודים בפיזיקה של משרד החינוך, כך שביקור במוזאון מדע חושף את התלמידים לנושאים אלו, מקדם ותורם להמשך הלמידה בבית הספר.

מעבר למדע וטכנולוגיה, מוזאוני מדע מציגים סוגיות חברתיות ואתיות הנוגעות לתחומים מדעיים שונים. מוזאון המדע ע"ש בלומפילד מפתח תערוכות חדשניות המשלבות מדע וחברה.

פיזיקה בגני מדע

גן המדע ע"ש קלור במכון ויצמן למדע נבנה ב-1998 כמוזאון מדע גדול (10 דונם, כ-100 מוצגים) תחת כיפת השמים. הגן היה בין



גן המדע ע"ש קלור, מכון ויצמן למדע, ישראל

גני המדע הראשונים בעולם, ובעקבותיו נבנו גני מדע בכל שאר מוזאוני המדע בארץ. גני המדע כוללים תחומי פיזיקה רבים ומוצגים אינטראקטיביים גדולים מאוד, שבהם המבקרים מפעילים את גופם כחלק מהחוויה הלימודית. (Mir, 2003)

בגני מדע ניתן להדגים נושאים כמו גלים וכוחות בעזרת מוצגים שיש בהם מים לדוגמה, בריכות הגלים בגן המדע במכון ויצמן ותעלות וסכרים בחצר ליאונרדו בפארק המדע במדעטק. (Mir, Outdoor Science Parks - Going Beyond the Walls, 2006)

הצגת מוזאון מדע חדש - פארק קרסו למדע, ותערוכת מדעי הגרעין

פארק קרסו למדע שנפתח לקהל בשנת 2013 מציע חוויה מדעית ייחודית ללמידת העקרונות המדעיים שבבסיס תופעות שאנו מקבלים כמובנות מאליהן, וזאת באמצעות משחק והתנסות. במוזאון תערוכות אינטראקטיביות העוסקות בנושאי מדע שונים, ובשטחו החיצוני של הפארק הוקם גן רחב למשחקי מדע, המציע פעילות אינטראקטיבית בין המבקרים למוצגים. המוצגים בתערוכות תוכננו ועוצבו כ"משחק" מעורר מחשבה המלווה בהסבר קצר שנועד לאפשר לילדים בגילאים שונים לרכוש ידע תוך כדי משחק.

פארק קרסו למדע מציג גם גישה חדשנית לפיתוח תערוכות. לאחר בחירת נושא בוועדה אקדמית, ניגשים לפיתוח מפורט תוך כדי התייחסות למדע ולטכנולוגיה כרלוונטיים בחיי היום יום של כלנו.



תערוכת מדעי הגרעין, פארק קרסו למדע, באר שבע, ישראל

אחת התערוכות הבולטות בפארק קרסו למדע היא **תערוכת גרעין המדע**. התערוכה, שעוסקת בעקרונות הבסיסיים של גרעין ובשימושי האזרחיים (לרפואה ולייצור אנרגיה), מביאה אל קהל המבקרים בה נושא שנמצא בכותרות באופן עמום, כדוגמת נושא מדעי טכנולוגי הרלוונטי לכל אדם. עם ההבנה של המחיר הסביבתי הקשור בשימוש באנרגיות מזהמות, עלתה החשיבות של תחום האנרגיה הגרעינית בעיני רבים ממקבלי ההחלטות בעולם. הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית (סבא"א) והוועדה לאנרגיה אטומית (הישראלית), ראו בתערוכה צוהר לנושא שנחשב בעיני רבים כמסווג.

באופן טבעי התאמת תוכניות חינוך מאפשרת שיח ביקורתי אודות הנושא ודיון מדעי בסוגיות השונות הקשורות בתחום, בהן סוגיות אתיות, ערכיות ואחרות העשויות לעורר עניין בקרב המבקרים.

איך להיעזר במוזאון מדע לשם הוראת פיזיקה?

יש מספר דרכים להפיק את מרב התועלת מביקורים במוזאון מדע. אנו יודעים כיום כי חשיפת בני נוער לחינוך מדעי לא פורמלי מהווה מרכיב חשוב בהתפתחות המקצועית המדעית שלהם, מחזקת את אהבתם למדע ונותנת להם מוטיבציה להעמיק בלימודיהם.

ההכנה הטובה מראש של צוות ההוראה והתלמידים חיונית להעצמת חוויית הביקור. צוותי מוזאון המדע פתוחים לתכנון ביקורי תלמידים ביחד עם המורים המקצועיים שלהם, וכדאי להתייעץ איתם על תוכני הביקור.

- כדאי להביא קבוצות קטנות (כיתה) וגדולות (שכבה) לביקור במוזאון מדע. כאשר הקבוצה גדולה, הביקור מתוכנן כפסטיבל מדע שבו פעילויות מובנות ותת-קבוצות הנדדות בין הפעילויות. אפשר לצאת עם מספר קטן של תלמידים לפעילות מובנת במוזאון מדע - כמו הכרת נושאים מדעיים דרך התנסות במוצגים הממחישים נושאים אלו.
- התנסות במוצגים אינטראקטיביים בנושאי פיזיקה ממוקדים יכולה להיות בסיס מצוין להכנת מערך שיעור המתקיים במוזאון. מומלץ לקיים שיעור מקדים בכיתה, לקיים ביקור במוזאון יחד עם משימות מובנות, ולבסוף לנהל שיעור סיכום לאחר הביקור.
- עבודות חקר ותגלית עצמאיות של קבוצות תלמידים קטנות יכולות להתבסס על תערוכות או מוצגים במוזאון מדע. יש להכין את התלמידים למשימות אלו ולהדריך אותם בשלבים של התהליך המחקרי.
- תלמידים בוגרים בגיל התיכון יכולים להדריך תלמידים צעירים יותר בגני מדע ובמוזאון מדע. הכשרתם כמדריכים צעירים מלמדת אותם מדע, ועבודתם יכולה להיחשב כמעורבות חברתית.



