

יישומי ביוטכנולוגיה - 5 יח"ל

סמל שאלון: 783589

(מקצוע התמחות)

תכנית לימודים מעודכנת

תשפ"ז

(לנבחנים החל משנת הלימודים תשפ"ח)

1. מערך הלמידה במגמת ביוטכנולוגיה ומבוא למקצוע

- מערך הלמידה במגמת הביוטכנולוגיה מציג בפני התלמידים את התפיסה המדעית של המאה ה-21, ובה מדע יישומי מהווה את חוד החנית להתפתחות התעשייה, הרפואה והחקלאות. הביוטכנולוגיה מאגדת בתוכה מחקר, פיתוח ושימוש במערכות ביולוגיות.
- מקצוע ההתמחות "יישומים בביוטכנולוגיה" מהווה את פסגת הלמידה במגמה ונשען על תשתית הידע שמקנה המקצוע "מערכות ביוטכנולוגיות". לאור זאת, **תנאי חובה להכרה בציון הבגרות ב"יישומים בביוטכנולוגיה" הוא קבלת ציון סופי עובר בבחינת הבגרות ב"מערכות ביוטכנולוגיות"**.
- מקצוע ההתמחות מאפשר את יישום התשתית הזו הלכה למעשה באמצעות מחקר אותנטי המשלב ביוכימיה, מיקרוביולוגיה, הנדסה גנטית ואימונולוגיה. במקצוע זה מושם דגש על התעמקות בבסיס הידע התיאורטי, ביצוע מחקר פעיל, התנסות בשיטות עבודה מתקדמות, עבודת צוות וקשר עם הקהילה.

2. תפיסה פדגוגית

- מערך הלימודים מקרב את התלמידים לנעשה בתעשייה ובמחקר. על מנת לתת ביטוי נכון למהות המחקרית-ניסויית, התפיסה הפדגוגית מושתתת על:
- **התנסות פעילה ולמידה מעשית:** התלמידים עוברים תהליך מחקרי אותנטי המשקף עבודת חוקר במכון מחקר באקדמיה או בתעשייה. הדבר בא לידי ביטוי בחקר ניסויי מעבדתי ברמה מתקדמת, החל משלב הניסוי המקדים ועד לחקר המלא.
 - **רציונל מדעי:** הבניית תהליך המחקר כנרטיב שלם המסקרן את הלומד והקורא, החל מהצגת הבעיה המדעית, דרך שאלת המחקר ועד למסקנות ולמשמעויות היישומיות.
 - **שילוב כלים ביואינפורמטיים:** שימוש בביואינפורמטיקה ומאגרי מידע חשוביים כחלק אינטגרלי מתהליך החקר, המאפשרים ניתוח של נתונים ביולוגיים והבנה מעמיקה של משמעויות המחקר, תוצאותיו והשלכותיו.
 - **אוריינות טכנולוגית:** שילוב פלטפורמות וכלי בינה מלאכותית (AI) לייעול עבודת החוקר, פישוט מאמרים אקדמיים וסיוע בגיבוש הרקע התיאורטי.
 - **המחשה חזותית:** שילוב עזרים חזותיים מתקדמים, אינפוגרפיקות וסימולציות ממוחשבות להבנה מעמיקה של מבנים ותהליכים מולקולריים מופשטים (כגון מודלים של מבנה חלבונים).

3. יעדים פדגוגיים ואופק אקדמי

יעדים פדגוגיים:

- קירוב התלמידים לפעילות מחקרית במעבדות מחקר ובתעשייה תוך התנסות מעשית ולמידה פעילה.
- פיתוח דרך חשיבה מחקרית בהתמודדות עם סוגיה מדעית יישומית והקפדה על טרמינולוגיה מדויקת.
- פיתוח הבנה לתרומתו של מחקר יישומי לחברה ולפרט, כולל שיח ישיר עם הקהילה.
- פיתוח אחריות ושותפות לעבודה בצוות החותר להשגת מטרה.
- פיתוח ביטחון עצמי ויכולת הצגת עמדה וידע בפני בוחן חיצוני.

אוכלוסיית יעד ולימודי המשך:

תלמידים סקרנים הלומדים במגמת הביוטכנולוגיה, אשר רכשו בסיס במדעים ובמקצוע "מערכות ביוטכנולוגיות". המקצוע מהווה מקפצה ללימודים אקדמיים בתחומי מדעי החיים, ההנדסה והרפואה.

4. מבנה המקצוע ושקלול ציונים

מבנה המקצוע מבוסס על תהליך שלם, המתחיל בהכנה מוקדמת ומשמעותית הנעשית על ידי המורה בכיתה, הכוללת לימוד מעמיק בעזרת מאמרים אקדמיים. במקביל לשלב ההכנה, נבחר מסלול החקר המעשי ליישום התהליך המחקרי הלכה למעשה. יישום זה מתבצע באחד משני מסלולים: מתכונת של שלושה ימי מחקר מרוכזים במעבדה (באקדמיה או בתעשייה), או לחלופין מסלול של שני ימי מעבדה (באקדמיה או בתעשייה) בשילוב חקר ביואינפורמטי רלוונטי הנערך במסגרת בית הספר. העבודה מתבצעת בצוותים קטנים של 2-3 תלמידים, כאשר כל קבוצה מתמקדת בשאלת מחקר ספציפית הנגזרת מתוך מחקר גג משותף לכלל הכיתה.

העבודה המעשית בנויה מניסוי מקדים, המהווה בסיס לפיתוח וביצוע ניסוי החקר המלא. עם סיום השלב המעשי, מסכמים התלמידים את התהליך וממצאיו בכתובת עבודה מדעית, במבנה מאמר מדעי, פוסטר אקדמי וחשיפה לקהילה.

הציון הסופי משוקלל מהערכה פנימית של המורה (תהליכית) והערכה של בוחן חיצוני בבחינת ההגנה.

מרכיב ציון	מרכיבי הפרויקט	משקל בציון – עבודת גמר 5 יח"ל
ציון בוחן חיצוני	עבודה כתובה	העבודה כתובה כמאמר מדעי על כל חלקיו (50%): - תקציר - סקירה תאורטית הכוללת את כל מקורות המידע - בכתובה ממזגת - מערך המחקר של כל הניסויים - תוצאות של כל הניסויים - דיון אינטגרטיבי על תוצאות המחקר המסקנות והשלכותיו - ביבליוגרפיה - חשיפה לקהילה - נספחים
	כרזה מדעית (פוסטר) - הבעה ויזואלית	10%
	בחינת הגנה בעל פה (בוחן חיצוני)	40%
ציון בית ספרי - פנימי	ציון הגשה של המורה	- עבודה כתובה 30% - כרזה מדעית 10% - חשיפה לקהילה 10% - בחינת הגנה 30% - התנהלות אישית וצוותית 20%

מחווים לעבודת הגמר 5 יח"ל - [עבודה כתובה](#), [כרזה מדעית](#), [חשיפה לקהילה](#), [בחינת הגנה בע"פ](#)

5. התלמיד כחוקר - מתודולוגיה מחקרית ואוריינות מדעית

תהליך החקר מובנה באופן הדרגתי ושיטתי, מתוך מטרה להקנות ללומדים ארגז כלים של חוקרים עצמאיים. הכשרת התלמידים למחקר מתמקדת ברכיבים הבאים:

- **היכרות עם אופני דיווח אקדמיים:** הבנת ההבחנה בין סוגי הפרסומים המדעיים המקובלים, כגון מאמר מחקר מקורי (Research Article), מאמר סקירה (Review), דו"ח מחקר ופרסומים פופולריים.

- **מתודולוגיה ותכנון מחקרי:** תרגול הלכה למעשה של שלבי המחקר המדעי הקלאסי – החל מזיהוי בעיה יישומית, דרך סקירה ביקורתית ומעמיקה של ספרות מדעית (הכוללת מאמרי מפתח ומקורות שאותו עצמאית), ניסוח שאלת מחקר ממוקדת והשערות מבוססות-ידע, ועד לתכנון קפדני של מערך ניסוי מבוקר לבחינתו.
- **אוריינות וכתובה מדעית:** שליטה מלאה במבנה המוסכם של כתיבה אקדמית. התלמידים יתרגלו כתיבה מדעית תקינה, הכוללת ניסוח תקציר ממצה, הבניית רקע תיאורטי ב"שיטת המשפך" (מהכלל אל הפרט), תיאור מערך המחקר (שיטות וחומרים), כתיבה נהירה של התוצאות ושילוב תרשימים וגרפים המקפידים על דיוק מדעי מוחלט, פיתוח דיון ביקורתי בממצאים, ועריכת רשימת מקורות על פי כללי הציטוט האקדמיים.

6. אבני דרך בביצוע הפרויקט

אחריות המורה וטוהר הבחינות: אחריות המורה היא להנחות את התלמידים לאורך התהליך המחקרי ולהעביר אותם דרך כל אבני הדרך הנדרשות. אף על פי שכתובת העבודה המדעית מתבצעת באופן בלעדי על ידי התלמידים עצמם, חובה על המורה ללוות, לבקר ולפקח על שלבי ההתקדמות. יש להקפיד הקפדה יתרה על כך שהעבודה תהיה מקורית לחלוטין ותיכתב בשפה נאותה וראויה. יודגש כי כל אי-עמידה בכללי טוהר הבחינות תגרור את פסילתה המיידית של העבודה.

א. **שלב ראשון - היערכות ותיאום נושא החקר (באחריות המורה):** בחירת נושא המחקר המיועד ויצירת קשר עם מעבדת המחקר באקדמיה או בתעשייה (מרכז טכנולוגי/ מרכז הדרכה מדעית לנוער באקדמיה/ מכון מחקר) לתיאום מועד ביצוע המחקר. בחירת הנושא והמעבדה המלווה תתבצע מתוך טבלת מעבדות המחקר ונושאי החקר ומילוי טופס הצהרת כוונות [המופיעים בחדר המורים](#) עד סוף חודש נובמבר עבור תלמידי י"א תשפ"ז.

- **שלב שני - הקניית הרקע התאורטי למחקר והבניית תהליך החקר בכיתה:** חלוקת התלמידים לצוותי עבודה מוגדרים ולימוד מעמיק של הבסיס המדעי והתיאורטי הנדרש למחקר. לצורך לימוד זה ישמשו לפחות שני מאמרים מדעיים שייבחרו וינתנו על ידי המורה לכלל התלמידים בכיתה, ויהוו בסיס ללימוד נושא המחקר ושיטות העבודה. על המורה לעבד ולהשלים את המידע העולה מן המאמרים באמצעות מקורות מדעיים וחומרי הוראה נוספים, בהתאם לתכנים ולשיטות הנדרשים בפרויקט, כך שתיבנה לתלמידים תשתית מדעית ותיאורטית מתאימה לביצוע המחקר. כמו כן, יבחרו התלמידים בכל קבוצת מחקר שלושה מאמרים מדעיים נוספים, הקשורים באופן פרטני יותר לשאלת החקר שלהם.

