

# הערכת מחקרי תלמידים בתכנית "פיזיקה מחקרית"

## מסמך שנכתב לבקשת הטכניון

כתבו: קרקובר זאב, ד"ר צביקה אריכא.  
תודה לצוות ההיגוי על ההערות הרבות.

עמוד	רקע	1
2	<b>רקע לתכנית, מסגרות הפעלה ומנגנוני הבטחת איכות</b>	<b>פרק 1</b>
2	התכנית "פיזיקה מחקרית"	1.1
3	שיקולי הערכה	1.2
4	גורמי הערכה בשלבים שונים של המחקר	1.3
4	תהליכי ההערכה	1.4
5	טבלאות הפעילויות ומסמכי הדיווח ותרומתן לתהליך ההערכה	1.5
8	<b>עקרונות הערכה, מחוונים והתאמתם למטרות</b>	<b>פרק 2</b>
8	עקרונות ההערכה של התהליך הלימוד	2.1
9	עקרונות ההערכה של המחקר על ידי מעריך חיצוני	2.2
8	מאפיינים ייחודיים של הערכת המחקר בתכנית זו	2.3
10	חלוקת משקל ההערכה, כיוול מחוונים וטבלאות המחוונים	2.4
11	מחווון 1 – הערכת השלב המקדים	2.4.1
12	מחווון 2 ומחווון 3 – הערכת תהליך המחקר	2.4.2
13	מחווון 4 ומחווון 5 – הערכת העבודה הכתובה	2.4.3
13	מחווון 6 – מחווון הצגת העבודה	2.4.4

## **פרק 1: רקע לתכנית, מסגרות הפעלה ומנגנוני הבטחת האיכות**

### **1.1 התכנית "פיזיקה מחקרית"**

"פיזיקה מחקרית" היא תכנית שמאפשרת לתלמידים לערוך מחקרים נרחבים במהלך לימודיהם התיכוניים. משך התכנית 3 שנים שבמהלכן מבצעים זוגות תלמידים פרויקטים, בהנחיה מורי הפיזיקה, הנתמכים ע"י מנחים אקדמיים. מסגרת הפעלה זו נבנתה כרצף מדורג של התמחות בחקר, פיתוח כישורי עבודה בקבוצה והתחדשות מקצועית של מורי פיזיקה. התכנית מוכרת על ידי משרד החינוך, ומוזכה בחמש יחידות בגרות, מעבר לחמש היחידות הבסיסיות בפיזיקה. כדי להבטיח תהליך הערכה תקף, התכנית נשענת על מערך רחב ומגוון של מסגרות דיווח, שמקשר בין מעגלי הפעילות של התלמידים, המורים, המנחים האקדמיים והפיקוח על הוראת הפיזיקה.

כל מורה ומנחה תלמידים במסגרת תכנית זו הוא חבר ב"גרעין חקר", שמתכנס לעתים מזומנות (60-30 שעות בשנה), ובו המורים והמנחים של התלמידים מציגים מחקרים, מעלים דילמות בהנחיה, דנים בסוגיות מדעיות ומפיקים לקחים מתהליך התקדמות התלמידים. לכל "גרעין חקר" יש מנחה אקדמי ורכז פדגוגי. המנחים האקדמיים של "גרעיני החקר" מתכנסים אחת לשבועיים, למשך מספר שעות, במסגרת "פורום מובילי החקר", כדי לדון בבעיות שעולות מן השטח, ולעצב את המקצוע בתחילת דרכו. ב"פורום מובילי החקר" חברים גם נציגים מטעם הפיקוח על הוראת הפיזיקה.

אנשים נבחרים מתוך "פורום מובילי החקר" שותפים למסגרת נוספת – "ועדת היגוי לפיזיקה מחקרית", שתפקידה לקדם את התפתחות המקצוע ברמה האסטרטגית וכן להציג לוועדת המקצוע בפיזיקה תמונת מצב עדכנית.

המורים המעוניינים ללמד "פיזיקה מחקרית" נדרשים להשתלם בהיקף של 240 שעות לפחות במסגרת "בית מדרש נקודת ארכימדס" או "מכון ויצמן למדע". הלימודים כוללים פרקים תיאורטיים והתנסות מודרכת בהנחיית תלמידים. בשנים האחרונות משולבים מחקרים אקדמיים בעיצוב מבוסס מחקר של תהליך הכשרת המורים והנחית התלמידים.

המסמך להלן נכתב לבקשת הטכניון. המסמך מפרט את מערך הבקרה להבטחת איכות עבודת התלמיד וליווי המנחים, מציג את דרכי הפעולה של המערך הזה, את הדרך שבה מערך הבקרה תומך במימוש המטרות של התכנית ואת הדרך שבה נקבע הציון המסכם - מספר יחיד, ציון בין 0 ל-100, המייצג עבודה שלמה.

### **1.2 שיקולי הערכה**

#### **קהילת המנחים**

ביצוע מחקר במסגרת תכנית זו אינו עניין שמתרחש רק בעולמם של התלמידים והמנחה, ומתגלה לעולם רק בסיומו. **המחקר מתרחש במערכת תומכת** שאמורה להבטיח ככל האפשר, את הרמה של המחקר, ובתוך זה את **האיכות של תהליך ההערכה**. במטרה להבטיח את האיכות והרמה האקדמית של תוצרי התלמידים. ולבקר את אופן פעולת המנחים בעבודתם השוטפת עם התלמידים, תהליך ההערכה כולל מעקב רציף אחר המחקרים ומשולבים בו מגוון גורמי הערכה, המעורבים בהדרכת המנחים הן בשלבי ביניים של ביצוע המחקר והן בהערכה המסכמת. תהליך זה תומך גם בהתפתחות המקצועית של המורים ובעיצוב התכנית כמקצוע שנמצא בתהליכי התפתחות. המערכת התומכת היא מורכבת, כמו גם מסלולי הדיווח ודרכי הפעולה שלה שיפורטו להלן, אך היא המעטפת המאפשרת לקבל תמונה אמינה ביותר של מהלך המחקר ולתמוך בהיבטים ואתרים שזוהו כחלשים.

