

עבודת גמר בכימיה



עבודת הגמר בכימיה

נעמה בני*

עבודת הגמר היא אתגר אינטלקטואלי, ומאפשרת לתלמידים העמקת ידע, העשרה והרחבת אופקים. זו הזדמנות להכיר את עולם המדע "האמתי" מבפנים, כמו שהגדירו זאת משתתפי הפאנל. החשיפה למעבדת מחקר אמיתית, באקדמיה או בתעשייה, נותנת לתלמידים תמונה רחבה יותר של המתרחש בעולם המדעי: מה מעניין חוקרים, מהן שיטות העבודה והמכשור, איך נראית מערכת ניסוי, ועוד. התלמידים חווים את הדבר האמיתי כאשר ניסוי מזדהם או אינו מצליח ולחלופין התרגשות הענקית כאשר ניסוי מצליח ומתקבלות תוצאות.

מידע נוסף על עבודות גמר ניתן למצוא [באתר עבודות הגמר במשרד החינוך](#).

אז איך מתחילים?

התהליך מתחיל בחשיפה הראשונית בבית הספר. לדעת חברי הפאנל, תפקידו של מורה הכימיה בכיתה הוא להציג את האפשרות בפני התלמידים. ככל שתלמידים רבים יותר ידעו על כך, תלמידים מתאימים רבים יותר ייענו לאתגר. אחר כך נדרשים התלמידים להעלות רעיון למחקר ולחפש מנחה אקדמי. והשלבים הבאים הם כתיבת הצעת המחקר, ביצוע המחקר ולבסוף כתיבת העבודה.

קורס ייחודי להכשרת מורים לתפקיד מנחי עבודת גמר בכימיה התקיים במרכז הארצי למורי הכימיה במכון ויצמן, בהנחיית ד"ר רון בלונדר וד"ר דבורה קצביץ. במהלך הקורס המורים חוו את תהליך הכנת עבודת הגמר, והגישו בסיומו "מיני" עבודת גמר. שתי דוגמאות לתקצירים של עבודות המורים מופיעות בגיליון זה: זיהוי חומרים על-ידי אינטראקציה עם ליפוזומים במטריצת סליקה ג'ל, וקשרים הלוגניים - אמצעי סופרא מולקולרי להיערכות ננו-חלקיקי זהב בתמיסה.

לכבוד קורס זה התכנס פאנל מומחים לדון בעבודות הגמר בכימיה, בעבודת גמר בכלל ובדרכים לקדם את הנושא בקרב תלמידים בפרט. לפניכם עיקרי הדברים שהדגישו משתתפי הפאנל.

עבודת גמר היא חוויית למידה משמעותית שבה התלמידים מבצעים מחקר אותנטי במעבדה פעילה. העבודה היא מטלת סיום המאפשרת לתלמידים לבחור נושאי לימוד על פי העניין האישי שלהם. העבודה היא הזדמנות בעבור התלמיד להביא לידי ביטוי יכולת למידה מעבר לזו המתאפשרת בתכנית הלימודים הרגילה בכיתה. אפשר להכינה כמשימה נוספת או כמשימה המחליפה את חובת ההיבחנות במקצוע, והיא מזכה את התלמידים בחמש יחידות לימוד בתעודת הבגרות.

* נעמה בני, מורה למדעים, דוקטוראנטית למדעים, בהנחיית ד"ר רון בלונדר, במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן.



למי מתאים לבצע עבודת גמר?

שני מאפיינים מרכזיים הודגשו. הראשון הוא יכולת הלמידה העצמאית של התלמידים, כלומר, נדרשים תלמידים עצמאיים וסקרנים, שמעניין אותם המדע ומעניין אותם לחקור שאלות. המאפיין השני הוא התמדה. נוסף על כך, חשוב שיהיה לתלמיד רקע מבוסס בתחום העבודה. התלמידים המתאימים ביותר יהיו בדרך כלל אלה הלומדים לימודים מוגברים במתמטיקה ובמקצועות המדעיים, ומצטיינים בכך.