- **שלב שלישי - ביצוע ניסויי החקר (המקדים והמרכזי) במעבדות ההשמה:**
 - ✓ מילוי ושליחת טופס הצעת מחקר ביישומי בביוטכנולוגיה, לפני תחילת ביצוע ניסויי המחקר. [קישור לטפסי הצעת המחקר בפרויקטים השונים נמצא בקובץ רשימת מרכזי ההשמה החדר המורים.](#)
 - יש להקליד את כל הפרטים בטופס המקוון, לא יאוחזר משבוע לפני ביצוע ניסויי החקר במעבדת ההשמה.
 - ✓ קבלת אישור הפיקוח לביצוע החלק הניסויי של הפרויקט. האישור ישלח למורה המגיש במייל. יש לשמור את האישור ולצרפו לקבצי עבודות התלמידים בפרק הנספחים.
 - ✓ ביצוע מערך הניסוי המלא והמבוקר במעבדת המחקר, על בסיס מסקנות הניסוי המקדים. שלב זה כולל את הפעלת כלל הבקורות והחזרות הנדרשות. כאן ייאספו כלל הנתונים והתוצאות הגולמיות, שיהוו את התשתית לעיבוד הנתונים ולניתוח המקיף שיוצג בעבודה הכתובה.
- **שלב רביעי (נדבך נוסף או חלופה לחלק מהניסוי המעשי) - ניתוח ביואינפורמטי מעמיק בכיתה:** כחלק בלתי נפרד מהעבודה, יורחב החלק הביואינפורמטי הממוחשב כך שייתן מענה ישיר לשאלת המחקר הספציפית של התלמידים. התלמידים ישתמשו במאגרי מידע ובכלים ביואינפורמטיים שונים כדי לבצע ניתוחים שונים, כמו חקירת המבנה המרחבי של חלבונים רלוונטיים, השוואת רצפים לאבחון מוטציות, תכנון פריימרים ל-PCR. חקר ביואינפורמטי זה יכול להחליף חלק מהחקר המעשי במעבדה וזאת בתיאום עם הפיקוח ומעבדת ההשמה.
- **שלב חמישי - סיכום המחקר וכתובת העבודה:** כתיבת עבודת מחקר מקיפה כולל עיבוד הנתונים הגולמיים שנאספו בניסויים השונים.
- **שלב שישי הכנת כרזה מדעית:** כל צוות מחקר יכין כרזה מדעית (פוסטר) לסיכום המחקר. תלמידים המעוניינים יכולים להגיש את הכרזה לשיפוט באולימפיאדת ביוטכנולוגיה בחסות הטכניון.
- **שלב שביעי – התלמיד כחבר בקהילה - חשיפה לקהילה:** יישום מיומנויות של תקשורת מדעית והנגשת המחקר לקהל מטרה המתאים לשאלת המחקר. התלמידים יציגו את נושא המחקר, מהלכו והשלכותיו היישומיות באופן המותאם לשומעים, ולבסוף יבצעו הערכה לבדיקת ההשפעה של החשיפה למחקר על הקהל, בדרך אותה הם יבחרו.
- **שלב שמיני - בחינת הגנה על ידי בוחן חיצוני:** הערכת עבודות הגמר תתבצע על-ידי בוחן חיצוני הנבחר על-ידי הפיקוח על הוראת הביוטכנולוגיה. לקראת הבחינה, יתואמו מועדים נוחים בין המורה לבין הבוחן, ועבודת המחקר תועלה למערכת שילובית לצורך הערכת הבוחן שבועיים מראש. על המורה לוודא שכל המאמרים המרכזיים שנלמדו בכיתה, זמינים לבוחן.

על הבוחן לקרוא את העבודות בקפידה ולהכין שאלות לבחינה בעל-פה, שבמסגרתה יפגין כל תלמיד (במשך כ-15 דקות) ידע והבנה מעמיקים של התהליך המחקרי: החל מהבסיס התיאורטי והרציונל שמאחורי מערך הניסוי, הבקורות והשיטות, ועד לניתוח מושכל של התוצאות והגנה על המסקנות מתוך חשיבה ביקורתית ויכולת טיעון מדעית. תהליך ההערכה מחייב שקיפות מלאה מול התלמידים והמורה. הציון ייקבע על בסיס מחוון ברור, כאשר לכל עבודה יצורף משוב מנומק המסביר את השיקולים שהובילו להערכה. המשוב ינוסח באווירה חיובית ומכבדת, תוך הדגשת נקודות החוזק של התלמידים, מתן הערות בונות לשיפור, והצעה לדרכי התפתחות מדעית עתידיות. מספר ימים לפני הבחינה, מומלץ לקיים שיחת תיאום ציפיות בין המורה לבוחן כדי להבטיח הבנה הדדית של דגשי המחקר וליצירת אווירה נינוחה ומכבדת עבור התלמידים. במסגרת הבחינה, הבוחן הוא סמכות עצמאית הקובעת את אופי השאלות ואת הציון הסופי, תוך ניהול המפגש מתוך כבוד לתלמידים ומתן הזדמנות אמיתית להפגין את יכולותיהם המדעיות.

7. מבנה עבודת הגמר והדרישות המדעיות - 5 יח"ל

עבודת סיכום המחקר מהווה את התוצר האקדמי המרכזי של עבודת החקר. היא תיכתב על פי הכללים המקובלים לכתיבה מדעית אקדמית, בשפה תמציתית, מדויקת ותכליתית.

7.1. כללי עיצוב אקדמיים: יש להקפיד על קו עיצובי נקי ואחיד - גופן: אריאל (Arial) גודל 12, כותרות: אריאל גודל 14 (מודגש), מרווח בין שורות: 1.5, היקף העבודה: כ-30 עמודים (ללא הנספחים).

7.2. הנחיות לשימוש מושכל וביקורתי בכלי בינה מלאכותית: השימוש בפלטפורמות מבוססות בינה

מלאכותית (AI) נועד להוות כלי עזר המעצים את יכולות הלומד, **אך אינו תחליף לכתיבה העצמאית ולהבנה המדעית.** השימוש ייעשה באופן מבוקר על פי העקרונות הבאים:

- **איתור מידע ומקורות מדעיים אמינים:** מומלץ להיעזר בכלי בינה מלאכותית לשם איתור ראשוני של מאמרים, מחקרים ומקורות מידע. עם זאת, חובה על התלמידים לאמת את קיומם ואמינותם של מקורות אלו, ולוודא כי מדובר במקורות מדעיים שפורסמו בכתבי עת מוכרים. יש לוודא שהמידע מהימן ומבוסס מחקרית, כדי להימנע מהסתמכות על מידע שגוי או בדוי.
- **עיבוד והבנת מקורות מידע:** ניתן להיעזר בכלי AI לצורך פישוט מאמרים אקדמיים סבוכים, תרגום מונחים מקצועיים, וסיכום ראשוני של הרעיונות המרכזיים מתוך הספרות.
- **ארגון טקסט וכתיבה ממוזגת:** מותר להשתמש בכלים אלו לסיוע בבניית שלד רעיוני לסקירה התיאורטית ולייעול תהליך הכתיבה הממוזגת. עם זאת, חל איסור מוחלט על הפקת פרקי העבודה בשלמותם על ידי כלי ה-AI. יש לעבד את המידע בצורה ביקורתית, לנפות מידע שאינו רלוונטי לשאלת המחקר הספציפית, ולשמור על הקול האישי של התלמידים כחוקרים.
- **המחשה חזותית ובקרה מדעית קפדנית:** שילוב תמונות, אינפוגרפיקות וסימולציות המופקות או מעובדות באמצעות AI דורש הפעלת חשיבה ביקורתית ומדעית מחמירה. יש לוודא שכל מודל חזותי משקף מציאות מדעית מוחלטת ואינו מכיל שגיאות או עיוותים. יש לבצע בקרה קפדנית ולוודא שהוא נאמן לאמת המדעית.

[קישור לעמדת הפיקוח לגבי שימוש בבינה מלאכותית בכתיבת עבודת הגמר.](#)

7.3 מבנה העבודה ופרקיה:

7.3.1 דף שער: יכלול את נושא המחקר, שאלת החקר, שמות התלמידים, מעבדת המחקר, מורה מנחה ומנחים נוספים (במידה ויש), שם ולוגו בית הספר, סמל המגמה, שנת הגשה.

7.3.2 תוכן עניינים: יכלול את שמות הפרקים ותתי הפרקים ומספור עמודים.

7.3.3 תקציר (כעמוד אחד): סיכום תמציתי וממוקד של המחקר כולו. מטרתו לאפשר לקורא להבין את מהות המחקר, הנושא הנחקר, השיטות העיקריות, הממצאים המרכזיים והמסקנות, ללא צורך בקריאת העבודה במלואה.

7.3.4 סקירה תיאורטית (4-7 עמודים): הבניית הרקע המדעי כנרטיב זורם ב"שיטת המשפך" – הצגה רחבה של תחום המחקר ההולכת ומתמקדת עד להצגת הפער המדעי, שאלות המחקר והשערות המחקר שייבדקו בניסוי.

הסקירה תתבסס על מקורות המידע שנאספו במהלך המחקר, בהם שני מאמרים מרכזיים שניתנו על ידי המורה ושלושה מאמרי בחירה שנבחרו על ידי התלמידים. בעבודה ישולבו מקורות המידע המדעיים תוך שימוש אזכור מקורות באופן מדעי. מומלץ לשלב תמונות ותרשימים להמחשת הרקע המדעי. יש למספר את התמונות בסדר עולה ולהוסיף לכל אחת מהן כותרת ברורה ומדויקת המתארת את תוכנה.

[קובץ עזר לכתיבת הסקירה התאורטית](#)

7.3.5 מערך המחקר (3-6 עמודים):

פרק זה מתאר באופן מובנה ושיטתי את כלל הניסויים שבוצעו במהלך עבודת החקר (החל מהניסוי המקדים ועד לניסוי המרכזי), תוך שימת דגש על הבנת המערכת הניסויית והרציונל המדעי שמאחוריה. התיאור יכתב בצורת טקסט רציף או בחלוקה לתת-פרקים הגיוניים, ויימנע לחלוטין מהעתקת פרוטוקולים יבשים של מעבדה. מטרת הפרק אינה להוות "מדריך למשתמש" טכני, אלא להסביר מהותית מה נעשה, למה נעשה ואיך הוגדרה מערכת המחקר.

הפרק יכלול התייחסות מפורטת לרכיבים הבאים, עבור כל שלב בניסוי:

א. **הגדרת המערכת והמשתנים:** הגדרה מובהקת ומדויקת של המשתנה הבלתי תלוי (הגורם המשפיע, אופן שינוי והטווח שלו) ושל המשתנה התלוי (הגורם המושפע ואופן מדידתו). בנוסף, יפורטו הגורמים הקבועים שנשמרו במהלך הניסוי, בליווי הסבר קצר על חשיבותם לשמירה על תוקף המחקר ובידוד המשתנים.

ב. **בקורות וחזרות:** ציון ברור של קבוצות הבקרה (שלילית, חיובית, השוואתית בהתאם למבנה הניסוי) המשולבות בניסוי והסבר תכליתן לאימות התוצאות, וכן ציון מספר החזרות שבוצעו, אם בוצעו.

ג. **תיאור מהלך הניסוי ושיטות הבדיקה:** תיאור עקרוני וברור של שלבי העבודה יחד עם השיטות המדעיות שבהן נעשה שימוש. על התלמידים לתאר את ההתרחשות המדעית צעד אחר צעד (למשל: אופן הכנת המערכת הביולוגית, תזמון וסדר הוספת החומרים המשפיעים, או תנאי ההדגרה), כך שהתיאור ישקף הבנה מלאה של הנעשה בפועל ומדוע.