#### **קהל היעד של תלמידי "פיזיקה מחקרית"**

מהניסיון המתמשך בהנחיית פרויקטים בפיזיקה עולה כי חלק הארי של התלמידים שבחרים במסלול כזה מורכב מ"תלמידים מסוגלים", שהציונים שלהם במקצועות רבים **עולים על 90**. בדרך כלל התלמידים האלה מפיקים עבודות טובות מאוד, בטווח הציונים הגבוה. מצד אחד, אין טעם להחמיר במיוחד בהערכה, מעבר למה לרמה הנדרשת במבחן הבגרות בפיזיקה (שנחשב למשוכה גבוהה למדי), מפני שזה עלול להרחיק תלמידים מ"פיזיקה מחקרית". מצד שני, אנו עושים כל מאמץ שהציונים לא ייגררו כלפי מעלה באופן מלאכותי, מפני שהדבר עלול לפגוע באיכות. כיון שכך, אנו מודעים לכך שהציונים של מחקרים רבים יתרכזו בעשירון העליון, דבר המקטין את הרזולוציה בציונים.

עם זאת, אנו שמחים גם לצרף תלמידים אחרים שבחרים ב"פיזיקה מחקרית". ייתכן שתלמידים מסוימים, שלמידת "הפיזיקה הרגילה" אינה מצליחה למשוך אותם במידה מספקת, ייפתחו דווקא לערוץ המחקרי ודרכו יתחברו גם ללמידה הרגילה. חשוב לנו להרחיב את מספרי הלומדים גם בקבוצה זו.

### מטרות מרכזיות של התכנית, ברמת התלמיד

על ההערכה לשקף את מטרות התכנית, בפרט:

#### מטרות בתחום התוכן:

1. היכרות עם תחומי תוכן רלוונטיים למחקר (תכנים הנמצאים על אופק הידע של התלמידים).
2. שימוש מושכל במקורות מקצועיים לקידום המחקר.
3. שימוש בכלי מחקר מגוונים למדידה ועיבוד נתונים.
4. היכרות עם כלים לניתוח נתונים.

#### מטרות בתחום המיומנות ודרכי עבודה:

1. אינטגרציה משמעותית של תיאוריה וממצאי ניסוי
2. פיתוח יכולות של דיווח והצגה בכתב ובעל פה
3. הכוונה עצמית בפרויקט פתוח ומתמשך
4. עבודת צוות
5. רפלקטיביות: לימוד תוך בקרה עצמית והערכת עמיתים
6. למידה עצמאית

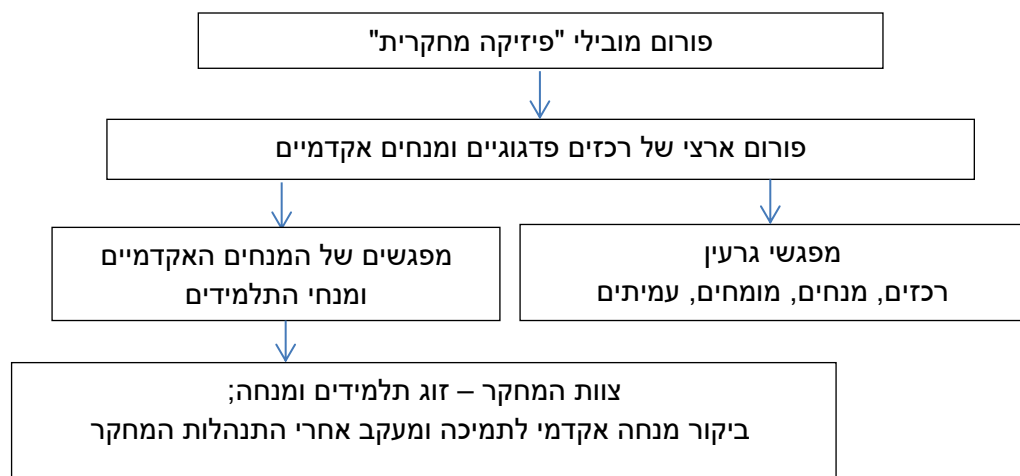
#### מטרות בתחום האפקטיבי:

1. התנסות במחקר פתוח ומתמשך.
2. התמודדות עם מצבי אי ודאות, התגברות על תסכולים ואתגרים במחקר פתוח ומתמשך.
3. תחושה של בעלות (Ownership) ורלוונטיות.
4. פעילות יצירתית במחקר מדעי.

### 1.3 גורמי הערכה בשלבים שונים של המחקר

בהתאם לאמור מעלה מגוון גורמים פועלים ב"פיזיקה מחקרית" ותורמים לתהליך ההערכה **מעריך התמיכה והבקרה**. במיוחד חשוב לציין את חשיבותו של המנחה האקדמי של גרעין החקר. המנחה האקדמי הוא בעל תפקיד שאינו נמצא במסגרות דומות שבהן נעשים פרויקטים של תלמידים בהנחיית מורים או מומחים. הוא אחראי לרמה האקדמית של המחקרים שנעשים בגרעין ובהיותו בשיח מתמיד עם המנחה של התלמידים הוא המאשר את המשך העבודה בשלבים שונים, מקבל דיווחים ורושם דיווחים. הוא מסוגל להעריך את התהליך טוב יותר ממעריך חיצוני שלא עקב אחרי המתרחש לאורך זמן. לכן, מטבע העניינים, הוא גם לוקח חלק בהערכה הכוללת של המחקר. המנחה האקדמי גם משתתף בפורום ארצי של הרכזים האקדמיים ועל כן יש לו תמונה מלאה של אופי התכנית, כפי שהיא מתרחשת בכל רחבי הארץ. המנחים כיום הם המעצבים את אופי המקצוע בשלב המכוון שלו.

