



הפיקוח על הוראת הפיזיקה



אגף א' למדעים
המזכירות הפדגוגית משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א למדעים

חוזר מפמ"ר – פיזיקה בגישה חוקרת

תוכן העניינים

1. מבוא 2
2. מסלולי "פיזיקה בגישה חוקרת", 45% 2
 - 2.1 מסלול פרויקט שנתי 3
 - 2.1.1 תכנית הלימודים 3
 - 2.1.2 נהלים להפעלה 3
 - 2.1.3 תוצרי הלמידה 3
 - 2.1.4 הערכה 5
 - 2.2 מסלול תלקיט פעילויות מעבדה בגישה חוקרת 5
 - 2.2.1 תכנית הלימודים 5
 - 2.2.1 נהלים להפעלה 7
 - 2.2.2 תוצרי הלמידה 7
 - 2.2.3 הערכה 7
3. "מבואות לחקר": פיזיקה בגישה חוקרת כבסיס למסלול "שאלון בפיזיקה מחקרית" 8
 4. התפתחות מקצועית של מורים 8
 - 4.1 תכנית הכשרה, בהיקף 120 שעות 8
 - 4.2 גרעין החקר – השתלמות שנתית, בהיקף 60 שעות 9
 - 4.3 בעלי תפקידים: המורה, הרכז פדגוגי, והמנחה אקדמי 9
 - 4.3.1 המורה 9
 - 4.3.2 הרכז הפדגוגי 9
 - 4.3.3 המנחה האקדמי 10
 5. מחווני הערכה לבחינת הבגרות במסלולי "פיזיקה בגישה חוקרת" 10
 - 5.1 מחוון ההערכה במסלול פרויקט שנתי 10
 - 5.2 מחוון הערכה במסלול תלקיט פעילויות מעבדה בגישה חוקרת 11
 6. תנאי הסף להפעלת "פיזיקה בגישה חוקרת" 13
 - 6.1 מעבדה 13
 - 6.2 לבורנט 13
 - 6.3 השכלה והכשרה של המורה 13
 - 6.4 היקף שעות הוראת התכנית 13

1. מבוא

משרד החינוך מקדם תכניות משלבות חקר במגוון רמות בתוך לימודי ה-5 יח"ל ובשאלון תוספתי בהיקף 5 יח"ל, "שאלון בפיזיקה מחקרית".

מטרות התכניות משלבות החקר היא לאפשר לתלמידים להתמודד עם בעיות שעבורם אינן מוגדרות היטב, להקנות להם פרקטיקות של חקירה מדעית בד בבד עם למידת תחום התוכן ולחבר בין מקצוע הפיזיקה לבין מרחב העשייה המדעית-טכנולוגית המודרנית. עבור המורים, מטרת שילוב החקר בלימודי הפיזיקה היא להעצים אותם כפיזיקאים, לחזק את הקשר שבינם לבין התלמידים ולקדם את ההוראה בכל מסגרות עבודתם.

בוגר תכניות המשלבות חקר הוא תלמיד שהתמחה במרכיבי העבודה הניסויית-מחקרית בפיזיקה. בפרט, להתמקד בתופעה ולפשט אותה: לזהות גדלים פיזיקליים מרכזיים בתופעה; לחדד שאלה העוסקות בקשרים אפשריים בין גדלים אלו; לתכנן ולהוציא אל הפועל מערכת ניסוי ומערך מדידה (שאינו מוגדר מראש) שמאפשרים לתת מענה לשאלה, ולשפרם לפי הצורך; לבצע אנליזה של המדידות ולהגיע לממצאים המתאימים לשאלה; לבדוק התאמת הממצאים למודל ראשוני, ובמידה ואין התאמה, בגבולות השגיאה, לעדן את המודל הראשוני על סמך הממצאים (או את המודל המנבא/מסביר את התנהגות התופעה על סמך חוקי טבע, או את המודל המבוסס על המדידה הניסויית); ולבצע שיח בין עמיתים לשיתוף פעולה, למתן וקבלת ביקורת, לניסוח טיעונים מדעיים מבוססים ועוד.

חוזר זה מפרט את התכניות המשלבות חקר:

(1) שני מסלולי "פיזיקה בגישה חוקרת" המקנים תגמול של 45% בתוך 5 יח"ל של השאלון הראשי 036580. מסלול **פרויקט שנתי** (מבוסס על המסלול שנקרא בעבר – "פרויקטים בהיקף 2 יח"ל") ומסלול **תלקיט פעילויות מעבדה בגישה חוקרת** (מבוסס על המסלול שנקרא בעבר – פל"א).

(2) "מבואות לחקר" – שלב ההכנה לקראת עבודה על פרויקט רב שנתי בתוך השאלון התוספתי בהיקף 5 יח"ל "שאלון בפיזיקה מחקרית".

חוזר מפמ"ר נפרד יוקדש לשאלון "פרויקט בפיזיקה מחקרית".

