



חוקרים אמנות יוצרים מדע

בן אושר* מראיין את טל זרעאל, אוצרת "ננו" - מוזיאון פטר לאמנות ולמדעי הננו

כל גוף תרבותי שמקיים שיתופי פעולה בין אמנים למדענים עושה זאת באופן קצת אחר; המוזאון שלנו מהווה מרחב לשיתופי פעולה בין אמנים למדענים. המוזאון יוזם, מלווה ומלבה שיתופי פעולה ארוכי טווח אשר מובילים למחקרים טרנסדיסציפלינריים. המבקר במוזאון חווה ביצירות אמנות שרבות מהן למעשה נמצאות בתהליך מחקר המתפרס על שדות ידע נרחבים.

השוני הגדול הוא החלל שאינו חלל ייעודי לתערוכות. העבודות נבטו מתוך המכון, וכך הן גם מוצגות: בין המעבדות במרחבים המשותפים, במקומות שהם מעוררי שיח, שהפונקציונאליות שלהם השתנתה בעקבות כניסת המוזאון, אך נשאר בה משהו מהכונה הארכיטקטונית הראשונית. למשל, העבודה "אינסוף של יקומים מקבילים" של ישראל הדני, פרופ' עמנואל דה לה טורה והמוזיקאי פרופ' שי כהן - עוסקת ברבדים של אינפורמציה מתקופות שונות לגבי ראשית היקום וממוקמת בחלל לוח המודעות הקודם של המכון.

"היצירות במוזאון מפוזרות בתוך המכון לננו טכנולוגיה וחומרים מתקדמים באוניברסיטת בר אילן. ספרי קצת על המכון ועל תהליך ההקמה של המוזאון."

"המכון עצמו כולל מרכז מכשור משוכלל ומעבדות חוקרים. ייחודו של המכון הוא בכך שהוא אינו רק מרכז מכשור אלא גם מרכז מחקרים משותפים. חברים במכון אנשי סגל מתחום הפיזיקה, הכימיה, הביולוגיה, ההנדסה ומדעי המחשב. מבנה המכון מתוכנן כך שתחומי הידע השונים נפגשים במרחבים משותפים. מלבד זאת ישנם מפגשים וכנסים משותפים המעודדים שיתופי פעולה. ראש המכון הקודם, פרופ' יובל גרעיני, חלם על מוזאון במרחבים המשותפים של המכון. ב-2017, הצטרפתי למעשה לשלבי ההקמה הראשונים. השלב הראשון כלל הצגת רעיון המוזאון בפני חוקרי המכון ולאחר מכן ריאיונות שערכתי עם חוקרי המכון שהיו מעוניינים לקחת חלק במחקרי אמנות-מדע.

שיתופי הפעולה מתרחשים באסטרטגיות שונות. לפעמים המפגש המשותף הוא זה שמחולל את עבודת הצוות, לפעמים המחקר המדעי או האומנותי הוא נקודת המוצא

השיטות בשבילים של קמפוס אוניברסיטת בר אילן, בין הבניינים הישנים לפיזיקה וכימיה, מוביל אל בניין עכשווי בן 9 קומות הנראה ממרחק. בניין "הייטקי" רגיל למראה, עשוי אבן זכוכית הנושא את השם: בניין המעבדות לננוטכנולוגיה. כמעט שום דבר אינו מסגיר את המתרחש בתוכו מלבד מבנה לבן ומוזר בצורת כיפה גאודזית הנראה כמו תחנת מחקר במאדים. המבנה עומד בשביל המוביל אל הבניין, ולידו השלט: מוזאון לאמנות ומדעי הננו על שם פטר - מרכז המבקרים.

בתוך הכיפה 16 מסכים שבהם מוצגת עבודת מיצג וידאו המתעדת ניסוי רב שלבים בסינכרוניזציה שנעשה בעזרת שישה עשר כנריות וכנרים. העבודה בוחנת את מושג הסנכרון מנקודת מבט אמנותית ומדעית. היצירה הנחווית בחושי השמיעה והראייה והמוצגת באמצעות תנועה במרחב, היא פרי של שיתוף פעולה בין החוקרים פרופ' מוטי פרידמן, פרופ' ניר דוידסון ושיר שחל לאמן אלעד שניידרמן שהניב דיסטרציית לדוקטורט בפיזיקה ובמוזיקולוגיה ומאמר שפורסם ב-Nature Connections. היצירה היא חלק מתערוכה חדשה בשם "שפות חדשות", ומוצגות בה עבודות שמעודדות חשיבה רעננה על המושגים הנלמדים בשיעורי המדעים.