חשוב לזכור כי בתהליך הלמידה וכתובת העבודה התלמידים אינם מקבלים סיכומים או חומרים מוכנים מראש. הם אינם מקבלים תזכורות ואיש אינו "עומד להם על הראש". התלמיד הוא זה שאחראי לביצוע שלבי העבודה השונים. הוא מנהל את פרויקט עבודת הגמר, מקציב את הזמן הנחוץ לכל משימה, אחראי ללמוד את החומר האקדמי הרלבנטי לעבודתו, ועוד.

איך מוצאים מנחה אקדמי?

חיפוש מנחה אקדמי לעבודת גמר מתחיל ברעיון. בבית הספר בודקים מה מעניין את התלמיד ומה הוא רוצה לחקור ולבדוק. לאחר מכן בודקים מי עוסק בתחום, והתלמיד פונה אל החוקר באקדמיה או בתעשייה. חשוב לזכור שבשלב זה ייתכנו אכזבות ועיכובים. לא תמיד החוקר מסכים להנחות תלמידים, ולעתים הוא אף אינו מגיב לפנייה. לדברי חברי הפאנל, זהו המצב הראשון שבו נבחנת נחישותם של תלמידים. תלמיד שלא יירתע מתשובה שלילית, אלא ימשיך ויחפש, סביר כי ניחן בתכונות שתעזורנה לו להצליח בעבודה.

אם אחרי כל המאמצים לא הצליח התלמיד למצוא מנחה אקדמי, ממליצים חברי הפאנל לפנות למוסדות המאורגנים, כמו מכון ויצמן למדע, שבהם אפשר למצוא תכניות מאורגנות האפשרות חיבור בין תלמידים ובין חוקרים.

מה תפקידו של בית הספר?

לבית הספר ולמורה לכימיה תפקיד חשוב לאין ערוך. המורה הוא זה שמלווה את התלמיד בשלבי העבודה השונים. בבית ספר שיש בו רכז עבודות גמר, העבודה מתחלקת. את החלק הניהולי בעבודה, הכולל הגשת הצעה, מילוי טפסים, ועוד, מבצע רכז עבודות הגמר. את הליווי והתמיכה וכן עזרה בהבנת מושגים ובכתיבה, מבצע המורה בכיתה. בבית ספר שאין בו רכז, המורה אחראי לכול. חברי הפאנל ממליצים כי מורים אלה יתעדכנו ויהיו בקיאים בכל הפרטים הנחוצים.

מהם השלבים החשובים בביצוע עבודת הגמר?

נצביע על כמה שלבים חשובים: השלב הראשון, והחשוב ביותר, הוא הגשת הצעת המחקר. בשלב זה חשוב שהעבודה תעסוק בנושא שנערכו עליו מחקרים, המעוגן במאמר מדעי מהשנים האחרונות.



בשלב הגשת ההצעה חשוב מאוד לעקוב אחר הנחיות משרד החינוך ולמלאן. הגישה היא לעזור לתלמידים ולקדם אותם עד כמה שאפשר. הצעה שאינה לפי ההנחיות תוחזר

לתלמיד לצורך תיקונים. הצעות נפסלות רק לעתים רחוקות, ועל פי רוב עקב בעיות אתיות. ביתר המקרים תוחזר ההצעה בליווי פירוט הדברים הדורשים תיקון ושיפור. חברי הפאנל ממליצים למורים לפתוח דיאלוג מקדים עם הפיקוח ועם המנחים האקדמיים כדי להבין לעומק את מהות הנושא הנחקר, את התאמתו לדרישות וכיצד כותבים את ההצעה כך שתתקבל.

השלב הבא הוא ביצוע המחקר, ובו מעורבותו של המנחה האקדמי גבוהה ממעורבותו של המורה, אם כי תפקידו של המורה אינו מסתיים. חברי הפאנל ממליצים למורים לעקוב אחר ביצוע העבודה, לבדוק את התלמיד, לשאול שאלות, ולהיות בקשר עם המנחה האקדמי ועם התלמיד – הכול כדי לזהות מהמורות ולהרים את התלמיד מעליהן.