בתיאור השלבים יש להסביר בקצרה את העיקרון המדעי שעליו מבוססות השיטות האנליטיות והביולוגיות בניסוי, הסיבה לבחירת כל שיטה ואיזה סוג מידע היא מספקת. התיאור חייב להיות זורם ולהימנע מהעתקת פרוטוקולים טכניים, מרשימות של ציוד מעבדה סטנדרטי (כגון מבחנות ופיפטות), ומציון מידות או נפחים מדויקים, אלא אם יש להם חשיבות בהבנה של הטיפולים השונים בניסוי וייחודית להבנת המערך עצמו.

7.3.6 תוצאות המחקר

הצגה אובייקטיבית, עקבית ושיטתית של הנתונים שנאספו, תוך הבניית רצף קריאה הגיוני המלווה את הקורא שלב אחר שלב. התוצאות שיוצגו בגוף העבודה יהיו התוצאות המעובדות בלבד (בליווי הסבר על אופן העיבוד), בעוד שעומס של תוצאות גולמיות במידה וקיימות יועבר לפרק הנספחים.

עבור כל ניסוי או שלב מחקרי המוצג בפרק, יש להקפיד על המבנה המשולש הבא:

- א. **רציונל והקדמה לניסוי:** לפני כל תצוגה חזותית של נתונים, יש לכתוב פסקת פתיחה קצרה המהווה הסבר על הקשר של הניסוי הספציפי לעבודת החקר. פסקה זו תציג את רציונל הניסוי הנוכחי, מטרתו, ומה בדיוק נבדק בשלב זה (אילו משתנים עומדים להיבחן).
- ב. **אוריינות חזותית מדעית:** הצגת הנתונים עצמם באמצעות טבלאות, תמונות, איורים או תצוגה גרפית המותאמת במדויק לסוג המשתנה (למשל, תרשים עמודות למשתנה בדיד, גרף פיזור XY למשתנה רציף). כל טבלה, תמונה וגרף ימוספרו כראוי ויקבלו כותרות מדויקות ומקיפות ומקרא במידת הצורך. כותרות גרפים יכללו את המשתנה התלוי והבלתי תלוי ומהות הניסוי, כותרות הצירים יכללו את המשתנה ויחידות מידה תקינות. כל עבודה חייבת לכלול תוצאות כמותיות של לפחות חלק מהניסויים. בנוסף, יש להסביר בבירור את דרך עיבוד התוצאות – מהנתונים הגולמיים שנאספו בניסוי ועד לנתונים המעובדים המוצגים בגרפים ובטבלאות, וזאת כדי לאפשר הסקת מסקנות תקיפות ומבוססות.
- ג. **תיאור מילולי עובדתי:** לאחר ההצגה החזותית (הטבלה, הגרף או התמונה), יש לתאר באופן מילולי, תמציתי וברור את התוצאות והמגמות המרכזיות העולות מן הנתונים. על התיאור לכלול התייחסות כמותית מדויקת ולא רק כיוונית בדגש על הבדלים ומגמות משמעותיים בין קבוצות הניסוי (למשל: במקרה של מגמת עלייה/ירידה יש לציין פי כמה או בכמה אחוזים חל השינוי, ציון הערכים המספריים של נקודות מינימום/מקסימום) על התיאור להיות אובייקטיבי לחלוטין ללא פירוש התוצאות. אין להסביר את הסיבות להתרחשותן, ואין להסיק מהן מסקנות בשלב זה.

7.3.7 דיון ומסקנות (2-3 עמודים) - הערכה ביקורתית של הממצאים

פרק זה מהווה את שיא עבודת החקר, ובו נדרשות מהתלמיד מיומנויות מתקדמות של ניתוח, ביקורת ופרשנות הממצאים, מעבר לדיווח נתונים בלבד. הפרק יכתב כרצף לוגי ומנומק, ויכלול התייחסות מעמיקה לרכיבים הבאים:

- א. **ממצאים למסקנות (בחינה מול מקורות המידע):** פתיחת הפרק בסקירה ממצה וברורה של התוצאות והמגמות העיקריות שעלו מן הניסויים, וגזירת מסקנות ישירות מתוכן. על התלמיד לעמת מסקנות אלו מול הבסיס המדעי שהוצג בסקירה התיאורטית - להציג התאמות (היכן התוצאות תומכות בספרות ובהשערות המחקר המקוריות) ולנתח פערים או סתירות שהתגלו בין הממצאים בפועל לבין הידע המוקדם, תוך ניסיון להסבירם מבחינה מדעית.
- ב. **חשיבה ביקורתית והערכת המערך הניסויי:** בחינה ביקורתית וכנה של תכנון המחקר וביצועו. על התלמיד לדון בשאלה האם מבנה הניסוי היה נכון ומתאים למענה על שאלת המחקר. בחלק

זה יש להתייחס במפורש לתקינות הבקורות (האם הן שירתו את מטרתן ושללו הסברים חלופיים), להקפדה על שמירת גורמים קבועים לאורך הניסוי כדי לבודד את המשתנה המשפיע, ולרמת הדיוק של שיטות המדידה. יש לזהות כשלים, מגבלות או הטיות אפשריות (כגון סטייה בתנאי הסביבה או מגבלות טכניות של המכשור), ולהציע דרכים לשיפור ולתיקון המערך הקיים על מנת להעלות את רמת הדיוק ומהימנות התוצאות.

ג. **השוואת עמיתים:** השוואה ביקורתית לממצאים של חקר מקביל שבוצע על ידי צוות תלמידים נוסף מהכיתה או ממחזור לימוד קודם הבוחן היבט אחר של אותה מערכת ניסויית. יש לנתח נקודות דמיון ושוני, ולהסיק מסקנה מערכתית רחבה יותר מתוך איחוד הממצאים של שני הצוותים.

ד. **משמעות יישומית:** תיאור ההשלכות האפשריות של ממצאי המחקר על העולם האמיתי (כגון תרומה לתעשייה הביוטכנולוגית, לרפואה, לחקלאות או לאיכות הסביבה), וכיצד הפרויקט מקדם את פתרון הבעיה המקורית שהוצגה בסקירה התאורטית.

ה. **חוקר צופה פני עתיד:** תכנון שני מחקרי המשך מתוך ראייה מדעית רחבה של מסקנות הניסוי. מחקר ראשון יעסוק בניסוי המשך הקשור ישירות למערכת הניסוי בה בוצע הניסוי המרכזי ולתוצאות הניסוי. המחקר שני יציע כיוונים להעמקת המחקר תוך יישום וחיבור לשיטות עבודה מתקדמות שנלמדו במקצוע המוביל "מערכות ביוטכנולוגיות" (כגון שיטות בהנדסה גנטית, עבודה עם תרביות/רקמות תאים ממקורות שונים או ניסויים בבע"ח, כלים אימונולוגיים או ניתוח ביואינפורמטי מתקדם). על התלמיד להסביר כיצד שילוב של שיטות אלו יאפשר לחקור את הבעיה לעומק, לענות על שאלות שנותרו פתוחות, או להביא לפריצת דרך יישומית בהמשך.

קישור לקובץ עזר לכתיבת הפרק דיון ומסקנות

7.3.8 רשימת מקורות - ביבליוגרפיה

עריכת כלל מקורות המידע ואזכורם בגוף העבודה יבוצעו על פי כללי הציטוט המקובלים בכתיבה המדעית האקדמית, בהתאם לשפת הפרסום.

בכתיבה מדעית קיימת חלוקה ברורה בין ציון המקורות במהלך הקריאה לבין הרישום המלא שלהם בסוף המסמך:

- **אזכור מקורות בגוף העבודה:** נועד לגבות כל טענה, רעיון או נתון ספציפי המופיע בטקסט. בכל פעם שנעשה שימוש במידע שאינו פרי יצירתם המקורית של התלמידים (לרוב ברמת הפסקה או המשפט הבודד), חובה לציין את המקור בתמציתיות מיד בסמוך אליו. מטרת האזכור היא להראות לקורא בזמן אמת על מה נסמכים הדברים, מבלי לקטוע את רצף הקריאה.
- **הרשימה הביבליוגרפית (רשימת המקורות):** מופיעה בפרק נפרד בסוף העבודה ומרכזת את הפירוט המלא של כל המקורות שאוזכרו לאורך הטקסט (ואותם בלבד). מטרתה לספק לקורא

את כל המידע הדרוש (שמות המחברים, שנת פרסום, כותרת המאמר, שם כתב העת, קישור וכו') כדי שיוכל לאתר את המקור המקורי בעצמו.

המורה המנחה רשאי להגדיר שיטת ציטוט אחידה המחייבת את כלל הכיתה, או לחלופין, לאפשר לכל צוות לבחור בעצמו את השיטה המועדפת עליו, מבין שתי הגישות המרכזיות הבאות:

א. שיטת מחבר-שנה - כדוגמת שיטת APA: שיטה המקובלת במגוון רחב של תחומי מחקר באקדמיה. האזכור בגוף הטקסט כולל את שם המחבר (או המחברים) ושנת הפרסום. רשימת המקורות בסוף העבודה מסודרת על פי סדר אלפביתי של שמות המחברים. שיטה זו מאפשרת לקורא לזהות מיד את החוקר ואת שנת הפרסום כבר במהלך הקריאה השוטפת.

- דוגמה לאזכור בגוף הטקסט:

מחקרים קודמים הראו כי שימוש בחיידקים מהונדסים גנטית מייעל את תהליך פירוק הפולימרים (Levy & Cohen, 2026).

- דוגמה לרישום ברשימה הביבליוגרפית באנגלית (למקור באנגלית):

Levy, A., & Cohen, M. (2026). Engineered bacteria for efficient polymer degradation. *Journal of Applied Biotechnology*, 22(4), 315-322.

- דוגמה לרישום ברשימה הביבליוגרפית בעברית (למקור בעברית):

לוי, א., וכהן, מ. (2026). חיידקים מהונדסים לפירוק יעיל של פולימרים. כתב עת לביוטכנולוגיה יישומית, 22(4), 315-322.

ב. שיטה מספרית - כדוגמת שיטת Vancouver: שיטה הנפוצה מאוד בכתבי עת בולטים במדעי החיים, הביוטכנולוגיה והרפואה. בשיטה זו, האזכור בגוף הטקסט נעשה באמצעות מספר (בסוגריים מרובעים או ככתב עילי) המפנה למקור. רשימת המקורות בסוף העבודה מסודרת מספרית, בדיוק לפי סדר הופעת המקורות בטקסט. שיטה זו שומרת על טקסט נקי ומונעת קטיעה של רצף הקריאה.

- דוגמה לאזכור בגוף הטקסט:

מחקרים קודמים הראו כי שימוש בחיידקים מהונדסים גנטית מייעל את תהליך פירוק הפולימרים [1].

- דוגמה לרישום ברשימה הביבליוגרפית באנגלית (למקור באנגלית):

1. Levy, A., & Cohen, M. Engineered bacteria for efficient polymer degradation. *Journal of Applied Biotechnology*, 2026;22(4):315-322.