מושגים ותופעות מעולם הכימיה - כמו חמצון-חיזור, המסה ושילוק, הידרופוביות ועוד - מסתתרים ומתגלים ביצירות רבות בתערוכה, והם נחקרים באמצעי מבע אמנותיים ומזמינים תלמידים להתבונן על המושגים הללו באופן שונה/אחר ולייצר תמונה עמוקה יותר של הכימיה הנלמדת בכיתה.

מי שהייתה שותפה בגיבוש החזון ובתהליך הקמת המוזאון ומי שעומדת מאחורי התערוכה החדשה היא האמנית-אוצרת טל זרעאל. אני נפגש איתה לשיחה על המוזאון, על הפעילות החינוכית המתקיימת בו ועל המפגש המרתק בין המדע לאמנות המהלך קסם על החוקרים, על הסטודנטים ועל המבקרים במכון לננוטכנולוגיה.

"כיצד את רואה את הקשר שבין אמנות למדע, ומה הייחוד של המוזאון שלכם לעומת מוזאונים אחרים שעוסקים בחיבור המעניין הזה?"

העיסוק בשני התחומים דומה בהלך החשיבה ובדרכי הפעולה: בשני התחומים נדרשים יצירתיות רבה, יכולת הפשטה, דייגוס (הרגעים הלא מובחנים האלה שבין ידע לאי ידע במהלך היצירתי) שמובילים לניצוצות רעיוניים. בדרכי הפעולה אנחנו יכולים לראות ניסוי ותעייה. סרפנדטיות - היכולת לזהות כישלון או טעות כנקודת מפנה שתוביל למהלך חדש.

* בן אושר - עוסק בשילוב שבין חינוך מדעי לעיצוב, עורך שותף בעיתון על כימיה. בתמונת השער של הכתבה: "מותחת גבולות" ורדי בוברוב ופרופ' אורית שפי



"הצפה" אילי כהן ופרופ' שלמה מרגל. קרדיט: מיכאל עמר



"מלחיות" קרוליין מקסוול וד"ר גילי תאגורי כהן, משמרת נייר: נעה כהנר מקמנוס. צילום במיקרוסקופ אופטי: ד"ר אבי ג'ייקובס

המדעי או האמנותי הוא נקודת המוצא. אספר כאן על עבודת האמנות "מלחיות" של האמנית קרוליין מקסוול, שהיוותה נקודת מוצא למחקר מדעי. מקסוול מציירת דמויות זעירות וצפופות של בעלי חיים על גבי נייר שחור. חומרי הציור שלה הם מי ים המלח ומי ימת המלח הגדולה ביותר בארה"ב. הטקסטורה והגוון שנוצרים לאחר התייבשות המים והתגבשות המלח תלויים במשתנים שמשפיעים על התוצאה - מקור המים, האקלים השורר באזור וסוג הנייר. "מלחיות" צוירה ב-2006 ומאז לא חדלה להשתנות: הדמויות התלחלו והתגבשו חליפות, וחלקן אף שינו גוון והפכו לאדמדמות. אך גם לאורך כל תהליכי ההשתנות, הדינמיות של תנועת הדמויות נותרה כפי שהייתה. בניסיון להבין את התהליך, התקיים שיח משולש בין האמנית, בין משמרת הנייר ובין ד"ר גילי תאגורי כהן המאפיינת מבנה גבישי של חומרים באמצעות XRD [דפרקציה (תבניות עקיפה) של קרני רנטגן]. היא מנסה לפענח את מבנה החומרים הקיימים בציור של מקסוול ולבדוק את השפעתם על שינויי הצבע שחלו בעבודה. האם אלו הם מחוללי השינוי היחידים או שמא יש שותפים נוספים לתהליך? נעה כהנר מקמנוס, מומחית לשימור נייר, מנסה כחלק מפרקטיקת שימור האמנות לזהות כיצד אפשר להאט או לעצור את תהליכי ההתפרקות וההתנדפות המתקיימים בציור. זהו מהלך בלשי משותף, רצוף שאלות והשערות. קרוליין ממשיכה לצייר באופנים מדודים ומתועדים לאור הממצאים, וחוקרים נוספים נקראו לפענח, והעבודה עדיין בתהליך. חלק בלתי נפרד מעבודה זו הוא שיח משולש הכולל התכתביות, סריקות של מראה פני השטח במיקרוסקופים שונים וניתוח נתונים וסקיצות של מקסוול בעקבות התפתחויות המחקר. מתוך השיח המשותף והמאמץ לשמר את העבודה עולה גם השאלה אם המוזאון צריך להיות נאמן לאמנה המוזאולית, כלומר, האם עליו להגן, לשמור ולקבע את העבודה ולהביא אותה למצב שבו היא תישאר ללא שינוי, או שמא תהליך ההשתנות שלה הוא חלק מהותה."