תרשים 1 מתאר את הגורמים המעורבים הן במעריך התמיכה הישיר ומאפשר מעקב והבטחת איכות של כל מחקר ומחקר וכן בניווט התכנית ובקרה על רמת המחקרים המתבצעים בה ברמה ארצית.



תרשים 1: הגורמים המעורבים במעריך התמיכה בפרויקט מחקר ספציפי ובהיגוי התכנית

#### 1.4 תהליכי הערכה בשלבים שונים של המחקר

תהליכי הערכה מובנים בכל שלבי המחקר, הן כהערכה מעצבת והן כהערכה מסכמת. להלן הסבר על כמה גורמי ההערכה בשלבים השונים.

##### ההערכה המעצבת

**הערכת מנחה המחקר (המורה/חוקר שמלווה בפועל את מחקר התלמיד) בשלב של הלמידה המקדימה:** בתחילת הדרך, בכיתה י' ובתחילת כיתה י"א, התלמידים מתמודדים עם נושאים שאינם חלק מתוכנית הלימודים בפיזיקה. תקופה זו תקרא "למידה מקדימה". בתקופה זו התלמידים נחשפים בהדרגה לסדרת פעילויות שדרגת הפתיחות שלהם בתחום החקר הולכת וגדלה, ומתוודעים לשיטות עבודה שונות. הערכת פעילויות התלמידים בשלב זה מהווה חלק מהציון הסופי (סוף כיתה י"ב).

**הערכה מתמשכת של המנחה בשלב העבודה על פרויקט המחקר:** המנחה הוא זה שעוקב אחרי התהליך בצורה הקרובה ביותר והמתמשכת ביותר במהלך המחקר. כאשר המנחה מסייע לתלמידים להפיק את המיטב מן המחקר הוא נדרש גם לנטר את עבודתם ולציין זאת בהערכה מעצבת. לדוגמה: המנחה יעד למידת הרצינות והמעורבות של התלמידים במחקר שלהם. או למשל, המנחה מכיר בהצטיינות מיוחדת ושליטה

מתמשכת בתחומי ידע מסוימים. למנחה יש קריטריונים ובהינתן תהליך של שיפור מתמשך ומשמעותי של קריטריונים אלה אצל התלמידים הדבר יתבטא בציון ההערכה המתמשכת.

**הערכה מתמשכת של המנחה האקדמי:** המנחה האקדמי של הגרעין שבו נעשה המחקר מלווה את המחקר באופן שיטתי, תוך שיח עם מנחה המחקר, וביקורים במעבדת בית הספר. מתוך ניסיונו והכשרתו, ומתוקף נקודת הראות השונה שלו (מזו של מנחה המחקר), הוא מסוגל לתרום מרכיבי הערכה משלו. כל מחקר הנעשה בגרעין החקר וכל עבודה כתובה יוערכו הערכה מתמשכת והערכה מסכמת (כולל מתן ציון פנימי) על ידי המנחה האקדמי.

**הערכה על סמך דוחות תקופתיים:** הדוחות התקופתיים מסייעים למנחה בהתארגנות, ומאפשרים למערכת לוודא שאין דעיכה בפעילות, וכי לא נופתע לרעה לקראת סוף התהליך.

### **הערכה מסכמת**

להערכה זו יתרמו מנחה המחקר, המנחה האקדמי ומעריך חיצוני. לכל אחד מהם נקודת ראות משלו ומרכיבי הערכה משלו, שיתרמו לתמהיל. **מנחה המחקר** הוא המעריך שמכיר את העבודה מקרוב יותר מכל מעריך אחר. הוא מכיר את המהלך כולו, על מעלותיו ומורדותיו. הוא נחוץ לנו כדי לקבל תיאור מהימן של התהליך, שקשה להשיגו ממסמך מסכם כתוב, ובמידה מסוימת גם לא משיח מסכם עם התלמידים. לכן גם בבואנו להעריך את הערכה המסכמת על ידי המעריך החיצוני חשוב שמנחה המחקר שהנחה את התלמידים יהיה נוכח בבחינה.

**המנחה האקדמי** נמצא בשיח עם המנחה, כדי לסייע לו לנסח הערכה מהימנה. יתר על כן, הוא מביא עדות אחרת מנקודת מבט שונה. אנו זקוקים גם למישהו מרוחק מעט, שהרי מנחה המחקר שהנחה את התלמידים הוא שותף מחקר ממש, ובמובן מסוים הוא "קרוב מדי". למנחה האקדמי נקודת ראות השוואתית רחבה, ביחס למחקרים אחרים שנעשים במקומות שונים בגלל ניסיונו והשתתפותו בפורום המנחים האקדמיים.

**המעריך החיצוני** מגיע "נקי" מחיבור מוקדם לתלמידים. הוא צופה בתהליך מנקודת מבט של מי שהגיע רק עכשיו. חשוב מאוד שהפיקוח על הפיזיקה ימנה מעריכים חיצוניים שהשלימו את תכנית ההכשרה ומנחים תלמידים במסגרת "פיזיקה מחקרית", ולפיכך בקיאים באופי המיוחד של התכנית, מטרותיה ודרכי ההערכה שלה. מנחה אקדמי של גרעין אחד ראוי לשמש כמעריך החיצוני הרצוי של גרעין אחר.