2. מסלולי "פיזיקה בגישה חוקרת", 45%

החל משנת תשע"ט שילוב "פיזיקה בגישה חוקרת" בהיקף 45% יעשה באחד משני המסלולים האפשריים הבאים, בהתאם לשיקול דעתו של המורה: מסלול **פרויקט שנתי** (מבוסס על המסלול שנקרא בעבר – "פרויקטים בהיקף 2 יח"ל") ומסלול **תלקיט פעילויות מעבדה בגישה חוקרת** (מבוסס על המסלול שנקרא בעבר – פל"א). מסלולים אלו הם בנוסף ללימודי החובה (מכניקה ואלקטרומגנטיות 55%).

שאלוני "פיזיקה בגישה חוקרת" הם השאלונים הבאים:

036288, פיזיקה בגישה חוקרת, חלופות הערכה, 30% (במקום שאלון 036283);

036286, פיזיקה בגישה חוקרת, בחינה בע"פ, 15% (במקום שאלון 036376).

ציון הבחינה החיצונית יהווה 10.5% מהציון הכולל.

ההערכה באמצעות מספרי שאלונים אלה מותנית בהשתתפות של המורה/המנחה בהשתלמות שנתית במסגרת גרעין חקר (ראו בפרק העוסק בהתפתחות המקצועית של המורים). מורה המנחה פרויקטים שנתיים או פל"א, אך אינו משתתף בגרעין חקר – אינו יכול להגיש לשאלוני "פיזיקה בגישה חוקרת".

2.1. מסלול פרויקט שנתי

2.1.1. תכנית הלימודים

לתוכנית הלימודים שני מרכיבים:

1. פרויקט רב שנתי בהיקף של 45%.
על הפרויקט להכיל מרכיבים אשר יהוו העשרה, העמקה והרחבה לתוכנית הלימודים בפיזיקה. הפרויקט יכיל מרכיב של "ניסוי אמת" אשר יבוצע ע"י התלמיד ולא רק מרכיבים וירטואליים (סימולציה או אנימציה).
2. מעבדות חובה (בהיקף של 10% מציון הבוחן החיצוני).
על התלמידים להגיע לבחינה עם תלקיט של ארבעה דוחות מעבדה, שתי פעילויות בנושאי החובה במכניקה ושתיים באלקטרומגנטיות.

2.1.2. נהלים להפעלה

קבוצת העבודה על הפרויקט: פרויקט יוגש ע"י תלמיד בודד או ע"י זוג תלמידים בלבד. לא יאושר ליותר משני תלמידים לעבוד על פרויקט אחד.
הגשה של הצעה לפרויקט: בתחילת העבודה על המורה להגיש לאישור הפיקוח את תכנית העבודה עם התלמידים, עד 15 בינואר של שנת הלימודים. תכנית העבודה תוגש באמצעות **טופס "הצעת פרויקט"** ותכלול את הנושא לפרויקט ותיאור כללי שלו, ואת רשימת ארבע מעבדות החובה.
מהלך העבודה על הפרויקט. תלמיד או זוג תלמידים המבצעים פרויקט ינהלו "יומן פרויקט" בו יתעדו את מהלך העבודה: פגישות עם המנחה, שלבי התקדמות, ממצאים, בעיות מיוחדות שעלו במהלך העבודה וכן סקירת ספרות רלוונטית.
יומן הפרויקט יצורף לחוברת הפרויקט ויהווה חלק בלתי נפרד ממנו.
הפרויקט יסתיים ויוגש עד סוף חודש מאי של שנת הלימודים. הבחינה תתקיים לכל המאוחר בתאריך 20.6, בכל שנה.

2.1.3. תוצרי הלמידה

ארבעה דוחות מעבדה: ניתן להיעזר בתבנית המוצעת ב**אתר מורי הפיזיקה**.
עבודה המתארת את הפרויקט: יש להעדיף הצגת שאלות מחקר אחדות על פני שאלת מחקר יחידה. העבודה תתבסס על לפחות שלושה מקורות מידע (שונים) שיאושרו ע"י המנחה. להלן פרטים על האופן שבו יעוצב מסמך העבודה ועל מרכיבי העבודה.

א. עיצוב. מסמך העבודה יכתב בעזרת גופן בעברית David, גודל הגופן: 12 בטקסט, 16 בכותרות; גופן באנגלית: Times New Roman, גודל הגופן: 12 בטקסט, 16 בכותרות; מרחק בין שורות – 1.5.

ב. מרכיבי העבודה.

1. דף שער שיכלול:

- שם בית הספר וסמלו.
- נושא הפרויקט
- שמות מבצעי הפרויקט, כולל מספר ת"ז וכיתה.
- שם המנחה ושם המורה
- תאריך ההגשה

2. תוכן עניינים (כולל מספור עמודים מתאים)