- דוגמה לרישום ברשימה הביבליוגרפית בעברית (למקור בעברית):

1. לוי, א. וכהן, מ. חיידקים מהונדסים לפירוק יעיל של פולימרים. כתב עת לביוטכנולוגיה יישומית, 2026;22(4):315-322.

- **כלל ברזל (אחידות):** ללא קשר לשיטה שנבחרה, קיימת חובה להקפיד על אחידות ועקביות מוחלטת לאורך העבודה כולה, הן באופן האזכור בגוף הטקסט והן בעיצוב הרשימה הביבליוגרפית.
- **קישור דיגיטלי למקורות המידע:** כלל מקורות המידע המופיעים ברשימה הביבליוגרפית חייבים לכלול קישור דיגיטלי פעיל (היפר-קישור) בגוף הרשימה, המוביל ישירות למאמר, לאתר או למסמך המקורי ברשת. במידה ולמקור מסוים (כגון ספר פיזי או כתבה מודפסת) אין גרסה דיגיטלית זמינה, אין צורך להוסיף קישור.

7.3.9 צוות המחקר כחלק בקהילה

פרק זה מתעד את החשיפה שקיימו חברי צוות המחקר עם קהילה הרלוונטית לנושא עבודתם. מטרת הפעילות היא להנגיש את הידע המדעי שצברו לציבור, להציג את הרלוונטיות של המחקר ואת השלכותיו היישומיות, ולבחון את תפיסות הקהל לאחר החשיפה למחקר.

מבנה הפעילות:

- א. **בחירת קהילת יעד:** על הצוות לבחור קהילה רלוונטית לנושא המחקר. הפעילות תתקיים מול קהל מתאים לשאלת המחקר, כדי להבטיח קיום של מפגש משמעותי וקבלת מגוון תגובות.
- ב. **הצגת המחקר:** הצוות יציג את מטרות המחקר, ממצאיו והמשמעויות היישומיות שלו בפורמט המתאים לקהל היעד (למשל: הרצאה בכיתה, הצגה בפני קבוצת מיקוד או פורום רלוונטי אחר). הצגה זו נועדה לאפשר יצירת קשר בלתי אמצעי עם קהל היעד.
- ג. **בחינת תגובת הקהל:** לאחר ההצגה הפרונטלית, על הצוות לבחון כי הקהל נתרם בצורה משמעותית כתוצאה מהצגת המחקר. דרך המדידה נתונה לבחירת הצוות ותוכל להתבצע במגוון אופנים, כגון:
 - **סקרים:** הפצת שאלון (דיגיטלי או מודפס) לבחינת עמדות הקהל לאחר ההצגה.
 - **ניתוח תגובות ושיח:** איסוף תובנות שעלו מתוך שאלות הקהל במהלך ההצגה או בשיח שנוצר בעקבותיה.
 - **פרסום ואינטראקציה:** במידה וההצגה לוותה בפרסום דיגיטלי (כגון פוסטים ברשתות החברתיות או סיכום ההרצאה בקהילה מקוונת), ניתן לאסוף ולהציג את תגובות הקהל שעלו בהן.

הדיווח בעבודה הכתובה:

- בפרק זה יסכמו חברי הצוות את הפעילות שביצעו. הדיווח יכלול:
- א. **אפיון הקהילה:** תיאור הקהילה שנבחרה, הנימוק לבחירתה כקהילה רלוונטית למחקר, וציון העובדה כי השתתפו בה לפחות 6 משתתפים.
 - ב. **סיכום ההצגה הפרונטלית:** תיאור קצר של המעמד שבו הוצג המחקר והרציונל שעמד מאחורי בחירת פורמט ההצגה, המצגת שהוצגה ותמונות שצולמו במהלך ההצגה.

ג. **עיבוד תגובות הקהל:** סיכום תובנות העולות מתגובות הקהל שנאספו בדרך שבחרו חברי הצוות (סקר, שיח אינטראקטיבי, הצגת התגובות וכו').

קישור לקובץ הנחיות לביצוע פרק "חשיפה לקהילה"

7.3.10 נספחים לעבודה הכתובה

חומרים משלימים החיוניים לתיעוד המחקר ותהליך העבודה:

- **נספח 1:** עותק מוקטן של הכרזה המדעית (הפוסטר)
- **נספח 2:** אישור הפיקוח הרשמי לביצוע עבודת הגמר – **כתנאי להגשה ובדיקת העבודה.**
- **נספח 3:** טופס הצהרה על שימוש בכלי בינה מלאכותית – (AI) פירוט הכלים שבהם נעשה שימוש, מטרת השימוש (למשל, עזרה בניסוח, יצירת תרשימים, הבנת מאמרים) והאופן שבו הופעלה בקרה אנושית ומדעית על התוצרים.
- **נספחים נוספים:** מאמרים, שאלונים מפעילות הקהילה, תוצאות גולמיות מלאות, פרוטוקולים מקוריים ותוספות אישיות.

8. הבעה ויזואלית: הכרזה המדעית (פוסטר) לעבודה

הכרזה המדעית (הפוסטר) מהווה ייצוג חזותי ותמציתי של עבודת החקר. כל צוות מחקר נדרש להכין קובץ דיגיטלי של הכרזה, אשר תוקרן ביום הבחינה ותשמש כאחד מעזרי ההיבחנות שעליהם נבחנים התלמידים. עותק של קובץ הפוסטר יצורף לעבודה הכתובה.

8.1 מטרת הכרזה ועקרונות עיצוב

- מטרת הכרזה המדעית היא להציג את עיקרי המחקר בצורה תמציתית וממוקדת. בעת תכנון ועיצוב הכרזה, יש להקפיד על העקרונות הבאים:
- **מרחב מאוזן ונקי:** יצירת חלוקה בלתי עמוסה של מרחב הכרזה ושמירה על איזון חזותי בין חלקיה השונים.
- **רצף לוגי:** הבניית זרימה הגיונית ורציפה בין מרכיבי המחקר.
- **תמציתיות וחזותיות:** שימוש בניסוחים מילוליים קצרים ומדויקים, תוך שילוב רכיבים חזותיים ברורים (תוך הקפדה על ייצוג מדעי נכון ומדויק של המודלים והתרשימים).

8.2 מאפייני הכרזה הנדרשים

על הכרזה לעמוד בארבעה קריטריונים מרכזיים:

- **אסתטיקה ועניין:** הכרזה צריכה להיות מאירת עיניים ומסקרנת.
- **בהירות התוכן:** ניתן להכיל ולהבין את תוכן הכרזה בתוך כ-10 דקות קריאה, ללא צורך בהסבר מילולי נוסף.
- **ניווט רציף:** עיצוב המאפשר מעבר טבעי וברור בין מרכיבי הכרזה.
- **קריאות מרחוק:** ניתן לקרוא בבירור את המוצג בכרזה ממרחק של 1 מטר.

8.3 מרכיבי הכרזה

הכרזה תחולק מבחינה מרחבית ותוכנית לשלושה אזורים מרכזיים:

בראש הכרזה:

- **כותרת:** שמו המדויק של המחקר.
- **מחברים:** שמות התלמידים חברי הצוות.
- **מורה מנחה**
- **סמל מגמה וסמל מעבדת מחקר**

במרחב הכרזה (בפריסה גרפית מיטבית):

- **תקציר:** סיכום קצר הכולל את מטרות המחקר ואת שאלת המחקר.
- **רקע:** סיום תמציתי של הבסיס המדעי והתיאורטי למחקר.
- **מערך המחקר:** תיאור תמציתי וויזואלי של שיטות העבודה.
- **תוצאות:** הממצאים המרכזיים של הניסוי מוצגים בטבלאות, גרפים, תמונות ותיאור מילולי קצר.
- **מסקנות:** השלכות המחקר ומשמעויותיו.

בתחתית הכרזה (בכתב קטן):

- ביבליוגרפיה:

מקורות מידע עיקריים ששימשו לכתיבת הכרזה, לפי כללי הכתיבה הביבליוגרפית.

9. האולימפיאדה הארצית לביוטכנולוגיה בחסות הטכניון: האולימפיאדה לביוטכנולוגיה מהווה את

אחת מנקודות השיא של התהליך המחקרי ומעודדת מצוינות מדעית בקרב תלמידי המגמה. תלמידים אשר יפגינו רמה אקדמית גבוהה, יצירתיות, והבנה מעמיקה של עבודת החקר שביצעו, יוכלו להגיש את עבודתם לתחרות הארצית היוקרתית המתקיימת בחסות הטכניון. ההשתתפות באולימפיאדה מעניקה לתלמידים הזדמנות ייחודית להציג את פרי עמלם בפני קהילה מדעית, להיחשף לחוקרים מובילים, ולהשתלב בחזית העשייה המדעית-טכנולוגית כבר בשלב התיכון.

האולימפיאדה הארצית לביוטכנולוגיה בחסות הטכניון מיועדת לתלמידי כיתה י"ב במגמה, אשר מתמחים בעבודת גמר בנושא "יישומים בביוטכנולוגיה" בהיקף של 5 יחידות לימוד. התחרות היוקרתית מורכבת משלושה שלבים מרכזיים. בשלב הראשון, נבחר נציג מכל כיתה אשר נדרש להכין ולשלוח כרזה מדעית, ולאחר מכן להציג את עבודת הגמר שלו במפגש מקוון שאורכו כ-20 דקות. בשלב השני, מתקיים אירוע קדם-גמר אשר בסופו נבחרים חמשת התלמידים המצטיינים ביותר שמעפילים לשלב הסופי. השלב השלישי והאחרון הוא אירוע הגמר החגיגי הנערך בקמפוס הטכניון בחיפה. במעמד זה, כל אחד מחמשת העולים לגמר מציג את עבודתו למשך כ-10 דקות. בסיום האירוע מוכרזים הזוכים בתחרות, אשר זוכים בפרסים ובמלגות לימודים מטעם הטכניון. בנוסף להישג האקדמי, התלמידים הזוכים מתוגמלים בציון 100 הן על הכרזה המדעית כציון הגשה והן בבחינת ההגנה עצמה.

10. חומרי עזר: באתר קמפוס קיימים שני קורסים דיגיטליים המלווים את המקצוע "יישומים בביוטכנולוגיה", והכניסה אליהם היא באמצעות יצירת חשבון או בהזדהות משרד החינוך. הקורסים מיועדים ללימוד ותרגול במתכונת של לימוד עצמי.

לקורס מקריאה מדעית לכתיבה מדעית - [חלק א'](#).

לקורס מכתביה מדעית לכתיבת עבודת החקר - [חלק ב'](#).

עמדת הפיקוח בביוטכנולוגיה בנוגע לשימוש בכלי בינה מלאכותית בכתיבת עבודות הגמר הטכנולוגית במקצוע "יישומי ביוטכנולוגיה"

מורים ומורות יקרים,

התפתחות הבינה המלאכותית והנגשת כלים מחוללי תוכן מציבות את מערכת החינוך ואת מגמת הביוטכנולוגיה בנקודת שינוי משמעותית. כמו בתחומים אחרים במדע ובתעשייה, גם בעבודת הגמר הטכנולוגית אנו רואים ב-AI הזדמנות פדגוגית להעמקת הלמידה, לחיזוק חשיבה מחקרית ולהתנסות בכלי עבודה רלוונטיים למאה ה-21. עם זאת, שימוש ראוי בבינה מלאכותית מחייב הבנה וביקורתיות.