## 1.5 טבלאות הפעילויות ומסמכי הדיווח ותרומתן לתהליך הערכה

טבלה 1 מציגה את ארגון הפעילויות במסגרות השונות, פירוטן ואת תרומתן לתהליך הערכה

המסגרת	הפעילות	התרומה לתהליך הערכה
בית הספר (או כיתה אזורית)	מפגשים שבהם מתבצע מחקר משותף של תלמידים ומנחה (מורה / מדען שמצטרף ל"פיזיקה מחקרית")	"ציון מנחה המחקר" בתום המחקר המבוסס על: <b>הערכה מעצבת</b> , לאורך השנים המתבצע באופן שוטף וגם בנקודות דיווח <b>הערכה מסכמת</b> בתום המחקר
	ביקורים של המנחה האקדמי של הגרעין ושיח שוטף שלו עם מנחה המחקר	"ציון מנחה אקדמי" בתום המחקר המבוסס על: <b>הערכה מעצבת</b> לאורך השנים ובנקודות דיווח <b>הערכה מסכמת</b> בתום המחקר
"גרעין החקר"	שיתוף עמיתים באתגרי החקר ובדרכי ההתמודדות איתם	<b>הערכה מעצבת</b> המבוססת על הצגת המחקר בשלבים שונים בפני מליאת הגרעין
"פורום ארצי של רכזים אקדמיים"	דיונים והכרעות בסוגיות אקדמיות שעולות ממפגשי המחקר והדיון ב"גרעיני החקר"	תמיכה ברכזים האקדמיים בתהליכי הערכה הכרעה בסוגיות הערכה שמתעוררות
"מובילי חקר"	דיונים בפורום רחב של "מובילי חקר" שבו שותפים המנחים האקדמיים, הרכזים הפדגוגיים, נציגי פיקוח, מכשירי מנחים וצוות ההיגוי	המלצות על טיוב של תהליכי הערכה
"ועדת היגוי"	ניווט תכנית "פיזיקה מחקרית"	קביעת אופיים של תהליכי הערכה

טבלה 2 מציגה את מסמכי הדיווח המשמשים להערכה במהלך המחקר

מועד	תוכן הדיווח	הכותב	המקבל	מטרות הדיווח
בתום כל מפגש מחקר	יומן עבודה	תלמידים	תלמידים ומנחה	היומן ישמש את התלמידים בהמשך כמאגר מידע לתיק הפרויקט וכמקור לקבלת תמונת-על.
כחודשיים לאחר תחילת העבודה	תובנות ראשוניות	תלמידים	מנחה אקדמי של גרעין החקר,	ישמשו לדיון בין הרכז האקדמי לבין המורה, ולדיון בקהילת החקר.
	מסמך כוונות ואופק מחקרי	מנחה התלמידים		
	דו"ח תקופתי	מנחה אקדמי	פורום מובילי חקר, פיקוח	דו"ח תקופתי אודות המחקרים המוצעים יעמוד לדיון בפורום הארצי של הרכזים.
כארבעה חודשים לאחר תחילת העבודה	הצעת מחקר הכוללת מטרות חקר ושאלות חקר	תלמידים	מנחה אקדמי של גרעין החקר, הפורום הארצי של מובילי החקר	יוצגו לדיון עם המנחה האקדמי, ובגרעין החקר. אם יתעורר צורך הן יעלו לדיון בפורום הארצי של הרכזים האקדמיים. בעקבות ההצעות ייקבע אם העבודה עומדת בסטנדרט, או שיוצע שהיא תהיה בהיקף של "שתי יחידות". (45%) ההצעות עומדות לעיון הפיקוח.
	עדכון של מסמך כוונות ואופק מחקרי על ידי המנחה.	מנחה התלמידים		
	דו"ח תקופתי	רכז אקדמי	פורום מובילי החקר, פיקוח	יעמוד לדיון בפורום הארצי של הרכזים האקדמיים.
בסביבות חנוכה (כיתה יב)	דו"ח התקדמות	תלמידים	מנחה אקדמי של גרעין החקר, הפורום הארצי של מובילי החקר	ישמשו בסיס לדיון עם הרכז האקדמי ובגרעין החקר, ולפורום ארצי של מובילי החקר, אם הדבר יתבקש. הם יעמדו לעיון הפיקוח.
	דו"ח התקדמות ועדכון מסמך הכוונות והאופק המחקרי	מנחה		
	דו"ח תקופתי	מנחה אקדמי	פורום מובילי החקר, פיקוח	יעמוד לדיון בפורום הארצי של מובילי החקר.
בסביבות פסח (כיתה יב)	עבודה כתובה על ידי התלמידים (תיק פרויקט)	תלמידים	מעריך חיצוני, מנחה אקדמי של גרעין החקר, הפורום הארצי של מובילי החקר, הפיקוח	תשמש בסיס להערכה על ידי המנחה, הרכז האקדמי והמעריך החיצוני.
	דו"ח מסכם	מנחה אקדמי	פורום מובילי החקר, פיקוח	יעמוד לדיון בפורום הארצי של מובילי החקר.

## **פרק 2: עקרונות הערכה, מחוונים והתאמתם למטרות**

### **2.1 עקרונות ההערכה של תהליך הלימוד**

אנו מחשיבים מאוד את מה שמתרחש לאורך כל תהליך המחקר. מתן ההערכה לתהליך נעשה לא רק כדי לנסות לאמוד את מידת האוטנטיות של המחקר המוצג (ואיננו מזלזלים גם בעניין זה), אלא מטעמים נוספים, כגון: התנהלות התלמידים לאורך המחקר, התפתחות המיומנויות בתחום החקר ועוד. זאת משום שמעבר לערך שיש למחקר מסוים לגופו, הוא משמש כהזדמנות להתנסות בדרכי פעולה שיסייעו לתלמידים במחקרים עתידיים. מדובר בדרכי פעולה שמשותפות למחקרים רבים, לצד דרכי פעולה ייחודיות לכל מחקר. נפרט כמה מאלה.