3. **תקציר העבודה** - עד 250 מילים.
- התקציר יכלול בקצרה את שאלות המחקר, השערת המחקר, שיטת המחקר, ממצאים עיקריים ומסקנות חשובות.
4. **רקע תאורטי** (20%), עד 5 עמודים:
- חומר רקע לנושא מהספרות.
 - במידה ונערכו ניסויים בנושא יש לציין זאת.
 - החוקים הפיזיקאליים עליהם מבוסס המחקר.
 - הסבר מושגי יסוד הקשורים לנושא המחקר.
5. **ניסוח שאלת המחקר** (10%), עד עמוד אחד ובו יתואר:
- מהי שאלת המחקר
 - העלאת השערות לתוצאות המצופות לשאלות המחקר
6. **תכנון המחקר והשיטות לביצועו** (20%), עד 4 עמודים בהם יתוארו:
- מערכת הניסוי - הן מילולית והן באמצעות צילום או איור.
 - הגדלים הפיזיקאליים הנמדדים.
 - תהליך ביצוע המדידות- כיצד נמדדים גדלים אלו.
 - מגבלות המערכת ודיוק המדידה.
 - יש לצרף תצלום המערכת בזמן שהתלמיד עובד עליה ומבצע מדידות.
7. **תוצאות** (30%)
- הצגת תוצאות בעזרת טבלאות, גרפים, צילום וכדומה.
 - ניתוח תוצאות המדידה.
 - התייחסות למקורות השגיאה אפשריים במערכת הניסוי והערכת משמעות השגיאות.
 - הצגת הקשר בין ממצאי הניסוי לבין החומר התאורטי.
8. **מסקנות, דיון ורפלקציה** (20%)
- כיצד תוצאות הניסוי עונות על שאלת החקר.
 - כיצד ניתן להרחיב את החקר לנושאים נוספים הסמוכים לנושא הנבחר.
 - המלצות לשיפור המערכת.
 - מומלץ שהתלמיד יתייחס למשמעות התוצאות (התפתחות הפיזיקה, מידת שימושיות ועוד).
 - משוב עצמי של התלמיד על העבודה כולה, כולל קשיים שעלו במהלך העבודה ודרכי ההתמודדות עימם.
9. **ביבליוגרפיה.**
10. **נספחים:**
- אם המטלה כוללת הכנת סרטון, מצגת, או פיתוח אתר וכד', יש ללוות את התוצר הסופי בנספחים.
 - יומן המחקר של התלמידים.
 - תיעוד ניסויים נוספים שלא הצליחו.

2.1.4. הערכה

הערכה חיצונית תתבצע ע"י בוחן חיצוני.

מרכיבי הבחינה החיצונית: 15% (מתוך 45%).

בבחינה התלמיד יציג בע"פ את עבודתו על הפרויקט באמצעות מצגת. ההצגה של התלמיד תארך עד 15 דקות. קריטריונים להערכת ההצגה:

- המצגת תכיל את כל אחד ממרכיבי העבודה (כל אחד מהפרקים 3-8).
 - המצגת תהיה אסטטית ומאורגנת כך שתציג ביעילות את תכני הפרויקט.
 - אב הטיפוס או מערכת הניסוי, במידה וישנם – מהווים חלק אינטגרלי מההצגה.
 - על התלמיד לגלות בקיאות בתכני מקורות המידע.
- במהלך הצגת הפרויקט ו/או בסופה, התלמיד ישאל ע"י הבוחן שאלות הקשורות לנושא העבודה. בנוסף התלמיד ישאל 1-2 שאלות על מעבדות החובה.

בתום הבחינה, הבוחן ימלא קובץ אקסל ועל פיו ידווח על הציון בטופס 9588. הקובץ וההסברים למילוי שלו מופיעים בסעיף 5 שבו מפורטים מחווי הערכה לבחינה.

2.2. מסלול תלקיט פעילויות מעבדה בגישה חוקרת

2.2.1. תכנית הלימודים

במסלול זה התלמידים בונים תלקיט הכולל לפחות 10 פעילויות ניסוייות בגישת חקר – פעילויות המערבות את התלמיד בתכנון חקירה של תופעה פיזיקלית, הוצאה לפועל, בקרה, שכלול ודיווח על החקירה. הן הפעילויות, והן הדיווח על הפעילויות, יבוצעו בצוותים של 2-3 תלמידים. נושאי הפעילויות נתונים לבחירתו של המורה ובחלקן גם לבחירת התלמידים. עם זאת, לכל היותר 70% מהפעילויות יעסקו בנושאים מתוך נושאי החובה (לכל היותר יחס של 40-60 בין מכניקה לבין חשמל ומגנטיות), ולפחות 30% יעסקו בנושאים תוספתיים (לדוגמה, תנועת גוף בתווך צמיג, חקירת תופעות בהשראה, אופטיקה גיאומטרית, גלים, גוף קשיח). התלמיד יתנסה בפעילויות בגישת החקר בשלוש רמות חקירה בחמישה תחומים מרכזיים, כמפורט להלן:

רמות החקר

רמת החקר תיקבע לפי סולם של שלוש רמות: חקר בסיסי, חקר ביניים ופרויקט רב-שבועי.

- **חקר בסיסי:** פעילות העוסקת באחד מהתחומים המרכזיים הרשומים מעלה במטרה להקנות את הפרקטיקות המפורטות בו, כאשר היתר אינם מתבצעים בגישת החקר (לדוגמה: פעילות בה התלמידים מתבקשים להסביר את שיקולי הדעת באופן עיצוב מערכות ניסוי נתונות לניסויי המעבדה המסורתיים).
- **חקר ביניים:** פעילות ניסויית העוסקת בלפחות 2 מהתחומים המרכזיים הרשומים מעלה, במטרה לאפשר לתלמיד להגדיל את עצמאותו בניהול עצמי של חקירה של תופעות פיזיקליות. שאר מרכיבי הפעילות אינם מתבצעים בגישת החקר.
- **פרויקט רב שבועי:** הפרויקט הרב שבועי עוסק בכלל התחומים.