בהתאם לדרישות עבודת הגמר הטכנולוגית כפי שהוגדרו בתוכנית הלימודים, מוצגת להלן עמדת הפיקוח כאשר העקרון המנחה כי בינה מלאכותית היא כלי תומך, ולא תחליף למחקר מדעי אנושי. עבודת הגמר בביוטכנולוגיה הוא תהליך חקר מדעי מלא הכולל: לימוד תיאורטי, עבודה ניסויית, עיבוד תוצאות, כתיבה מדעית, הצגה בעל פה והבנת תרומת המחקר. בינה מלאכותית יכולה לסייע בתהליך, אך אינה יכולה להחליף את ההבנה המדעית, את הביצוע הניסוי, ואת החשיבה המחקרית של התלמידים.

בעת שימוש בבינה מלאכותית בכתיבת עבודת הגמר הטכנולוגית, יש להוסיף טופס גילוי נאות ולהצהיר על אופן השימוש (ככל שנעשה) בכלי בינה מלאכותית לסיוע בהכנת העבודה - [קישור](#)

[להצהרה בנפסח א'](#)

באחריות התלמיד ובסיוע המורה המנחה את עבודת הגמר הטכנולוגית להפעיל חשיבה ביקורתית ולוודא את נכונות המידע טרם השימוש בו בעבודה. בדיקה זו תעשה על ידי הצלבת ואימות מקורות מידע מהימנים נוספים. השימוש ביישומי בינה מלאכותית כמקור מידע צריך להיות מידתי ומאוזן ביחס לשימוש במקורות מידע נוספים ובהתאם להנחיות המוצגות בקובץ זה. מסמך העמדה של הפיקוח על הוראת הביוטכנולוגיה המוצג להלן הינו בהלימה למסמך הנחיות שימוש בכלי בינה מלאכותית במערכת החינוך.

[מסמך ההנחיות המלא לשימוש בכלי בינה מלאכותית במערכת החינוך](#)

הנחיות למורים ותלמידים לגבי שימוש ב-AI בכתיבת עבודת הגמר הטכנולוגית

תפקיד המורה בהנחיית עבודת הגמר הטכנולוגית

המורה המנחה ישמש כגורם מווסת ומכוון: ידגיש שימוש אתי, בטוח ואחראי, ינחה את התלמידים בבדיקת אמינות המידע ובהצלבת מקורות ויודא הבנה מלאה של התלמידים בתהליכים, שיטות העבודה, התוצאות והמסקנות.

אור ירוק - מותר ומומלץ

- ✓ לחפש מידע ראשוני או מקורות (לבדוק את המידע!).
- ✓ לסכם טקסטים כדי להבין טוב יותר.
- ✓ לשפר בהירות, לארגן מידע, לתרגם.
- ✓ להשתמש לצורכי נגישות (כמו תמלול או קריינות).

אור צהוב - מותר בזהירות, בשיקול דעת

- ⚠ לשפר ניסוח של פסקה שכבר נכתבה - ולא לבקש כתיבה מלאה.
- ⚠ להשתמש ב-AI כדי להבין רעיונות מורכבים - לא כדי לדלג על הלמידה.

אור אדום - אסור בהחלט

- ✗ להגיש עבודה שנכתבה כולה על ידי AI במקום התלמיד.
- ✗ להסתיר שימוש ב-AI - חובה לאזכר את כלי הבינה המלאכותית שהשתמשתם.

זכרו תמיד:

- את הלמידה התלמידים עושים - לא ה-AI.
- יש להשתמש בשיקול דעת - התלמידים והמורים הם אלו שמובילים את הכלי, לא להפך.
- הגינות ואחריות - שימוש מושכל הוא חלק מהיושרה של המורים והתלמידים

הבהרת השימוש בבינה המלאכותית בכל שלב ובכל פרק בעבודה.

פרק הסקירה התאורטית

פרק הסקירה התאורטית בעבודה מאורגן במבנה של משפך או עדשה מתמקדת, המתחיל ברקע מדעי רחב, מתכנס לממוקד ומוביל לשאלת המחקר. ככל שהסקירה רחבה וכללית יותר, ניתן להיעזר בבינה מלאכותית, אך עם המעבר להצגת מידע מדעי ממוקד נדרש לצמצם את השימוש בבינה מלאכותית רק לאיתור מקורות מידע אמינים, ולשיפור ניסוח.

סקירת הספרות - רקע מדעי רחב הפותח את הסקירה

- ✓ מותר להשתמש בבינה מלאכותית לאיתור מידע כללי ולניסוח ראשוני של הרקע המדעי

הרחב.

חשוב לציין באופן גלוי את השימוש בכלי בינה מלאכותי ולאזכר אותו כמקור. אזכור המקור יעשה על ידי שם הארגון שפיתח הכלי שבו נעשה שימוש, ושנת השימוש- כדוגמה (OpenAI, 2025) לאזכור שימוש בכלי chatGPT. השימוש בכלי AI כמקור יוגבל לרקע רחב שאורכו עד עמוד אחד בלבד. כל החלקים האחרים בפרק חייבים להסתמך על מקורות מדעיים אמיתיים בלבד.

סקירת הספרות - רקע מדעי ממוקד

⚠ מותר בזהירות להיעזר בבינה מלאכותית כדי למצוא מקורות מידע רלוונטיים ולעשות שימוש מושכל במקורות אלו תוך אזכור המקור שנמצא.

⚠ מותר בזהירות לשפר ניסוח של פסקאות שנכתבו על ידי התלמידים אך לא להשתמש בבינה מלאכותית כיוצרת תוכן בלעדית.

✗ אסור לאזכר בינה מלאכותית כמקור לתוכן מדעי ממוקד המוביל לשאלת המחקר. הערה: כל המידע המופיע בחלק הממוקד חייב להישען על המקורות המדעיים עצמם ולכלול אזכורים בהתאם לכללי האזכור המדעיים (APA או Vancouver).

פרקי מערך המחקר

✔ מותר איתור מידע וכתיבה של רקע מדעי כללי לשיטות העבודה

✔ מותר לשפר סגנון, בהירות ודיוק לשוני

⚠ מותר בזהירות שימוש בתמונות AI רק לצרכי המחשה רעיונית, שלא קשורה לנתונים אמיתיים, חובה לציין שהאיור נוצר בכלי AI.

✗ אסור להגדיר את משתני הניסויים בעזרת בינה מלאכותית

✗ אסור להגדיר את מטרות הניסוי וחשיבותו למחקר כולו

פרק התוצאות

✗ אסור שימוש בבינה מלאכותית ליצירת נתונים, עיבודי נתונים, גרפים, טבלאות, ניתוח תוצאות או ניסוחים הקשורים לנתונים.

פרק הדיון

✔ מותר שימוש בבינה מלאכותית לשיפור ניסוח ושפה.

⚠ מותר בזהירות להשתמש בכלי בינה מלאכותית למציאת הצעות לכיווני מחקר חדשים ויישומים של המחקר, אך ההצעות חייבות להבחן בביקורתיות תוך בדיקת היתכנות, על בסיס

ספרות מדעית ושיקול דעת.

✗ אסור להפיק באמצעותה מסקנות או להציע הסברים לתוצאות

✗ אסור להצביע על מגבלות המחקר בשימוש כלי בינה מלאכותית, מגבלות המחקר נובעות מהמחקר עצמו- מיומנויות התלמידים בעבודה עם מכשור מתקדם וביצוע הניסוי רק פעם אחת ועל כן חשוב שהתלמידים יפתחו חשיבה ביקורתית על המחקר שבוצע.

רשימת מקורות

מעבר לאזכור כלי הבינה במהלך הטקסט, יש להוסיפה גם כמקור ברשימת המקורות- המקור כולל את שם הארגון שפיתח את הכלי שבו נעשה שימוש שנת שימוש, גרסה, וקישור.

לסיכום, עבודת הגמר נועדה לשקף תהליך חקר עצמאי, חשיבה מדעית, ביצוע ניסוי וניתוח מקורות אמינים. הקפדה על ההנחיות מבטיחה עבודה אותנטית ומקצועית.

הצהרה על שימוש בכלי בינה מלאכותית יוצרת (Generative Artificial Intelligence)
להלן הצהרה על שימוש בכלי בינה מלאכותית יוצרת שימולא על ידי התלמידים ויצורף לעבודת הגמר הטכנולוגית בפרק הנספחים

הצהרה וגילוי נאות על שימוש בכלי בינה מלאכותית יוצרת

אנו, _____, מצהירים כי בעבודה זו נעשה שימוש בכלי בינה מלאכותית יוצרת למטרות הבאות:

1. סיוע במחקר

☐ עזרה באיסוף מידע וחומרי מחקר רלוונטיים בנוסף למאמרי המורה

☐ סיכום טקסטים לצורך הבנתם, ארגון מידע ותרגום מאמרים

☐ סיכום רקע מדעי כללי בחלקים בעבודה בהם זה מותר

2. שיפור שפה וסגנון

☐ שיפור בהירות וסגנון הכתיבה

3. אי-שימוש

☐ לא נעשה כל שימוש בכלי בינה מלאכותית יוצרת בהכנת עבודה זו.

אנו מצהירים שכל שימוש בכלי בינה מלאכותית נעשה בתמיכת המורה המנחה, תוך בקרה ואימות מידע, וכי עיקר הכתיבה, ההבנה המדעית, עיבוד התוצאות והמסקנות הם תוצר עבודתנו המקורית.

קובץ עזר לכתיבת הסקירה התאורטית

פרק הסקירה התאורטית (או המבוא) הוא ה"כרטיס ביקור" של עבודתכם. עליו לספק לקורא תמונה ברורה של המחקר, תוך הצגת הרקע התיאורטי והמחקרי הנחוץ. המבנה צריך לזרום באופן טבעי, כאשר כל חלק מסתמך על הקודם לו ומוביל באופן לוגי לשאלת המחקר.

1. מבנה הפרק: "מודל המשפך" סקירה התאורטית צריכה להיות מאורגנת במבנה של משפך או עדשה מתמקדת, המתחיל מן ההקשר הרחב ומתכנס בהדרגה אל שאלת המחקר הספציפית שלכם:

- א. פתיחה:** הצגת התחום הרחב של נושא המחקר
- ב. רקע כללי:** מידע מדעי בסיסי על נושא המחקר והקשרו
- ג. צמצום הדרגתי:** התמקדות בנושאים ספציפיים יותר הקשורים למחקר בעבודה הנוכחית.
- ד. התמקדות בבעיה או בפער הידע:** הצגת הבעיה או השאלה הקיימת בידע ובפתרונות המדעיים שהוצגו בסקירת הספרות. זהו "הפער" שעליו המחקר שלכם מבקש לענות.
- ה. הצגת המחקר הנוכחי:** כיצד המחקר שלכם מתמודד עם הבעיה שהוצגה, בהתבסס על הידע והפתרונות המדעיים הקיימים בביוטכנולוגיה.
- ו. שאלת המחקר וההשערות:** ניסוח ברור ומדויק של שאלת המחקר ושל השערת/השערות המחקר, הנובעות ישירות מהמידע שהוצג בסקירה התאורטית. ציון קצר של מערך המחקר שנבחר.