במקביל איתרתי גם אמנים מקומיים שיתאימו לתהליך כזה דרך ביקורים בגלריות ובסטודיו; פרסמנו גם קול קורא ומתוכו בחרתי אמנים שפועלם מתאים לשיתופי פעולה מדעיים. השלב הבא היה שני האקטונים שבו נפגשו האמנים והחוקרים ליום ארוך של היכרות אלה עם מחקריהם של אלה: האמנים הציגו עבודות ודרכי פעולה שלהם, והחוקרים הציגו את הנעשה במעבדותיהם. מתוך המפגשים האלה התגבשו קבוצות עבודה שאחרי מספר חודשי עבודה הציגו סקיצה לרעיון בפני ועדה פנימית במכון. שאלנו אותם הרבה שאלות ואחרי כמה חודשים חזרו חלק מהקבוצות עם פיתוח של הרעיון, והקבוצות שהמשיכו לעבוד יחד גם הגישו הצעה למחקר משותף. את ההצעות האלה שלחנו לוועדה בין לאמית של אנשי אמנות ומדע. הקבוצות שההצעות שלהן התקבלו המשיכו לעבוד, ורובן התגבשו למחקרים משותפים המוצגים היום במוזאון. התפקיד שלי הוא ליזום את שיתופי הפעולה, לחבר בין אמנים לחוקרים פוטנציאליים, ללוות את שיתופי הפעולה, להציע פתרונות יישומיים ורעיוניים במהלך העבודה - או לפעמים אפילו בסיזמה - ולנסות למצוא דרכים לפתח את היצירה לכיוונים חדשים."

המבקר במוזאון חוזה ביצירות אומנות שרבות מהן למעשה נמצאות בתהליך מחקרי המתפרס על שדות ידע נרחבים

"היצירות במוזאון הן בעצם פרי של שיתוף פעולה בין אמנים למדענים. תוכלי להרחיב על כך ולספר על שיתוף פעולה שהיה בו שיח מעניין?"

"שיתופי הפעולה מתרחשים באסטרטגיות שונות. לפעמים המפגש המשותף הוא זה שמחולל את עבודת הצוות, לפעמים המחקר



תלמידי עירוני א' מחמד"ע ת"א בסדנת גבישים

זאת מתרחש תהליך כימי מורכב שבו בנוכחות אור UV חומרים קומפלקסיים מגיבים האחד עם השני לקבלת משקע כחול הנקרא "כחול פרוסי". מורים לכימיה יכולים להשתמש בסיור ובסדנאות לצורך תיק מעבדת החקר של התלמידים שהיא חלק מתוכנית הלימודים. מורים יכולים למשל לבקש מתלמידיהם לכתוב דוח סיור המתמקד ביצירה אחת או להשתמש במדע שעליו למדו התלמידים במהלך הסדנה כניסוי מקדים בתופעה כימית וכתיבה של דוחות חקר ברמה 1, 2 חלקי ומלא.

"מהי לפי דעתך תרומתו של הביקור במחזור במחזור לתלמידי מדעים?"