**סדירות העבודה במחקר:** מחקר מזמן מדי פעם תקופות שפל, שעשויות לרפות את ידי החוקר, כמו גם תקופות עומס. אנו דורשים מן התלמידים להיות נוכחים גם בתקופות השפל והעומס – אלה שנובעות מן המחקר עצמו, ואלה שנובעות מכלל הלימודים בבית הספר ומחיייהם הפרטיים.

**עבודה מעבר לשעות הייעודיות בבית הספר:** מספר השעות שמוקצה למחקר בשבוע במערכת השעות של בית הספר הוא קצוב והיקפו שתי שעות שבועיות בכתה י', 4 שעות שבועיות בכתה י"א וי"ב. תלמידים מצופים להגות ולפעול במחקר גם במהלך השבוע שבין מפגש למפגש.

**ניהול יומן מחקר:** אנו דורשים מן התלמידים לנהל יומן מחקר. כל מפגש מחקר מסתיים בתיעוד ההתקדמות במהלך השבוע האחרון.

**למידה עצמית:** מחקר בבית הספר הוא מהלך המכשיר לקראת עצמאות מחקרית. זה מחייב מידה לא מועטה של למידת רקע עצמאית, בתחומי התיאוריה והניסוי. לעיתים מדובר במאמץ של ממש בכניסה לתחום דעת חדש בפיזיקה, מעבר לתכנית הלימודים הרשמית.

**יוזמה:** מהותו של מחקר מחייבת יוזמה. חלוקת התפקידים בין המנחה לבין המונחים מחייבת להותיר לתלמידים מרחב של יוזמה.

**ביקורתיות מדעית:** התלמידים נתבעים לעבודה אחראית במדע, תוך פעולה בכלים מדעיים ובדרכים מתאימות של מחשבה וביקורת.

**עבודת צוות:** "פיזיקה מחקרית" מיועדת לעבודה בזוגות (בדרך כלל). אנו מעוניינים שתלמידים יפעלו כך שיפיקו את מירב התועלת מן החברותא.

**מגמת התפתחות ושיפור:** לעתים אנו זוכים בתלמידים שמתחילת דרכם עושים עבודה לעילא. רוב התלמידים אינם מתחילים מנקודה זו, והמחקר הוא הזדמנות בשבילם להפגין עקומת שיפור.

**מקוריות, יצירתיות, חדשנות:** אנו מעוניינים בהצגה רעננה של התחום הנחקר ובמיוחד לעודד יצירתיות. גם תלמידים מעולים שמיישמים היטב את כל מה שרכשו מתבקשים ליצור משהו משלהם. אנו מבקשים שתלמידים לא יסתפקו בדרכי פעולה שמקובלות בתחום שבו הם חוקרים אלא ינסו להציע משהו משלהם (כיוון הסתכלות, מבט חדש, שיטת מדידה חדשה וכיו"ב).

יש שהתלמידים מציגים יצירתיות שתראה למנחה התלמידים כמקורית או חדשנית. חשוב שמנחה התלמידים יוודא עם המנחה האקדמי, המעורה יותר בעולם התוכן, את מידת החדשנות של המחקר. לכן, הערכת החדשנות של התלמידים צריכה להתבצע בשיתוף עם המנחה האקדמי.

**כל ההיבטים שלמעלה אמורים לשמש כחלק מהערכת התהליך, חלקם כתנאי הכרחי וחלקם כבונוס.**

### **2.2 עקרונות ההערכה של המחקר על ידי המעריך החיצוני**



הערכת המחקר על ידי המערך החיצוני היא הערכה מסכמת על פי מסמך הרקע, העבודה הכתובה והשיחה המסכמת. **מסמך הרקע** הוא מסמך קצר שבו המנחה רושם את ההיבטים העיקריים של העבודה כפי שהדבר נתפש על ידי החוקרים (התלמידים והמנחה) והרכז האקדמי. הוא מיועד לסייע לו להתמקד במה שנראה לחוקרים כעיקרי וכן לקבוע את משקלם של 4 מרכיבי הערכת העבודה.

אנו מצפים מהמערך לקרוא את העבודה הכתובה ולגבש דעה על **המחקר** המוצג בה (יותר מאשר על **החוקרים**) ולהכין רשימת שאלות להבהרה ודיון.

הערכת התלמידים, תתגבש במהלך השיחה, שבה תינתן להם אפשרות להבהיר דברים שקשורים לעבודה הכתובה ולהציג את המחקר בצורה בלתי אמצעית. אנו מצפים מהמערך לחוות דעה גם על בסיס **בעלות התלמידים על העבודה** (האם התלמידים מפגינים בעלות מלאה על העבודה? האם ההשתתפות שלהם בשיחה הייתה בהצטיינות?) **התמקדות בנקודות החוזק של העבודה** (האם התלמידים מסוגלים להגן על העבודה בתחום שבו לדעתם נמצא עיקר ההישג שלהם? עד איזה עומק הדבר מגיע?) **מבט כולל על העבודה** (האם התלמידים מציגים תמונה מלאה וקוהרנטית של העבודה? האם הם מזהים במה העבודה שלהם מקורית או חדשנית? עד כמה יש לדבר כיסוי?)