2. שילוב סקירת הספרות בפרק, תוך התאמה לשלבי המשפך:

- בחלק הרחב:** סקירת תיאוריות, תהליכים ביולוגיים ומחקרים כלליים בתחום. בחלק זה יעשה שימוש בשני מאמרים מרכזיים שניתנו על ידי המורה, בנוסף למידע מדעי שאתם מצאתם.
- בחלק האמצעי:** התמקדות במידע מדעי מתוך שלושת מאמרי הבחירה שלכם, המצמצמים ומתכנסים אל הנושא שלכם ואל המערכות הביולוגיות או השיטות שבהן תעסקו.
- בחלק הצר:** הצגת מידע מדעי ומחקרים הקרובים ביותר לשאלת המחקר שלכם.

3. כתיבה ממצגת: כתיבה המשלבת, משווה וממזגת בין המקורות שעליהם מסתמך המחקר. אין לכתוב סיכום נפרד לכל מאמר או עמודים שלמים המבוססים על מקור בודד, אלא ליצור דיון בידע העולה מתוך המקורות עליהם אתם מסתמכים.

4. ביקורתיות: הצגת ניתוח של הידע המדעי (למשל, יתרונות מול חסרונות של שיטות קיימות), המוביל להבנת חשיבותו של המחקר שלכם.

5. שימוש מושכל בבינה מלאכותית (AI):

- **רקע מדעי רחב (פתיחת הסקירה):** מותר להיעזר בכלי AI לאיתור מידע כללי, לתרגום ולניסוח ראשוני של הרקע הרחב. עם זאת, שימוש זה מוגבל לטקסט שאורכו עד עמוד אחד בלבד

חובה לציין באופן גלוי את השימוש בכלי ולאזכר אותו כמקור אקדמי (לדוגמה: OpenAI, 2025), וכן להוסיפו לרשימת המקורות בסוף העבודה.

- **רקע מדעי ממוקד:** בשלב זה חל איסור מוחלט על שימוש בבינה מלאכותית להפקת התוכן המדעי המוביל לשאלת המחקר, וכן חל איסור לאזכר אותה כמקור בחלק זה. כל המידע המופיע בחלק הממוקד חייב להישען אך ורק על המקורות המדעיים עצמם ולכלול אזכורים בהתאם לכללי הציטוט. עם זאת, מותר להיעזר בזיהור בכלי בינה מלאכותית לשתי מטרות בלבד: איתור מקורות מידע רלוונטיים (תוך שימוש מושכל ואזכור המקורות המדעיים עצמם שנמצאו), וכן לשיפור הניסוח והבהירות של פסקאות שהתלמידים כתבו בעצמם, מבלי שהבינה המלאכותית תשמש כיוצרת תוכן בלעדית.
- **אחריות מדעית וגבולות השימוש:** הבינה המלאכותית היא כלי עזר ולא תחליף ללמידה. אסור לתת לכלים אלו לכתוב עבורכם את פרק הסקירה התאורטית במלואו. עליכם להבין לעומק כל מושג ותהליך, לבדוק את אמיתות המידע המופק אל מול מקורות מהימנים, ולוודא שהטקסט הסופי הוא פרי עטכם ומובן לכם לחלוטין.
- **שימוש בתמונות ואיורים:** ניתן לשלב בסקירה התאורטית איורים ותמונות המסייעים להמחשת המידע, כולל כאלו שנוצרו באמצעות כלי AI. יש לעשות זאת רק לצורכי המחשה רעיונית, ולוודא שהם שומרים על נכונות מדעית ואינם יוצרים עומס ויזואלי. חובה לציין במפורש לצד התמונה כי האיור נוצר בכלי AI.

6. כללי אזכור מקורות וסגנון כתיבה

- **לשון כתיבה:** משפטים ברורים ומדויקים, ארגון הרעיונות באופן לוגי, תוך שימוש בשפה אקדמית, פסקאות וכותרות משנה.
- **ציון ועריכת מקורות:** יש לאזכר את המקורות בגוף הטקסט (לפי כללי APA או על פי סדר ההופעה – מספור) ולערוך את רשימת המקורות המלאה בסוף העבודה, הכל בהתאם להנחיות המפורטות בתוכנית הלימודים ביישומי ביוטכנולוגיה.

7. טיפים נוספים לכתיבה אפקטיבית:

- שמירה על רצף לוגי ומעברים חלקים בין נושאים.
- הצגת מידע רלוונטי המקדם את חשיבות המחקר בעבודה.
- כתיבת משפטים מקשרים המביעים את קולכם, למען יצירת כתיבה רציפה, זורמת ולא מקוטעת.

קובץ עזר לכתיבת הפרק דיון ומסקנות

פרק הדיון הוא המקום שבו נערך פירוש של התוצאות, קשר ביניהן ובין ידע קיים, והצעת תובנות חדשות. זהו החלק שבו כותבי העבודה מוציאים אל הפועל את יכולות ההעמקה שלהם ומאחדים את הסקירה התאורטית, מערך המחקר, התוצאות והמסקנות, "לתמונה אחת" כוללת ומשמעותית.

1. פתיחה והכנת הקורא לפרק הדיון

- **תזכורת קצרה:** הצגת מטרת הפרויקט, תיאור תמציתי של מבנה הפרויקט – הניסויים המקדימים והקשר שלהם לחלק המחקרי, שאלות החקר והדרך הניסויית שננקטה (עיקרי מערך המחקר).
- **משפט מקשר:** הוספת משפט מעבר המוביל לחלק המרכזי של הדיון. למשל: "בפרק זה אנו מתעמקים בפרשנות ובהשלכות של ממצאי המחקר שלנו" או "לאור תוצאות המחקר נעסוק בפרק זה בניתוח מעמיק שלהן ובהשלכותיהן".

2. סיכום ממצאי המחקר ומסקנות ישירות

- **הצגה תמציתית:** הצגת התוצאות תוך התמקדות במגמות העיקריות ובנקודות החשובות ביותר (אין צורך לחזור על כל הנתונים בפירוט).
- **הפניה מדויקת:** חובה להפנות באופן ספציפי לגרפים או לטבלאות רלוונטיים (למשל: "כפי שניתן לראות בגרף 3..." או "כמוצג בטבלה 2..."). הפניה זו מחזקת את הקשר הלוגי ומסייעת לקורא לעקוב אחר הדיון.
- **מסקנות מהנתונים:** הסבר המשמעות של התוצאות תוך מענה על השאלה "מה זה אומר?" המסקנות חייבות להיות מבוססות ישירות על הניסויים ללא הכללות יתר. דוגמה: "בהתבסס על התוצאות בגרף 1 ניתן להסיק כי...".
- **מענה לשאלות המחקר:** תיאור כיצד התוצאות עונות על שאלות החקר המקוריות. דוגמה: "ביחס לשאלת החקר הראשונה, התוצאות מצביעות על כך ש...".

3. התייחסות להשערות ולקשרים בין מסקנות

- **בחינת השערות החקר:** האם התוצאות תומכות או סותרות את ההשערות? במידה והן סותרות, יש להסביר מדוע זה עשוי להיות כך.
- **דפוסים וקשרים:** זיהוי קשרים בין התוצאות והסברם. הסבירו כיצד מסקנה אחת משפיעה על אחרת, ושקלו את ההשפעה המשולבת של מספר מסקנות על התמונה הכוללת. במידה ויש מסקנות סותרות, נסו ליישב ולהסביר את הסתירה.

4. השוואה לספרות מקצועית ולצוותים חוקרים אחרים

- **השוואת עמיתים:** התייחסו לממצאים ומסקנות של צוות תלמידים חוקר אחד לפחות מהכיתה שלכם או משנים קודמות. זהו מגמות או דפוסים דומים, או הבדלים בין הממצאים שלכם לשלהם, ודונו כיצד ההשוואה תורמת להבנת התמונה הכוללת של המחקר.
- **קשר לספרות:** יצירת קשר ברור בין המסקנות העיקריות העולות מן התוצאות לבין המידע הקיים בספרות המדעית תוך אזכור מקורות המידע המתאימים, בהתאם לכללי אזכור מקורות מדעיים.

5. מהימנות ומגבלות המחקר

- במחקר מדעי קיימים מרכיבים התורמים למהימנותו. על הדיון לשקף הבנה של מרכיבים אלו במסגרת הפרויקט שבוצע:
- **גורמים קבועים:** ציון מספר גורמים קבועים שנשמרו במהלך הניסויים והסבר חשיבותם למהימנות הניסויים.
 - **חזרות:** פירוט סוגי החזרות שבוצעו בפרויקט (טכניות, ביולוגיות, חזרות על הניסוי כולו), ההבדלים ביניהן, ותרומתן להבטחת מהימנות הניסויים.
 - **בקורות:** פירוט הבקורות שהופעלו בכל אחד מהניסויים והסבר כיצד הן תרמו למהימנות הבדיקות ולאימות התוצאות.
 - **ניסויים מקדימים:** הסבר כיצד הניסויים המקדימים שבוצעו תרמו לעיצוב וקידום ניסויי החקר המרכזיים בפרויקט.
 - **מגבלות המחקר:** התייחסות ביקורתית למערך המחקר. אם היו חסרים מרכיבים בניסוי, הסבירו מדוע, מה רצוי היה להוסיף, וכיצד מגבלות אלו משפיעות על פירוש התוצאות. בהמשך לכך, יש להציע דרכים לשיפור ולתיקון המערך הקיים על מנת להעלות את רמת הדיוק ומהימנות התוצאות.

6. השלכות המחקר וניסויי המשך

- חלק זה דורש מכם להפגין חשיבה מעמיקה ויצירתית, וליישם בפועל את הידע המדעי שרכשתם בניסויי שביצעתם ובשנות הלימוד במגמת ביוטכנולוגיה. עליכם להציע שני ניסויי המשך המיישמים חשיבה זו:
- ניסוי אחד** המהווה המשך והרחבה למערכת החקר שלכם והמתבסס על התוצאות שקיבלתם תוך שימוש באותה מערכת ביולוגית ושיטות העבודה שלכם, אך ידרוש שינוי ממוקד במערך הניסוי. למשל: הפיכת אחד מהגורמים הקבועים למשתנה הבלתי תלוי החדש, הרחבת הטווח של

המשתנה הבלתי תלוי או שינוי המרווחים (רזולוציה) כדי לדייק את התוצאות, שינוי שיטת המדידה למשתנה התלוי, או החלפת האורגניזם הנבדק (למשל, זן חיידקים אחר).

ניסוי שני הכולל יישומים אפשריים וכיווני מחקר עתידיים: ניסוי המבוסס ישירות על תוצאות העבודה שלכם ומשלב את תחומי הדעת הנוספים שלמדתם במגמת ביטכנולוגיה. בחלק זה עליכם להציע כיוון חדש ויישומי, כגון: שימוש בכלים של הנדסה גנטית וביואינפורמטיקה, תכנון מעבר מניסוי בקנה מידה מעבדתי לתהליך תעשייתי (Scale-up), או פיתוח מודל רפואי, חקלאי או סביבתי המתבסס על הממצאים שלכם. דוגמאות לתחומי דעת רלוונטיים:

- **מערכות מודל מתקדמות:** הצעת ניסויי המשך שיבחנו את הממצאים שלכם במערכות ביולוגיות מורכבות יותר. למשל, כיצד ניתן להרחיב את המחקר באמצעות שימוש בתרבויות תאי אדם, או תכנון ניסויים בבעלי חיים (in vivo) לבחינת השערותיכם בסביבה ביולוגית שלמה.