תחומי חקר מרכזיים

א. מיקוד החקירה

- **ניסוח מטרות ושאלות לניסוי החוקר תופעות בעולם האמיתי.**
פישוט התופעה וזיהוי הגדלים הפיזיקליים המעורבים. ניסוח ראשוני של מטרות חקר ושל שאלות חקר מעניינות, בעלות פוטנציאל לפתח ידע חדש לתלמיד ולחזק ידע קיים. עידון המטרות והשאלות בהתאם לממצאים.

ב. ניסוח השערה או ניתוח תאורטי של התופעה

- לימוד עצמאי של חומר רקע עיוני הרלוונטי להסבר התופעה.
- פישוט התופעה בעולם האמיתי (תוך ניסוח הנחות וקרובים והצדקתם) לחלופין:
- **ניסוח של השערה איכותית** במונחי המשתנים התלויים והב"ת, והצדקתה על בסיס התנסות קודמת.
- **שימוש בחוק כללי מוכר (חוק תאורטי), לחיזוי התופעה הניסויית:** ייצוג התופעה באמצעות מודל מתמטי המשתמש בחוקי טבע (קשרים תאורטיים בין גדלים פיזיקליים). פתרון אנליטי או נומרי של המודל לחיזוי התנהגות התופעה על בסיס המודל.

ג. תכנון וביצוע החקירה ניסויית

- **תכנון העבודה הניסויית בכדי לתת מענה למטרות/לשאלות.** הכנת תכנית למערך ניסוי הדואג לבידוד משתנים, צמצום גורמי שגיאה וכדומה, תוך התחשבות באילוצי המעבדה הבית ספרית, הלו"ז וכו'. תכנון שלבי העבודה. **הוצאה אל הפועל, בחינה ושכלול של מערכת הניסוי.** היכרות עם מגוון טכניקות מדידה, בחירה מושכלת של מכשירי וטכניקות מדידה המבוססת על היכרות של מגבלותיהם והתחשבות בהן. שכלול מערך הניסוי בהתאם לממצאי ביניים ולהשוואה בין ממצאי הניסוי להשערה מבוססת תאוריה (או איכותית), אם בוצע.
- **הצגת תוצאות מדידה במגוון ייצוגים** בהתאם לצורך (טבלאות, גרפים, צילום וכדומה).
- **ניתוח הנתונים** בכלים סטטיסטיים מתאימים.
- **ניסוח מסקנות,** בפרט בניה של מודל ניסויי (דוגמת ביטוי מתמטי לקו המגמה) הנותן מענה למטרת/שאלת החקר, תוך התייחסות לתקפות ומגבלות הממצאים בהתחשב באי הודאות במדידות, והצעת הצעות להמשך החקירה.

ד. השוואה בין מודל ניסויי להשערה

- השוואה בין המודל הניסויי והניתוח התאורטי או ההשערה האיכותית במטרה להסיק מסקנות על הנחות הפישוט שנלקחו, והמודלים שנבנו, ולהציע הצעות להמשך החקירה - איטרציות נוספות של מידול אמפירי או תאורטי.
- **זיהוי של תבניות והצעה של כללים שיסבירו את התופעה הניסויית,** שלאחר שייבחנו במגוון רחב של הקשרים ניתן יהיה להכלילם ובמידת האפשר להשוותם לתאוריה קיימת.

ה. שיח בין עמיתים

- **ארגון העבודה ושיתוף פעולה** בצוות
- **תיעוד** בהיר ומקיף ביומן חוקר

- **דיווח** בהיר וממוקד לעמיתים בכתב ובע"פ – הצגת טיעונים המסתמכים על ממצאי הניסוי תוך עשיית שימוש בייצוגים מבהירים את הטיעון המדעי.
- **השתתפות בדיון** תוך מתן ביקורת בונה והתייחסות עניינית לביקורת עמיתים.

2.2.1. נהלים להפעלה

בכיתה יב, עד 15 בדצמבר בכל שנה, על המורים להגיש לאישור את רשימת הפעילויות שיוצגו בתלקיט, כמפורט בסעיף תוצרי הלמידה שלהלן.

2.2.2. תוצרי הלמידה

כל תלמיד יבנה תלקיט אישי. התלקיט יכלול **לפחות** 10 דיווחים על הפעילויות שבוצעו במסגרת פיזיקה בגישה חוקרת, בהיקף כולל של **לפחות** 80 שעות לימוד בכיתה. החלוקה של רמות החקר בתלקיט:

מס' פעילויות	היקף שעות כיתה לפעילות	רמת חקר
לכל היותר 7	4-5	בסיס
לפחות 3	8-10	ביניים
1 – חובה	15-25	פרויקט רב שבועי

החלוקה של התכנים בתלקיט:

לכל היותר 70% מהפעילויות יהיו מנושאי החובה מכניקה וחשמל (לכל היותר יחס של 60-40 בין מכניקה לבין חשמל ומגנטיות). לפחות 30% יעסקו בנושאים תוספתיים (לדוגמה, תנועת גוף בתווך צמיג, חקירת תופעות בהשראה, אופטיקה גיאומטרית, גלים, גוף קשיח).