### 2.3 מאפיינים ייחודיים של הערכת המחקר בתכנית זו

**המשקל היחסי של היבטי המחקר בתהליך ההערכה והערכת היבטים ייחודיים למחקר מסוים:**

אפשר לחשב את הציון הכולל כממוצע משוקלל של הערכות של פריטים שונים. זה מחייב להגדיר משקלות לפריטים השונים. לדוגמה, אפשר להחליט, כברירת מחדל, כי למרכיב העיוני ולמרכיב הניסויי יהיה משקל שווה. דא עקא, למחקרים שונים יש אופי שונה, ומתאים להם שקלול שונה, שעשוי להשתנות תוך כדי התפתחות המחקר.

מחקרים שונים **נבדלים** לעתים זה מזה במידה רבה **במאפיינים חשובים**. ייתכן כי במחקר מסוים נדרשת עבודה תיאורטית רבה, בעוד במחקר אחר התיאוריה כבר מוכנה היטב בספרות נגישה לתלמידים. ייתכן כי במחקר מסוים רמת הדיוק של הניסוי נמוכה, ודיון מעמיק בשגיאות מדידה הוא עניין מרכזי, בעוד במחקר אחר הציוד מאפשר תוצאות מדידה מעולות, והתעמקות גדולה בחישובי שגיאה אינה רלוונטית. אפשר לרשום רשימה ארוכה של סעיפי הערכה, ולכל מחקר יהיה רק חלק קטן ממנה רלוונטי באופן מובהק להערכת המחקר. איננו מעוניינים שהתלמידים ישקיעו זמן בהיבטים מאולצים שהרלוונטיות שלהם למחקר קטנה יחסית, כי זה ייעשה על חשבון עניינים חשובים ומהותיים. זה נכון גם כאשר מדובר בהיבט שעשוי להיות חשוב מאוד במחקרים אחרים, אך אינו רלוונטי מספיק במחקר הנידון<sup>1</sup>. לשם כך אנו מאפשרים וריאציות מתוננות במחווה, לאחר דיון מעמיק בין מנחה הפרויקט לבין המנחה האקדמי של הגרעין, ויעמוד לעיונו של פורום המנחים האקדמיים. מחווה זה **מייצג את המאפיינים הייחודיים לעבודה המסוימת** שלפנינו.

לכן, יש צורך **בכיוול של המחווה בהתאם לאופי המחקר ולהתפתחותו**. מסיבה זו אנו מאפשרים **מידה מסוימת של חופש בשקלול גורמי ההערכה השונים**. על מנחה המחקר לצרף לעבודה שנשלחת למערך

<sup>1</sup>נתבונן בשני מחקרים. במחקר האחד הצד התיאורטי מבוסס על נוסחה מוכנה מספר לימוד, ללא עבודה עיונית נוספת, אך הניסוי מחייב בנייה מתוחכמת של מערכת ניסוי. במקרה זה ברור שמשקל החלק העיוני פחות מזה של החלק הניסויי. במחקר השני החלק העיוני מחייב פתרון אנליטי של משוואות דיפרנציאליות חלקיות מרוכבות, ולעתים פתרון נומרי, בעוד הניסוי עושה שימוש במערכת מומחה מוכנה שנבנתה על ידי יצרן מוביל. במקרה זה נפחית את משקל הניסוי לטובת התיאוריה. מלכתחילה יש לשאוף למשהו מאוזן יותר, אך התפתחות המחקר עשויה להביא אותנו למחוזות שונים.

החיצוני טבלת שקלול מותאמת שתואמת את אופי המחקר, ואת התחומים שבהם הושקע עיקר המאמץ. טבלת שקלול זו טעונה אישור של המנחה האקדמי. זו סיבה נוספת למעורבות של מנחה אקדמי בפורום של המנחים אקדמיים.

#### רכיבים של הצטיינות מיוחדת:

יש לצפות שבתוך העבודות שיוגשו יהיו כמה שיציגו היבטים יוצאי דופן של הצטיינות, כגון: פריצת דרך מסעירה, כושר ניתוח מעמיק במיוחד, יכולת הצגה וניסוח מופלאות בכתב ובעל פה, שליטה מפליאה במערך הניסויי, מקוריות מיוחדת וכיו"ב. אנו מעוניינים לעודד הלך רוח זה ונשמר לו מקום במחווני העבודה.

### 2.4 חלוקת משקל ההערכה, כיוול מחוונים וטבלאות המחוונים

טבלה 2 להלן מציגה את חלוקת המשקל בין גורמי ההערכה השונים. לאחר הטבלה יובא פירוט של כל המחוונים:

שימו לב לשינוי של החלוקה בהשוואה לחלוקה הקודמת, האם זה מקובל?

משקל בציון	משקל חלקי	תחומי הערכה	מערך	
40%	10% 30%	מחווון 1: הערכת השלב המקדים (אופציונלי) מחווון 2: הערכת תהליך המחקר והעבודה הכתובה	מנחה / מורה	ציון שנתי ("מגן")
10%	10%	מחווון 3: הערכת תהליך המחקר	רכז אקדמי	
10%	10%	מחווון 4: הערכת העבודה הכתובה (מחווון מכויל)	רכז אקדמי	ציון חיצוני
40%	20% 20%	מחווון 5: הערכת העבודה הכתובה (מחווון מכויל) מחווון 6: הערכת מפגש הסיכום	מערך חיצוני	

#### 2.4.1 מחווון 1 – הערכת השלב המקדים

הערכת השלב המקדים כוללת את הפעילויות שנעשו בכיתה י' ובתחילת כיתה י"א, כהכנה לפני המעבר אל המחקר הראשי. הציון יינתן רק על ידי המורה שמוביל את השלב הזה (מנחה העבודה או מורה מתמחה בתחום). מערך הפעילויות שעליהן יינתן ציון בשלב הזה נדרש לקבל אישור של מובילי הגרעין. לאורך הלימוד התלמידים אמורים להציג עבודות בדרגות פתיחות שונות של חקר. ההערכה תביא בחשבון גם היבטים של נוכחות ומסירת עבודות. להלן דוגמה למחווון לשלב המקדים.