- **הנדסה גנטית וביואינפורמטיקה:** כיצד ניתן לשלב כלי מחקר חישוביים (כגון מאגרי מידע ממוחשבים) ושיטות מולקולריות (כמו עריכה גנטית או יצירת חלבונים רקומביננטיים) כדי להרחיב את המחקר, לאתר רצפים רלוונטיים, או לפתח תוצר חדש.

- **אימונולוגיה:** יישום ממצאי הפרויקט לפיתוח שיטות אבחון מבוססות נוגדנים (כגון ELISA), פיתוח חיסונים, או להבנה עמוקה יותר של מנגנוני תגובה חיסונית.

- **יישומים בעולם האמיתי:** קישור התוצאות והרעיונות המדעיים שהצעתם לפתרון בעיות ממשיות ברפואה, בחקלאות, בתעשייה או באיכות הסביבה. הקפידו שההצעות יהיו נכונות מבחינה מדעית, נגזרות ישירות מהנתונים שלכם, ומשקפות הבנה מעמיקה של התהליכים הביטכנולוגיים שלמדתם.

7. טיפים לניסוח וסגנון

- יש לשמור על טון אובייקטיבי ומדעי לאורך כל הדיון.
- הקפידו על שימוש בשפה ברורה, מדויקת וממוקדת.
- בססו את כל הטענות שלכם אך ורק על תוצאות הניסויים הממשיים ועל הספרות המדעית.
- אל תיצמדו בהכרח להשערת המחקר שלכם ואל תנסו להצדיק אותה אם התוצאות אינן תואמות לה.
- הימנעו מהכללות גורפות או מטענות שאינן נתמכות ישירות על ידי הממצאים בעבודה.
- ארגנו את פרק הדיון באופן לוגי ועקבי, עם מעברים חלקים וטבעיים בין הנושאים השונים.

קובץ הנחיות לביצוע פרק "חשיפה לקהילה"

1. רציונל: למה אנחנו עושים את זה?

כחוקרים בביוטכנולוגיה, המחקר שלכם לא מסתיים במעבדה. למדע יש תפקיד חברתי: להשפיע, לחנך ולשנות מציאות. בפרק זה עליכם להוציא את הידע שצברתם אל "העולם האמיתי". המטרות שלכם:

- הגברת נראות: לחשוף קהלים רחבים למגמה שלנו ולעשייה המדעית המרשימה שלכם.
- יצירת אימפקט (השפעה): לשנות תפיסות עולם, להגביר ידע או לשנות הרגלים אצל קהל היעד שבחרתם.

2. שלבי הביצוע

שלב א': תכנון ואסטרטגיה

לפני שיוצאים לדרך, עליכם להגדיר:

1. קהל היעד: בחרו קבוצה מוגדרת (למשל: תלמידי חטיבת ביניים, צוות המורים, חברי תנועת נוער, הורים, חקלאים).
2. מסר העל: מהו הדבר האחד שהקהל חייב להבין מהמחקר שלכם? למשל: "למדע יש פתרונות חדשניים למחלת הסרטן" או "צמחים מהונדסים הם לא דבר מפחיד - הם עתיד החקלאות".
3. מטרה מדידה: מה תחשבו להצלחה? (למשל: "מספר התלמידים שיבחרו ביוטכנולוגיה בשאלון בחירת מגמות בכיתה ט' לקראת המעבר לכיתה י', יעלה ב-20% מהשנה הנוכחית", או הסרטון שהעלינו יגיע ל-500 צפיות, ולפחות ל-20 שיתופים מחוץ למעגל הקרוב של תלמידי ביוטכנולוגיה ובני משפחתם").

שלב ב': בחירת ערוץ החשיפה (ה"איך")

עליכם לבחור בדרך אחת (או יותר) להעברת המסר בהתאם לקהילה שנבחרה. היו יצירתיים!

- ערוץ דיגיטלי: סדרת סרטוני TikTok/Reels, פודקאסט קצר, קמפיין אינסטגרם.
- ערוץ חווייתי: הפסקה פעילה עם "תחנות מחקר", העברת שיעור אינטראקטיבי, הרצאה בסגנון TED, הקמת מיצג (Pop-up Science) בלובי ביה"ס.
- ערוץ שטח: עיצוב מוצרי הסברה ברחבי הקהילה (סטיקרים, פלייסמטים, קודי QR).

שלב ג': מדידת השפעה (איסוף נתונים)

עליכם להוכיח שהפעילות שלכם אכן השפיעה. השתמשו בכלי מדידה אחד מבין הבאים:

- לפני ואחרי: סקר קצר (שאלה אחת או שתיים) לבדיקת שינוי בעמדות או בידע.
- נתוני חשיפה: צילומי מסך של כמות צפיות, שיתופים, תגובות או מספר משתתפים פיזיים.
- משוב איכותני: ציטוטים של משתתפים על מה שהם למדו או מה שהפתיע אותם, מה השתנה אצלם.

3. מבנה הפרק הכתוב (מה מגישים?)

הפרק יופיע בעבודת הגמר לאחר פרקי הדיון והביבליוגרפיה, ויכלול את הסעיפים הבאים:

1. תיאור המיזם: מיהו קהל היעד? מה היה הרציונל בבחירת ערוץ החשיפה? ומה היה "מסר העל" שניסיתם להעביר?
2. תיאור הביצוע: מה עשיתם בפועל? (יש לצרף קישורים לסרטונים, צילומי מסך, מצגות או תמונות מהשטח).
3. תוצאות ומסקנות החשיפה:
 - הצגת נתוני המדידה (גרפים של סקרים, נתוני צפיות, נתונים אחרים או תגובות וכו').
 - ניתוח: עד כמה השגתם את המטרה? מהו השינוי שחל בתפיסת הקהל?
4. רפלקציה צוותית: מה למדתם על היכולת שלכם להנגיש מדע מורכב לקהל רחב? כיצד ניתן בעתיד להגביר את ההשפעה?

4. טיפים להצלחה

- דברו "בגובה העיניים": זכרו שהקהל שלכם לא בהכרח שולט במושגים המקצועיים כמוכם. תרגמו את המדע לשפה ברורה וחזונית המותאמת לקהל היעד.
- נראות המגמה: בכל פעילות, ודאו שמופיע הלוגו של המגמה או ציון העובדה שהמחקר בוצע במסגרת מגמת ביוטכנולוגיה. אתם השגרירים שלנו!
- תיעוד בזמן אמת: אל תשכחו לצלם תוך כדי תנועה - קשה לשחזר תמונות מחשיפה שהסתיימה.

מחווין להערכת עבודת הגמר הכתובה - 5 יח"ל

ניקוד	פירוט	קריטריון
4	לשון (2 נק'): תקינות לשונית ודקדוקית, בהירות ודיוק בניסוח, שימוש בטרמינולוגיה מדעית וביוטכנולוגית נכונה ומתאימה, כתיבה בזמן עבר בגוף סביל, היעדר שגיאות כתיב, עבודה ערוכה ומוגהת היטב. עיצוב (2 נק'): עבודה נקייה, אסתטית ומאורגנת, עיצוב אחיד: גופן קריא בגודל 12 (למשל Arial) כותרות פרקים בגודל 14 מודגשות, רווח שורה וחצי בין השורות, שוליים תקינים ועימוד נכון.	איכות הגשה
4	היקף העבודה והחלוקה לפרקים (2 נק'): העבודה הכתובה (ללא נספחים) כ-30 עמודים. פרקי העבודה: תקציר, סקירה תיאורטית, מערך (תיאור) המחקר, תוצאות, דיון ומסקנות, ביבליוגרפיה (רשימת מקורות), חשיפה לקהילה ונספחים. שער ותוכן עניינים (1 נק'): עמוד שער מלא ותקין והמכיל את הפרטים הבאים: שם/ לוגו ביה"ס, שם המוסד/מעבדת ההשמה, עבודת/פרויקט גמר ביישומי ביוטכנולוגיה בהיקף 5 יח"ל, נושא המחקר, שמות התלמידים, מנחים, תאריך. תוכן עניינים מפורט, מדויק הכולל מספרי עמודים נכונים. מבנה לוגי, קוהרנטיות ורצף כתיבה (1 נק'): כל פרק נפתח בפסקת פתיחה המציגה את מטרתו ואת עיקרי תוכנו, הכתיבה בכל פרק היא לוגית, קוהרנטית ורציפה, עם משפטי קישור ברורים וחלקים בין פסקאות ובין רעיונות. קיימת זרימה הגיונית והדרגתית בין הפרקים, כך שכל פרק מוביל באופן טבעי ומנומק לפרק הבא, ונוצר מארג שלם וברור.	היקף העבודה והחלוקה הפנימית
10	תוכן מקיף (8 נק'): רקע קצר ומטרת המחקר, שאלת המחקר המרכזית, תיאור תמציתי של השיטות העיקריות ששימשו, סיכום הממצאים המרכזיים, המסקנות העיקריות, השלכות אפשריות של המחקר. בהירות ותמציתיות (2 נק'): ניסוח ברור, מדויק, קוהרנטי-רציף, מאפשר הבנה מלאה של המחקר כולו, גם ללא קריאת העבודה כולה. היקף: כעמוד אחד	תקציר
21	מבנה וארגון רעיוני (2 נק'): מבנה משפך (העדשה המתמקדת) - התחלה רחבה, מעבר הדרגתי למוקד, סיום בהצגת בעיה עליה מנסה לענות המחקר הנוכחי, שאלת המחקר והשערת המחקר. סקירה תיאורטית בכתיבה מדעית (10 נק'): שילוב הדרגתי של המידע העולה ממקורות רלוונטיים - תחילה כללים ובהמשך ממוקדים לנושא ולשאלה. סינתזה - כתיבה ממוזגת (קוהרנטית), אובייקטיבית, עקבית	סקירה תיאורטית