הדגמת הלחץ האטמוספירי, מרכז שוורץ/רייסמן, מכון ויצמן למדע, ישראל

- מוזאון מדע מציעים תחרויות מדעיות הבונות הבנה, ידע ולקיחת אחריות על פיתוחים מדעיים וטכנולוגיים. טורניר הפיזיקה ע"ש שלהבת פראייר (תחרות פיצוח הכספות) במכון דוידסון לחינוך מדעי, ותחרות מדענים ומפתחים צעירים בישראל במוזאון המדע ע"ש בלומפילד, הן דוגמאות מצוינות לתוכניות כזו.
- צוות ההדרכה במוזאון מדע מעביר הדגמות בנושאי פיזיקה שונים. ההדגמות מראות תופעות מדעיות הקשורות לחי-יום-יום ומלוות בהסברים לבסיס המדעי שלהן. כדאי לשלב הדגמה פעילה במסגרת סיור כדי להעשיר את החוויה. מורי הפיזיקה יכולים ללמוד מההדגמות ולגוון את שיעורי הפיזיקה בהדגמות עם סיפור (STORYLINE) ושימוש בהומור.

סיכום

- מאמר זה מתאר אפשרויות ללמידה במוזאון מדע, כחלק מלמידה בסביבות לא-פורמאליות. המאמר כולל סקירה היסטורית, אפיון קהלי יעד, נושאי הפיזיקה המוצגים במוזאון מדע, מוצגי פיזיקה בגני מדע ודרכים ללמידה במוזאון מדע כעזרה להוראת פיזיקה.
- תודה לירון להבי על העלאת שאלות ונושאים מעניינים בתהליך הכנת מאמר זה.

- מורים, יזמים ובתי ספר רבים מעוניינים להקים "מיני מוזאון מדע" או גן מדעי בשטחם כדי לעודד את תלמידיהם לבחור בנושאים מדעיים במשך לימודיהם. ניסיונות אלו בדרך כלל נכשלים. על מנת להצליח, חייבים להכשיר בשכר אנשים מקצועיים שכל ייעודם הוא בניית מוזאון מדע ותחזוקתו לאורך זמן בבית הספר. למרבה הצער, כל זה דורש תקצוב שלא קיים. הרבה יותר יעיל וזול להביא את התלמידים למוזאון המדע מאשר להקים אחד. אפשרות ביניים היא להביא לבית הספר ולתקופה מוגבלת תערוכה קטנה ממוזאון המדע, המוקמת ומתוחזקת על ידי צוות מוזאון המדע.

ביבליוגרפיה

- Karen A. Rader Virginia Commonwealth University, V. E. (2008 July). *From natural history to science: display and the transformation of American museums of science and nature*. Retrieved from <https://www2.le.ac.uk/departments/museumstudies/museumsociety/documents/volumes/radercain.pdf>
- Semper, R. J. (1997, Volume 6 Number 4). *Science Centers: Partners in Science Education*. Retrieved from www.aps.org: <https://www.aps.org/publications/apsnews/199704/education.cfm>
- Falk, J. (2012). *Understanding Museum Visitors Motivations and Learning*. Retrieved from slks.dk: https://slks.dk/fileadmin/user_upload/dokumenter/KS/institutioner/museer/Indsatsomraader/Brugerundersogelse/Artikler/John_Falk_Understanding_museum_visitors__motivations_and_learning.pdf
- John Falk, L. D. (2010, 11). *The 95 Percent Solution*. Retrieved from *American Scientist*: https://www.jstor.org/stable/25766726?seq=1#page_scan_tab_contents
- DAGNY STUEDAHL, M. F. (2014). *Expand – Research in Norwegian Science Centers*. Retrieved from FORSKNINGSPROSJEKTER NORDISK MUSEOLOGI: <https://www.journals.uio.no/index.php/museolog/article/viewFile/3033/2616>
- Mir, R. (2003, March). *Natural Attraction: Implementing Your Science Park*. Retrieved from [astc.org](http://www.astc.org): <http://www.astc.org/pubs/dimensions/2003/mar-apr/index.htm>
- Mir, R. (2006). *Outdoor Science Parks - Going Beyond the Walls*. Retrieved from *Handbook for Small Science Centers*, Cynthia Yao et al.: [https://books.google.co.il/books?id=vbgcAAAQBAJ&pg=PA132&lpg=PA132&dq=outdoor+science+parks+ronen+mir&source=bl&ots=EespCZoobw&sig=Vd-5Px0j2gfMH6gWiVyFztTHuIrA&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj8MqS-9fbAhXCbRQKHRnFD3EQ6A-EIMjAC#v=onepage&q=outdoor%20science%20parks%](https://books.google.co.il/books?id=vbgcAAAQBAJ&pg=PA132&lpg=PA132&dq=outdoor+science+parks+ronen+mir&source=bl&ots=EespCZoobw&sig=Vd-5Px0j2gfMH6gWiVyFztTHuIrA&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj8MqS-9fbAhXCbRQKHRnFD3EQ6A-EIMjAC#v=onepage&q=outdoor%20science%20parks%20)