משקל	היבטים שיוערכו	מרכיבים
40%	דרכי מדידה, מעבדה ממוחשבת, ניתוח ממוחשב של סרטי וידיאו, העמדת מערך ניסויי, הערכת שגיאות, מדע חישובי.	רכישת כלים
30%	התמודדות עם משימות פתוחות, יצירתיות, ניסוח שאלות מחקר, הצעת דרכי פעולה, דיון ביקורתי, ביקורת עצמית, התמודדות עם קשיים, שימוש מושכל בהיקשים	לקראת מחקר
30%	השתתפות סדירה, עבודה עם עמיתים, הגשת דוחות כתובים היטב, עמידה בלוחות זמנים, בטיחות במעבדה	הרגלי עבודה

הציון הכולל של השלב המקדים **ייקבע מיד בסיומו**. באישור של מובילי הגרעין, לאחר התייעצות מתאימה, המנחה יוכל לאפשר לתלמידים הזדמנות נוספת להשלים את החסר גם בהמשך הדרך. זוהי הצעה לדוגמה. המורה יקבע, תוך התייעצות עם הרכז האקדמי, את הרשימה של ההיבטים שיוערכו, ואת הפעילויות שיאפשרו את המימוש של התכנית.

## 2.4.2 מחוון 2 ומחוון 3 – הערכת תהליך המחקר

המחוננים להלן משותפים גם למנחה העבודה וגם לרכז האקדמי. הערות למנחה העבודה לקראת חישוב חלקו הציון: מומלץ שהמנחה יקבע ציון נפרד לתהליך המחקר עד לשלב הכתיבה, וציון נפרד לעבודה הכתובה, ובעקבות זה יגבש את הציון הכולל. מומלץ להיעזר במחוון 4 כדי לציין את העבודה הכתובה. המנחה מתבקש לשקול היטב את הציון, מפני שמדובר בעבודה משותפת של תלמידים ומנחה, ועליו לזהות מה מתוך עבודה זו מזכה את התלמידים בציון. כדי לעמוד במשימה בכבדה הזאת עליו להתייעץ עם המנחה האקדמי והרכז הפדגוגי של הגרעין, שמכירים את הנעשה מכיוונים נוספים. לאחר הדיון הזה מנחה יקבע בעצמו את הציון, תוך התחשבות בהערות הצוות. במקרה שהצוות יחוש כי מדובר בטעות של ממש, הדבר יובא לדיון בפורום ארצי.

אחוזים	פירוט	הנושא	
20	העמדת מערכת, שימוש מיומן במערכת, זיהוי כשלים ושיפור מתבקש, תכנון תוספות ומימושו	העבודה הניסויית	הערכת תהליך המחקר ותיעודו
20	שימוש מושכל בתיאוריה, הצגה מתמטית שלה, פתרונות אנליטיים, פתרונות נומריים, שינויים ועדכונים של התיאוריה	העבודה התיאורטית	
20	עיבוד נתונים, הפקת ייצוגים ומעברים ביניהם, הערכת שגיאות, השוואה בין תיאוריה לניסוי, ביקורתיות מדעית	עיבוד הנתונים והסקת המסקנות	
20	עמידה בלוחות זמנים: הגשה בזמן של מסמכי דיווח במהלך המחקר, ניהול יומן מחקר עבודת צוות: שיתוף פעולה, עמידה בחלוקת משימות מוסכמת תמיכה הדדית, מגמה של התפתחות ושיפור, יוזמה, למידת רקע עצמאית בתחומי התיאוריה והניסוי, יצירתיות/חדשנות/מקוריות, עבודה מעבר לשעות הייעודיות בבית הספר	התנהלות במחקר	
20	על פי מחוון 4	הערכת העבודה הכתובה	
במקרה של הישג יוצא מן הכלל התלמיד יוכל לקבל תוספת של עד 10 נקודות, בהמלצת מנחה המחקר והמנחה האקדמי ובאישור חריג של פורום המנחים האקדמיים.			בונוס

### הצטיינות מיוחדת, הסבר על הבונוס:

לעתים מתגלה הצטיינות מיוחדת בהיבטים מסוימים שמצדיקה תוספת לציון. התוספת לא תינתן כדרך שיגרה, אלא רק במקרים של **הצטיינות מיוחדת**. האופציה לתוספת תידון בין מנחה התלמידים ובין המנחה האקדמי והרכז הפדגוגי של הגרעין, ויחייבו את אישורם. התוספת תקבע לאחר דיון בפורום של הרכזים האקדמיים או בפורום של מובילי החקר.

## 2.4.3 מחוון 4 ומחוון 5 – הערכת העבודה הכתובה

**כיול המחווון הייחודי לעבודה מסוימת:** משקל המחווון ייבנה על ידי מנחה המחקר והמנחה האקדמי של הגרעין, בהתחשב בהתפתחות המחקר. **עיקר המשקל** בהערכה ניתן לחלקים שבהם נעשית **עבודה מקורית** (לתלמידים) ופחות בהיבטים שבהם יש סיכום של נושאים מספר לימוד, הגם שייתכן כי יופיעו ברקע<sup>2</sup>.