	באופן המתאים לנושא המחקר. כתיבה זורמת ומשפטים מקשרים, (לא סקירה טכנית של המקורות, לא העתקה). התייחסות לחשיבות המחקר הנוכחי, כתיבה ביקורתית המציגה פערים בידע או/ו בפתרונות והצדקת המחקר הנוכחי. שאלת המחקר והשערת המחקר (3 נק'): מנוסחת היטב - מכילה את משתני המחקר ודרך הבדיקה, נובעת מהסקירה ומובילה להשערה ברורה. הצגת השערה/ות מחקר הניתנת לבדיקה, מנומקת ומבוססת על הסקירה. אזכור מקורות (2 נק'): אזכור עקבי לפי כללי הכתיבה המדעיים (APA, או Vancouver) בגוף הטקסט ורשימה מלאה ומדויקת בסוף העבודה. שילוב וגיוון מקורות (2 נק'): כתיבה ממקורות שונים - 2 מאמרי מורה ו- 3 מאמרי/כתבות תלמיד לכל הפחות, רצוי מספר גדול יותר של מקורות רלוונטיים מעבר למינימום הנדרש. אמצעים חזותיים - איורים, צילומים, תמונות (2 נק'): שילוב איורים/תמונות/ צילומים התורמים להבנת פרק הסקירה התיאורטית, ומוסיפים גיוון והמחשה. האיורים/תמונות/צילומים ממוספרים ומלווים בהסבר תמציתי. היקף: 4-7 עמודים	
18	רציונל מערך המחקר (1 נק'): פתיח המציג הסבר / רציונל לבחירת מערך המחקר והשיטות הספציפיות. משתנים, בקורות וחזרות (5 נק'): הגדרה ברורה ומדידה של המשתנה הבלתי תלוי ואופן השינוי שלו (כולל יחידות מידה), הגדרה ברורה של המשתנה התלוי ודרך מדידתו (כולל יחידות מידה), בכל אחד מהניסויים – המקדים/ים והמחקרי/ים. תיאור האורגניזם הנחקר, פירוט של גורמים קבועים שנשמרו במהלך הניסוי והחשיבות של כך. תיאור ברור של קבוצות הניסוי, הבקורות, והסבר לחשיבותן ותפקידן, ציון מספר החזרות שבוצעו לכל טיפול/מדידה והנימוק לכך. פירוט שיטות עבודה - (12 נק'): תיאור, מפורט וברור של כל שלבי הניסויים - המקדים/ים והמחקרי/ים. פירוט התהליכים שבוצעו באופן המציג את המידע בפרוטוקולים אך אינו העתקה שלהם או מהם. פירוט המיכשור והחומרים המופיעים בשלבי העבודה בצורה התורמת להבנת מהלכי הניסוי. פירוט חישובים ועיבוד נתונים וריכוזים הנדרשים במהלכי העבודה. היקף: 3-6 עמודים	תיאור מערך המחקר

20	הצגה מלאה ומאורגנת (3 נק'): הצגה של כלל התוצאות הכמותיות והאיכותיות הרלוונטיות למענה על שאלת המחקר. ארגון התוצאות בצורה לוגית, ברורה וקלה למעקב בהתאם למחקר. עיבוד נתונים (4 נק'): הסבר על אופן עיבוד התוצאות הגולמיות, הצגת דוגמת חישוב (במידה ורלוונטי), במידה וקיים עומס של תוצאות גולמיות יש להציג בנספחים. הצגה באמצעות אמצעי המחשה מדעיים (6 נק'): שימוש יעיל ומתאים באמצעים להמחשת התוצאות כגון טבלאות, גרפים (עמודות, קו, פיזור וכו'), תרשימים, צילומים (למשל: גלים, צלחות פטרי, צמחים), בהתאם לאופי הנתונים. בחירה מושכלת של סוג הגרף המתאים ביותר להצגת הנתונים והמגמות. דיוק ושלמות בפרטים (5 נק'): כותרות אינפורמטיביות, ברורות ומלאות לכל טבלה, גרף ואיור. ציון ברור של יחידות המידה בצירים של הגרפים ובעמודות/שורות הטבלאות. מקרא ברור ומדויק בגרפים מרובי סדרות או משתנים, או באיורים (כגון: באריות ו"סולם" בגלים). מספור סידורי עקבי לטבלאות, גרפים ואיורים. תיאור מילולי (2 נק'): תיאור מילולי אובייקטיבי, ברור, תמציתי ומדויק של המגמות והממצאים העיקריים המוצגים בכל אמצעי המחשה. הימנעות מפרשנות או הסקת מסקנות בשלב זה. היקף: בהתאם לנדרש להצגת כל ממצאי המחקר.	תוצאות המחקר
15	פתיחה (1 נק'): תזכורת על מטרת המחקר והקשרו. הצגה תמציתית של מטרת הפרויקט, שלבי המחקר, שאלת המחקר והקשר בין שלביו. סיכום ממצאים (1 נק'): סיכום מדויק ותמציתי של התוצאות המרכזיות הצגת מגמות עיקריות. הפניה לגרפים וטבלאות המסייעת להבנת הקשר בין תוצאה למסקנה. מסקנות מן הממצאים (3 נק'): הסקת מסקנות על בסיס הממצאים קשרים בין המסקנות והתייחסות להשערות (3 נק'): זיהוי והסבר של תמיכה או סתירות במסקנות. קשר ברור בין תוצאות, מסקנות והשערות. השוואה לצוותים אחרים (1 נק'): תיאור ממצאים ומסקנות של צוות נוסף אחד לפחות. זיהוי דמיון/שוני והסקת מסקנות משותפות ו/או משלימות. קשר לספרות מדעית רלוונטית (1 נק'): קשר ושילוב בין ממצאים במחקר למידע מהספרות המדעית.	דיון ומסקנות

	מהימנות המחקר (2 נק'): תרומתן של הבקורות, החזרות והשמירה על גורמים קבועים בניסויים למהימנות המחקר ותפקיד הניסויים המקדימים. מגבלות המחקר (1 נק'): דיון ביקורתי - הצגת מגבלות, כשלים או הטיית הנובעות מהמערך או מהתנאים, כיצד הן משפיעות על פרשנות התוצאות, והצעת דרכים לשיפור ולתיקון המערך הקיים במטרה להעלות את רמת הדיוק ומהימנות התוצאות. השלכות המחקר (2 נק'): משמעות יישומית: הצעות ליישומים ופתרונות עתידיים בעולם האמיתי (כגון רפואה, חקלאות, תעשייה ביוטכנולוגית), והסבר ברור כיצד הפרויקט וממצאיו מקדמים את פתרון הבעיה המקורית שהוצגה בסקירה התאורטית בעבודה. בחלק זה יש להציע שני מחקרי המשך מנומקים. מחקר המשך הקשור ישירות למערכת הניסוי הנוכחית ולתוצאותיה. ובנוסף מחקר המשך המשלב שיטות עבודה מתקדמות מהמקצוע "מערכות ביוטכנולוגיות". היקף: 2-3 עמודים	
4	רשימה מלאה ותואמת לטקסט של העבודה (2 נק'): כל המקורות שאוזכרו בגוף העבודה מופיעים ברשימה הביבליוגרפית. סימון המקורות המהווים מאמרי מורה ומאמרי/כתבות תלמידים. פורמט אחיד ומדויק (2 נק'): שימוש עקבי ומדויק בכללי ציטוט אקדמיים מקובלים, הן בגוף העבודה והן ברשימה הביבליוגרפית.	ביבליוגרפיה
4	תוכן רלוונטי: אישור הפיקוח לביצוע המחקר, תמונת פוסטר (קובץ הפוסטר יופיע בנפרד לצורך הערכה), תוצאות גולמיות מפורטות במידה ולא נכללו בגוף העבודה. פרוטוקולים במידה והמורה מצא לנכון להוסיפם. תוספות אישיות לבקשת הכותבים ובהתאם לשיקול דעת המורה המנחה.	נספחים

מחווון להערכת הכרזה מדעית (פוסטר)

קריטריון	פירוט	ניקוד
מאפיינים כלליים	גודל 70X100 ס"מ. הכרזה כולה מושכת את העין. גודלה של הכרזה מאפשר קריאה ממרחק של מטר. ניתן לנווט בין מרכיבי הכרזה באופן רציף. המסרים מוצגים באופן תמציתי. שילוב אלמנטים חזותיים כגון גרפים, תרשימים, תצלומים.	10
מאפיינים חזותיים	כותרת מאירת עיניים. חלוקה בלתי עמוסה של מרחב הכרזה. איזון חזותי בין מרכיבי הכרזה. שמירה על רצף הגיוני בין מרכיבי הכרזה. ייצוג התכנים בדרכים מגוונות (תמונות, תרשימים, גרפים). ביטוי של מקוריות, יצירתיות ועיצוב אסתטי.	30
מאפיינים תוכניים	נוכחות כל מרכיבי הכרזה מופיעים בה: כותרת, מחברים, תקציר - כולל מטרות ושאלת המחקר, רקע תאורטי, מערך המחקר, תוצאות, מסקנות, ביבליוגרפיה. הצגת התוכן המדעי בצורה מדויקת. הקפדה על כותרות ויחידות בטבלאות ובגרפים. ניסוחים המילוליים תמציתיים וממצים.	60

הערכת התלמיד בבחינת ההגנה - בחינה בע"פ

בחינת ההגנה תתקיים באווירה נינוחה ומעודדת, כשיחה בין הבוחן לצוות התלמידים

1. כל תלמיד יבחן בנפרד על הפרויקט שבוצע במשך כ-15 דקות.
2. הבחינה תכלול שאלות שבאמצעותן יוכל הבוחן להעריך את הידע של התלמיד בתחומים המרכזיים של המחקר:

- שאלות ידע - 35%
- שאלות הבנה - 35%
- שאלות יישום - 20%
- התרשמות כללית לשליטה בחומר - 10%

מחווה להערכה בבחינת ההגנה:

קריטריון	פירוט	ניקוד
הכרת הרקע התיאורטי למחקר	עד כמה התלמיד מסוגל: • להפגין ידע והבנה ברקע התיאורטי לתחום המחקר על פי הנושאים שהוזכרו במאמרים. • להסביר את נושא המחקר ומטרתו לאור הידע התיאורטי שלמד. • להסביר את שאלת המחקר והשערות המחקר לאור הבסיס התיאורטי שלמד.	30
תיאור המחקר	עד כמה התלמיד מסוגל: • לתאר את הניסוי המכין שביצע, את מטרתו ואת הקשר בין תוצאותיו לשאלת המחקר שחקר. • להסביר את רציונל המחקר. • לתאר ולהסביר את מערכת הניסוי, המשתנים התלויים והבלתי תלויים, הבקורות והחזרות. • להסביר את מהות השיטות בהן השתמש במחקר.	20

20	עד כמה התלמיד מסוגל: • להסביר את התוצאות הגולמיות שהתקבלו בהתאם לשיטת/ות העבודה. • להסביר את אופן עיבוד הנתונים. • להסביר את המשתמע מעיבוד התוצאות. • להסביר את תוצאות צוות אחר.	תוצאות המחקר
30	עד כמה התלמיד מסוגל: • להצדיק את המסקנות שהסיק במחקר לאור התוצאות שקיבל. • להציג תמונה רחבה וכללת של המחקר. • להציע כיווני המשך למחקר ולנמקם לאור התוצאות שהתקבלו והמסקנות שהוסקו.	דיון ומסקנות

מחווון למורה המגיש להערכת חשיפה לקהילה

הערכת פרק חשיפה לקהילה יבוצע רק על ידי המורה המגיש ויהווה חלק מהציון הבית ספרי. הערכה זו מתבססת על ארבעה מדדים מרכזיים המשתקפים בדיווח של התלמידים:

- א. רצינות ביצוע המשימה.
- ב. איכות אפיון קהילת היעד (המונה לפחות 6 משתתפים), תוך הערכת הרלוונטיות שלה לנושא המחקר וההצדקה שניתנה לבחירתה.
- ג. איכות תיעוד המפגש הפרונטלי, לרבות בהירות הרציונל לבחירת פורמט ההצגה, רמת ההנגשה של מטרות המחקר והשלכותיו היישומיות, והכללת עדויות תומכות כגון תמונות וקובץ המצגת.
- ד. עומק העיבוד של תגובות הקהל. יש להעריך האם התלמידים יישמו כלי איסוף מתאים (סקר, ניתוח שיח פרונטלי או אינטראקציה במדיה) והציגו ניתוח של התובנות שעלו, המוכיח כי המפגש היה משמעותי והקהל נתרם מחשיפת המחקר.