2.2.3. הערכה

ההערכה במסלול זה משולבת הערכה בית ספרית (30%) בשאלון 036288, והערכה חיצונית (15%) 036286.

הערכה בית ספרית (30%)

הערכה בית ספרית תתקיים במתכונת שכל מורה קובע לעצמו. מוצע לשלב במסגרת ההערכה הבית ספרית שני מרכיבים מרכזיים:

א. הערכה שוטפת של הפעילויות אשר בתלקיט של התלמיד (החל בדיווחים בכתב ובע"פ של התלמידים על תהליכים ותוצרים של פעילויות וכלה במבחנים המתייחסים לנושאים התוספתיים).

ב. בנוסף, הערכה של הצגה בה ידווח הפרויקט הרב שבועי והצוות יגן על הפרויקט.

אמנם הפעילויות מתבצעות בצוותים, אך המורה ראשי להבחין בין התלמידים על פי התרשמותו ממידת מעורבותם בעבודה. במידת האפשר יתקיימו ירידי חקר בהם התלמידים מציגים את עבודותיהם לציבור רחב יותר.

הערכה חיצונית (15%)

תתקיים בחינה בע"פ על ידי בוחן חיצוני שמשכה לא יעלה על חצי שעה, לתלמיד. התלמיד ייכנס לבחינה עם התלקיט המלא. הבחינה תתמקד בפרויקט הרב שבועי ובפעילות נוספת על פי בחירת התלמיד. על הפעילויות שיוצגו בבחינה לשקף את למידת פרקטיקות החקירה בתחומים המרכזיים שפורטו לעיל. על הפעילויות לייצג שני נושאי חובה שונים או שילוב נושא חובה ונושא תוספתי. הצגת התלמיד תכלול 3 מרכיבים:

- מבוא – הסבר כיצד הפעילויות משקפות את למידת פרקטיקות החקירה.
- דיווח על הפעילויות – הצגת החקירה, בהתאם למחווון המפורט בפרק 5.2.
- רפלקציה – על תהליך הלמידה.

בתום הבחינה, הבוחן ימלא קובץ אקסל ועל פיו ידווח על הציון בטופס 9588. הקובץ וההסברים למילוי שלו מופיעים בסעיף 5 שבו מפורטים מחווני הערכה לבחינה.

3. "מבואות לחקר": פיזיקה בגישה חוקרת כבסיס למסלול "שאלון

בפיזיקה מחקרית"

"שאלון בפיזיקה מחקרית" הוא מסלול תוספתי של 5 יח"ל המיועד לתלמידים הלומדים פיזיקה ברמת 5 יח"ל ומעוניינים להתנסות בפרויקט מחקרי רב שנתי. פרטים על "שאלון בפיזיקה מחקרית" ראו בחוזר נפרד.

"שאלון בפיזיקה מחקרית" נלמד במשך 3 שנים, י-יב. על הפרויקט הרב-שנתי יעבדו התלמידים בזוג, לכל המאוחר החל מאמצע כיתה יא. עד אז יוקדשו שעות הלימוד בהיקף של 80 שעות לפחות לנושאים הבאים:

- (1) להרחבת ידע התוכן של התלמידים;
- (2) להקניה שיטתית של פרקטיקות חקר שאמורות לעזור לתלמידים להתמודד עם הפרויקט הרב שנתי. לדוגמה, זיהוי בעיה, תכנון מערכת ניסויית ועדכונה, יכולות דיווח בכתב ובע"פ. לפיכך, בשעות אלו מומלץ שהתלמידים יתנסו בפעילויות שיש בהן מרכיב ניסויי ברמת חקר הולכת ועולה ובמגוון נושאים בפיזיקה. לשם כך ניתן להיעזר בחומרים שונים שפותחו לשם כך. למשל, אוגדן פעילויות – כיתה י מחקרית¹, שנוסה במהלך תשע"ז בכתה האזורית שהופעלה במכון דוידסון למדע חינוכי. פירוט נרחב יותר על תכנית הלימודים ודרכי ההיבחנות ב"שאלון בפיזיקה מחקרית" ראו בחוזר נפרד.

4. התפתחות מקצועית של מורים

4.1 תכנית הכשרה, בהיקף 120 שעות

מורה המעוניין להגיש את תלמידיו לבגרות במסלול "פיזיקה בגישה חוקרת" לשאלונים 036288 (הערכה בית ספרית, 30%) ו-036286 (הערכה חיצונית 15%) – חייב להשתתף בתכנית הכשרה בהיקף של 120 שעות השתלמות באחד מהמרכזים הבאים: בית מדרש "נקודת ארכימדס" במרכז אחר"ת, המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע.