מרכיבים	היבטים שיוערכו	משקל
מרכיב עיוני	רקע תיאורטי, דיון עצמאי/מקורי, פיתוח מתמטי עצמאי, קירובים, מטרות המחקר, שאלות החקר	15-35%
מרכיב ניסויי	בניית מערכת, תיאור מלא של המערכת, שיקולי ניסוי ודרכי מדידה, שיפור המערכת והתאמה למחקר, תיאור המדידות (מדידות עצמאיות), פתרון נומרי וסימולציות	15-35%
עיבוד נתונים והסקת מסקנות	ייצוגים של המדידות, דרכי עיבוד הנתונים וניתוחם, דיון בדיוק המדידה, השוואה בין תיאוריה לבין ניסוי, התמודדות עם פערים, הסקת מסקנות, התייחסות למחקרים אחרים	40%
הצגת המחקר	איכות העבודה הכתובה, הצגה בהירה, רלוונטיות, עניינית, קוהרנטיות ומזמינה (בכתב ובעל פה), התמודדות עם קשיים	10%

טבלה 5: הערכת המחקר לפי מרכיביו השונים (ברירת מחדל, כפופה לכיוול על פי אופי המחקר והתפתחותו)

**הערות למנחה האקדמי לקראת חישוב חלקו בציון:** כזכור, יש להערכת המנחה על המחקר משקל של 20% מן הציון הכולל, שתיעשה על פי המפרט שלמעלה. המנחה מתבקש לשקול היטב את הציון, במיוחד מן ההיבטים שעשויים לחמוק מן המנחה, שרואה את הדברים מפרספקטיבה אחרת. עומד בפניו האתגר של זיהוי חלקם של התלמידים במחקר כולו ובהיבטים של גילויי עצמאות.

**הערות למעריך החיצוני לקראת חישוב חלקו בציון:** כזכור, יש להערכת המעריך החיצוני על המחקר משקל של 40% מן הציון. מומלץ לקבוע תחילה ציון על העבודה הכתובה, עוד לפני הפגישה עם התלמידים. יתכן שבעקבות הפגישה יתברר שיש מקום לשנות את ההערכה על העבודה הכתובה. זה עלול להתרחש אם יתברר שהעבודה אינה מייצגת את מה שהתלמידים יודעים ומסוגלים להציג, ועל כן כנראה שיש בה תרומה של גורמים נוספים, שאינם רלוונטיים להערכה. ייתכן גם שהמפגש יבהיר שיש בעבודה יותר ממה שנראה ממבט ראשון, וכי השיחה מעוררת את האפשרות שיש מקום לשפר את ההערכה הזאת. לאחר התיקונים האלה אפשר לתת משקל שווה לציון העבודה הכתובה (המתוקן) ולציון על ההצגה בעל פה.

**חישוב הציון הסופי:** הציון יחושב על פי המפתח שלמעלה. כל אחד מן המעריכים יציג את הציון שקבע. ייתכן שחלק מן המשתתפים יחלוק את ההערכות של משתתפים אחרים. זוהי הזדמנות לדיון ולניסיונות שכנוע, שבסיומם יקבע כל אחד מן התורמים להערכה את הציון הסופי. שינויים כאלה של הציון, בעקבות דיון זה, מחייבים הסבר כתוב. כל אחד מן המעריכים ירשום מסמך מילולי מסכם קצר, שבו ירשום את מוקדי ההצלחה של המחקר ואת מקומות החולשה שלו, אם מצא כאלה שראוי לתעד). אפשר לרשום טיוטה של המסמך לפני המפגש עם התלמידים, ולעדכנה בעקבותיו.

#### 2.4.4 מחווון 6 – מחווון הצגת העבודה

<sup>2</sup>לעתים תלמידים חוקרים בתחום שאין להם בו ידע מוקדם, שהרי הם נמצאים רק בתחילת דרכם. זה מחייב אותם ללמידת רקע נרחבת. זו אינה מטרתה העיקרית של תכנית "פיזיקה מחקרית", שהרי התכנית אינה מכוונת ללמידה מסורתית מתוך ספר לימוד, אלא לפעילות עצמאית יותר. ובכל זאת, במקרים שבהם הדבר הכרחי, יהיה עלינו להביא בחשבון בשלב ההערכה גם את המאמץ הזה. הדבר נכון בהיכרות עם הרקע העיוני, בהיכרות עם טכניקות ניסוי ובהכרות עם שיטות הניתוח נתונים. בכל מקרה, ככל שהדברים נוגעים להערכה, חלקם בהערכה לא יעלה על 30%. למידה עצמאית שמתבטאת בתובנות עצמאיות או בתפישה ייחודית, ייחשבו למעשה יצירתית.

להלן מחוון הערכת הצגת המחקר (ברירת מחדל, כפופה לכיול על פי אופי המחקר והתפתחותו).

משקל	היבטים שיוערכו	מרכיבים
15-35%	הצגה ברורה של מטרות המחקר ושאלות החקר, שליטה ברקע התיאורטי, העקרונות וההנחות עליהן מושתת המחקר, הבנת משמעות כל ביטוי המופיע בעבודה הכתובה	הצגת המרכיב העיוני
15-35%	תיאור מלא של המערך הניסויי, שיקולים של ניסוי ושל דרכי מדידה, הסבר ע לשיפור המערכת והתאמה למחקר ולתהליך המדידה (התייחסות לאילוצים), שליטה בשלבי פתרון נומרי וסימולציות	הצגת המרכיב הניסויי
40%	הנמקת ייצוגים של המדידות (ודיוק המדידה) ושל דרכי עיבוד הנתונים וניתוחם, הצגת המסקנות, השוואה בין תיאוריה לבין ניסוי, התמודדות עם פערים, סבירות התוצאות, התייחסות למחקרים אחרים	הצגת עיבוד הנתונים והמסקנות
10%	איכות כללית של ההצגה : בהירה, עניינית, קוהרנטית. שליטה ב"שפה פיזיקלית".	הצגת המחקר