"אני אצטט את פרופ' עמנואל דה לטורה כשנשאל על שיתוף הפעולה שלו עם האמן ישראל הדני: "לתת למדענים לחשוב שיש משהו מעבר לנוסחאות..."

תלמידי מדעים נחשפים לממד היצירתי שבמחקר וליכולת לקשר את המחקר לתחומי ידע נוספים, ליתרון של מחקר בין מומחים בתחומים שונים המאופייין בדיאלוג, בשיח ובלימוד ממושק, ליכולת לגשר על פני המשגות מעולמות שונים כדי לשוחח. כל אלה חשובים לכל התלמידים. אנחנו ערים לעובדה שיש צורך ללמד כיצד לשוחח, כיצד לשתף פעולה. גם בין מדענים למדענים היה לפעמים צורך לתווך להוסיף עוד מומחית או מומחה מתחום אחר כדי לקדם את המחקר. במהלך הביקור חווים התלמידים גם התפעמות מהיצירות, שמעוררות סקרנות ותהייה בשל היכולת הבלתי אמצעית של אמנות להביא רעיון לידי ביטוי או לעורר שאלות. מעבר לכך הביקור במכון מחקר פעיל שמתרחשים בו שיתופי פעולה יוצאי דופן, הוא הדבר הקרוב ביותר למדע עכשווי שהתלמידים יכולים לחוות."

"במחזור מתקיימים סיורים המותאמים לקבוצות המבקרים השונות: ילדי בית ספר יסודי, תיכון, סטודנטים למדעים ולאמנות, מורים, אנשי תוכן, אנשי אמנות ומדע, גימלאים ועוד. אילו עוד פעילויות חינוכיות מתקיימות במחזור שמתאמות לתלמידי מדעים בכלל ולתלמידי מגמת הכימיה בפרט? האם תוכלי לפרט על פעילות אחת או שתיים המתקיימות במהלך הסיור?"

"מעבר לסיור, ובתיאום עם המורה המלווה, נתפרת עבור הקבוצה גם פעילות של אמנות ומדע מעשית או עיונית. בסדנאות שהן חוויה שבין מעבדה לסטודיו או במפגש עם אמן/נית שפועל במחזור לשיח אמן, בביקור במעבדה של חוקר או חוקרת שהתחולל בה אחד משיתופי הפעולה, בביקור במחלקת המיקרוסקופיה המשוכללת שכוללת מאיץ חלקיקים SEM, TEM, XRD FIB ועוד מגוון מכשירים מתקדמים. בצוות החינוך של המוזיאון עובדים ויוצרים אנשים מתחומי ידע שונים: פיזיקה, כימיה, אמנות ועיצוב תעשייתי. ביחד הם בונים מערכי סדנאות ברוח STEAM שילוב בין מדעים, טכנולוגיה, הנדסה, אמנות ומתמטיקה (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics). גישת חינוך זו מאפשרת העמקת ההבנה בתחומי הדעת הכלולים בתחומי ה-STEAM, פיתוח רוח יזמית, סקרנות, יצירתיות וגמישות מחשבתית; קידום מיומנויות של לומד עצמאי וקבלת החלטות, פיתוח מיומנויות חקר ויכולת לפתור בעיות בדרכים שונות; טיפוח מיומנויות חברתיות ותקשורת בין-אישית, ובכלל זה פיתוח יכולת לעבוד בצוות בשיתוף פעולה ופתיחות לריבוי השקפות.

בתחום הכימיה, במהלך שמחקה את תהליך העבודה של קרוליין מקסוול בעבודה "מלחיות", אנחנו מציעים סדנת ציור בטכניקות שונות באמצעות תמיסות מלח שונות על גבי נייר, גיבוש מחדש של המלח וצפייה באמצעות מיקרוסקופים על הגבישים שנוצרו על הנייר. סדנה שכזאת יכולה להתאים למורים שרוצים להרחיב את הלמידה לתלמידי כיתות יוד בנושא חומרים יוניים. בנושא חימצון-חיזור יש לנו סדנת ציאנוטייפ שבה תלמידים מתנסים בדרך חווייתית בעקרונות שהיוו את הבסיס המדעי בראשית הצילום. בסדנה



מתוך סדנת יצירה "הדפסות שמש"