¹ למעבר לאוגדן יש להעתיק את הקישור: <https://drive.google.com/drive/folders/0BxSd6fsBoq-TOUVPbTVqV2NQR1U?usp=sharing>

4.2. גרעין החקר – השתלמות שנתית, בהיקף 60 שעות

מורה המעוניין להגיש את תלמידיו לבגרות במסלול "פיזיקה בגישה חוקרת" לשאלונים 036288 (הערכה בית ספרית, 30%) ו-036286 (הערכה חיצונית 15%) – חייב להשתתף במהלך שנת לימודים ב"גרעין חקר", השתלמות בהיקף 60 שעות. בגרעין המורים והמנחים של התלמידים מציגים פעילויות, מעלים דילמות בהנחיה, דנים בסוגיות מדעיות ומפיקים לקחים מתהליך התקדמות התלמידים. לכל "גרעין חקר" יש מנחה אקדמי ורכז פדגוגי, כמופרט בסעיף העוסק בבעלי תפקידים.

4.3. בעלי תפקידים: המורה, הרכז פדגוגי, והמנחה אקדמי

בהשתלמות "גרעין החקר" שלושה בעלי תפקידים מרכזיים: המורה המשתלם, רכז פדגוגי ומנחה אקדמי. להלן תיאור של כל אחד מהתפקידים.

4.3.1. המורה

המורה המשתלם הוא המנחה שעובד עם התלמידים במסלול "פיזיקה בגישה חוקרת". בהיבט הגרעין: עליו לעמוד בחובות של ההשתלמות ולקבל קרדיט על ההשתתפות בהשתלמות, בהתאם להוראות משרד החינוך. בהיבט ההפעלה עם התלמידים: באחריותו לעמוד בדרישות כפי שפורטו לעיל. מצופה מהמורה לגוון בפרויקט השנתי או בפעילויות שבתלקיט, ממחזור למחזור של תלמידים.

4.3.2. הרכז הפדגוגי

הרכז הפדגוגי הוא מורה לפיזיקה בעל ניסיון בהנחיית פרויקטים או הוראה של אחד ממסלולי "פיזיקה בגישה חוקרת" או "פיזיקה מחקרית", בעל תואר בפיזיקה או בהוראת המדעים. הרכז הפדגוגי אחראי על השתלמות הגרעין ועל ההפעלה של "פיזיקה בגישה חוקרת" בבתי הספר, לפי הפירוט: השתלמות הגרעין:

- הוצאה לפועל של ההשתלמות ולו"ז המפגשים.
 - עיצוב התכנים והמשימות בהם יעסקו המורים בהשתלמות, במשותף עם המנחה האקדמי.
 - תמיכה במשתלמים להשלמת ההשתלמות.
- ההפעלה של "פיזיקה בגישה חוקרת" בבתי הספר:
- פיקוח על ההתאמה בין מספר השעות שניתנו ע"י משרד החינוך לבין מספר השעות בבית הספר – וידווח על כך לפיקוח.
 - תמיכה פדגוגית ביישום תכנית הלימודים המפורטת לעיל.
 - מתן משוב ו/או אישורים לדרישות המופיעות בסעיפי ה"נהלים להפעלה" (תוך חודש מיום ההגשה).
 - סיוע לבתי הספר במלוי "קול קורא".
 - אישור בתי הספר המתאימים להיבחן בשאלוני "פיזיקה בגישה חוקרת" 036288 ו-036286.
 - שיבוץ בוחנים לבתי הספר.

4.3.3. המנחה האקדמי

המנחה האקדמי הוא בעל תואר בפיזיקה ו/או הוראת המדעים. המנחה האקדמי ישתתף במפגשי רכזים ארציים. המנחה האקדמי הוא הדמות המקצועית האחראית בפני משרד החינוך לרמתם הנדרשת של הפרויקטים שמגישים התלמידים (פרויקט שנתי או רב-שבועי).
תפקידי המנחה האקדמי:

- לעצב את התכנים והמשימות בהם יעסקו המורים בהשתלמות, במשותף עם הרכז הפדגוגי.
- לתמוך ולייעץ מבחינה אקדמית במגוון הנושאים בפיזיקה, ובחקירה המתבצעת בנושאים אלה במסגרת הפרויקט השנתי או הפרויקט הרב-שבועי.
- להעריך ולתמוך בהשגת הרמה הנדרשת של הפרויקט השנתי ו/או של הפרויקט הרב-שבועי.

5. מחווני הערכה לבחינת הבגרות במסלולי "פיזיקה בגישה חוקרת"

5.1. מחוון ההערכה במסלול פרויקט שנתי

מומלץ לקבוע תחילה ציון על העבודה הכתובה, עוד לפני הפגישה עם התלמידים, אם-כי יש לדעת שלעיתים העבודה הכתובה אינה מייצגת את מה שהתלמידים יודעים ומסוגלים להציג. הבחינה תיערך בנוכחות המנחה של התלמידים. ייתכן שהמנחה יחלוק על ההערכות של הבוחן. באם כתוצאה מדיון עם המנחה הבוחן שינה את דעתו – יש להעביר סיכום קצר של הדיון אל הפיקוח.
כיון שישנם פרויקטים שונים, הנבדלים זה מזה במשקל המרכיבים העיוניים או המעשיים, חשוב לאפשר "כיוול" של המחוונים כך שהם ייצגו את המשקל של המרכיבים בעבודה. ההחלטה על משקל כל מרכיב תקבע לפני תחילת הבחינה. בקובץ האקסל שבו רשומים המשקלים ניתן לשנותם והציון משתקלל בהתאם (אין צורך בכתיבת פונקציות חדשות).