לבסוף מגיע שלב כתיבת העבודה, ובו חלקו של המורה משמעותי מאוד. כיצד מארגנים את החומר? איך מנתחים את התוצאות? מהם הכללים לכתיבת רשימה ביבליוגרפית? ועוד מרכיבים של כתיבת עבודה – הנחייה צמודה של המורה מסייעת לתלמידים לסיים את המסע המרתק שעברו.

והחווייה מנקודת מבטו של התלמיד?

בפאנל נטלו חלק שני תלמידים שכתבו עבודות גמר. התלמידים ציינו כי החוויה הייתה מסע מרתק ומאתגר שבחן את המוטיבציה שלהם ואת יכולותיהם. בהתחלה ציינו השניים כי בשלב כלשהו היו מבולבלים ואובדי עצות. בהתחלה עמדו מול מאמרים באנגלית בשפה מקצועית שלא הבינו מילה בה, או מול מערכת ניסוי שעליהם לשלוט בה, ולא היה להם מושג איך מתחילים. בהמשך גילו מסביבם אנשים רבים שרצו לעזור – המורה בבית הספר, המנחה האקדמי, הסטודנטים במעבדה. כך הצליחו לאט-לאט לפלס את דרכם בביצוע המחקר ובכתיבת העבודה. לדבריהם הדבר אורך זמן, אבל כשהוא קורה – התחושה מדהימה ומשמחת.

התלמידים ציינו את הצורך בגמישות מצד בית הספר. לעתים נדרש זמן כדי להעמיד ניסוי, לעתים נדרש מעקב אחר ניסוי,

או שהתלמידים נדרשים להיעדר מבית הספר, למשל לצורך זמן מיקרוסקופ במעבדה. חשוב לאפשר לתלמידים להקדיש זמן לעבודה המעשית במעבדה, גם על חשבון לימודים לפי הצורך.

השלב הבא הוא שלב ההטבות: הצגת הפרויקט בכנס ארצי – בהרצאה בליווי מצגת. זו חוויה מיוחדת ומתגמלת, שבה אנשי המחקר המכובדים, המורים והאורחים רואים את העבודה ומשבחים את התלמידים.

תלמידים אחדים אף זוכים בפרסים על עבודותיהם, ואלה המובילות זוכות לייצג את ישראל בתחרויות או אירועים בינלאומיים. למשל הוזכר כי התלמידה שהעבודה שלה זכתה במקום ראשון הוזמנה לטקס הענקת פרס נובל באותה שנה

התלמידים ציינו כי המפגש עם בני נוער נוספים, הדומים להם כל כך ועם זאת שונים, לרבות הקשרים שנוצרים והחוויות המשותפות – כל אלה יוצרים חוויה עוצמתית המותירה חותם.

בסיכום הפאנל ביקשו המשתתפים ממורי הכימיה בבתי הספר להעלות את אפשרות הכנת עבודת הגמר בפני התלמידים. כמו כן הודגש כי מי שמעוניין בתמיכה ימצא נכונות לדיאלוג, שכן השאיפה היא להגדיל את מספר התלמידים המבקשים לבצע עבודות גמר.

בפאנל נטלו חלק הגב' אפרת טל, מפמ"רית עבודות גמר; ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"רית כימיה; ד"ר סמדר זיידמן, רכזת עבודות גמר (דאז) במכון ויצמן למדע; ד"ר איליה שרמן, מנחה אקדמי לעבודות בכימיה במכון ויצמן למדע; ד"ר מירי קסנר, אשת הקשר לתעשייה הכימית בישראל; רויטל בר יוסף, רכזת עבודות גמר בבית הספר תיכון דה-שליט ברחובות; הגב' פנינה שפירא, לשעבר מדריכה ארצית בנושא עבודות גמר; אמילי חכים, בוגרת תיכון אוהל שם ברמת גן; ונדב רייכמן, בוגר הגימנסיה הראלית בראשון לציון.