מחוון העבודה הכתובה:

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%

מחווון הערכת הצגת הפרויקט

מרכיבים	היבטים שיוערכו	משקל
הצגת המרכיב העיוני	הצגה ברורה של מטרות המחקר ושאלות החקר, שליטה ברקע התיאורטי, העקרונות וההנחות עליהן מושתת המחקר, הבנת משמעות כל ביטוי המופיע בעבודה הכתובה והמוצגת. הפגנת שליטה בתיאוריה. שיח רהוט, כמענה לשאלות. הבחנה בין עיקר לטפל.	15-35%
הצגת המרכיב הניסויי	תיאור מלא של המערך הניסויי, שיקולים של ניסויי ושל דרכי מדידה, הסבר על שיפור המערכת והתאמה למחקר ולתהליך המדידה (התייחסות לאילוצים), שליטה בשלבי פתרון נומרי וסימולציות. הפגנת שליטה על מערכת הניסוי. שיח רהוט, כמענה לשאלות.	15-35%
הצגת עיבוד הנתונים והמסקנות	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. שיפורים והצעות למחקרי המשך. הפגנת שליטה בנתונים והמסקנות. שיח רהוט, כמענה לשאלות. יכולת ביקורת עצמית.	40%
הצגת המחקר	איכות כללית של ההצגה: בהירה, עניינית, קוהרנטית. שליטה ב"שפה פיזיקלית".	10%

מצורף קישור [לקובץ אקסל לבחון פרויקט](#).

5.2 מחווון הערכה במסלול תלקיט פעילויות מעבדה בגישה חוקרת

המשקל	המרכיב	תיאור
10%	מבוא	התלמידים יציגו את הפעילויות עליהן יבחנו ויצדיקו בחירה זו <u>באופן מעמיק</u> . כלומר: מדוע אלו פעילויות המציגות את תהליך הלמידה. אין להסתפק בתשובות כגון: זה הכי מעניין אותי, או מזה הכי נהנית. על התלמיד לשכנע שאכן יש משהו מעניין בפעילות. דוגמאות לתשובות מצופות: 1. בחרתי להיבחן על פעילויות בהן העשרתי את הידע שלי. למשל בפעילות הראשונה: בכיתה אנחנו למדנו על גופים נופלים ומזניחים את החיכוך עם האוויר, בפעילות זו קיבלתי הזדמנות לבחור מצב הקרוב ביותר למציאות בה יש חיכוך עם האוויר. 2. בחרתי שתי פעילויות שבאמצעותן אני יכול להדגים כיצד הפכתי להיות מיומן בשאילת שאלות, כיצד יישמתי את המשוב שקיבלתי על פעילות אחת בפעילות מתקדמת יותר.
70%	דיווח על הפעילויות	התלמידים ידעו לעשות שימוש בפעילויות מתוך התלקיט כדי להציג את תהליך הלמידה שלהם במעבדה בהתייחס לפרקטיקות החקירה. פירוט במחווון המובא מתחת לטבלה המתייחס הן למרכיבים הניסויים והן לתיאוריה.

10%	רפלקציה	התלמידים יבצעו רפלקציה על תהליך הלמידה שלהם באמצעות התלקיט הכולל את כלל פעילויות החקר שבוצעו במהלך הלמידה (גם אלו שלא נבחרו לבחינה). דוגמאות לשאלות: 1. מייך את הפעילויות שבתלקיט שלך ל-2-3 קבוצות והגדר את המשותף בכל קבוצה. 2. אילו הייתה ניתנת לך הזדמנות, על מי מהפעילויות היית מוותר? על מי לא היית מוותר? מדוע.
10%	התרשמות כללית	ארגון וסדר, רהיטות, הבחנה בין עיקר לטפל, עמידה בזמנים וכדומה.

דיווח על הפעילויות: מרכיבי ההערכה

70% מהציון על הבחינה החיצונית יינתן על ההערכה של היבטי פרקטיקות חקירה מתוך הפירוט שלהלן.

א. מיקוד החקירה

- תיאור של התופעה שנבחרה לחקירה במונחים פיזיקליים:
- פישוט התופעה – הגדרת גדלים קבועים ומשתנים הרלוונטיים להיבטים שמעניין לחקור בה.
- הגדרת משתנים בלתי תלויים ותלויים.
- ניסוח שאלה המתייחסת לקשר בין משתנים הניתנים למדידה כמותית.

ב. ניסוח השערה או ניתוח תאורטי של התופעה

- ניסוח הנחות וקרובים כבסיס לניתוח התופעה.
- ניסוח של השערה איכותית במונחי המשתנים התלויים והב"ת, והצדקתה על בסיס התנסות קודמת.
- לחלופין: ניתוח תאורטי של התופעה
 - הבנה של המושגים והעקרונות התאורטיים שישמשו לניתוח התופעה
 - בניה ופתרון של מודל מבוסס תאוריה
 - במקרה הצורך - התייחסות לשגיאה בניתוח התאורטי (לדוגמא - קרוב נומרי).

ג. תכנון וביצוע החקירה הניסויית

- הצגת השיקולים בבניית מערך ניסוי הדואג לבידוד משתנים ולצמצום גורמי שגיאה.
- ייצוג ויזואלי מפורט של מערכת הניסוי והסבר התפקיד של מרכיבי המערכת.
- תיאור של רצף שלם ומקיף של שלבי הניסוי והסבר התפקיד של כל שלב.
- הצגה של האמצעים שנקטו לשיפור הדיוק במדידה והסבר כיצד הם מסייעים לשיפור זה (חזרה על מדידות, הצלבת כלי מדידה שונים, שיפור מערכת הצילום וכו').
- הצגה של הקשיים שהתעוררו במהלך הביצוע והדרכים שנקטו להתגבר עליהם.
- הצגה של תוצאות המדידות בהתאם לצורך באופנים שונים, באופן עקבי: בטבלה, בגרף, ובביטוי אלגברי.
- ניתוח הנתונים בכלים סטטיסטיים מתאימים, הפקת מידע מהייצוגים השונים (למשל, מהגרף הפקת מידע באמצעות השיפוע ו/או נקודות החיתוך עם הצירים).

- ניסוח מסקנה/מסקנות
 - הצגה של מודל ניסויי המתבסס על הנתונים, דוגמת ביטוי מתמטי לקו המגמה, הנותן מענה למטרת/שאלת החקר.
 - התייחסות לתקפות ולמגבלות של הממצאים.
 - ד. **השוואה בין מודל ניסויי להשערה/ניתוח תאורטי**
 - השוואה בין ממצאי הניסוי וההשערה/הניתוח התאורטי, תוך התייחסות לשגיאה הניסויית.
 - במקרה של השערה מבוססת תאוריה – ביצוע הערכה של השגיאה היחסית בין המדידה לחיזוי התאורטי והשוואתה לאי הודאות במדידה.
 - בדיקה של סבירות ממצאי הניסוי (לדוגמה: בחינת מקרי גבול לביטויים שנמצאו).
 - הצעת חקירה נוספת בהתאם לממצאי החקירה, בפרט, בהתאם להשוואה בין ממצאי הניסוי להשערה מבוססת תאוריה או להשערה האיכותית
- ה. **דיווח** בהיר וממוקד בכתב ובע"פ – הצגת טיעונים המסתמכים על ממצאי הניסוי ועל ההשוואה להשערה מבוססת תאוריה או איכותית, תוך עשיית שימוש בייצוגים מבהירים את הטיעון המדעי. מצורף קישור [לקובץ אקסל לבוחן תלקיט](#).

6. תנאי הסף להפעלת "פיזיקה בגישה חוקרת"

6.1 מעבדה

בבית הספר קיימות מעבדות פיזיקה מצויידת כנדרש (כמפורסם באתר מפמ"ר פיזיקה) והתלמידים מבצעים בה ניסויים והדגמות במהלך כל שנות ההוראה.

6.2 לבורנט

בבתי הספר קיימת משרת לבורנט (טכנאי מעבדה) על פי התקן. לא ידונו בקשות לתקצוב של בתי ספר בהם מורי הפיזיקה משמשים כלבורנטים.

6.3 השכלה והכשרה של המורה

המורה המלמד הוא בעל תואר בוגר, מוסמך או ד"ר בפיזיקה, בהוראת הפיזיקה או במקצוע הנדסי "רווי פיזיקה" (המורה נמנה על קבוצת השכלה מסוג 1 או 2 כפי שמוגדר בחוזר המנכ"ל לרישיונות הוראה בפיזיקה). המורה סיים לימודי תעודת הוראה ובעל רשיון הוראה.

במקרים חריגים בהם התואר או תעודת ההוראה של המורה אינם עונים לדרישות או שהמורה המלמד נמצא על סף סיום חובותיו לקראת עמידה בתנאי הסף אלו - תוגש בקשה מנומקת בצרוף מסמכים, ליחידה המקצועית (מפמ"ר פיזיקה) שתגבש המלצה מנומקת.

מצופה שהמורה המלמד "פיזיקה בגישה מחקרית" הוא מורה שסיים את הכשרתו כ"מורה מומחה חקר" או לחילופין, נמצא על סף סיום חובותיו כ"מורה מומחה חקר".

במקרים חריגים בהם הכשרת המורה אינה עונה לדרישות אלו רשאי מפמ"ר פיזיקה לגבש המלצה מנומקת לאישור וועדת ההקצבות במטה.

6.4 היקף שעות הוראת התכנית

הוראת "פיזיקה בגישה חוקרת" תהיה בהיקף של 180 שעות כיתה, לפחות. הפעילויות הניסוייות המתקיימות במעבדה יכללו לכל היותר 24 תלמידים, בכל פעילות.