מדינת ישראל
משרד החינוך
מנהל חדשנות וטכנולוגיה
אגף א' – STEM
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הפיזיקה

הפיקוח על הוראת הפיזיקה

אגף מדעים

לכבוד
מורי הפיזיקה
מרכזי מקצוע הפיזיקה
מנהלי בתי הספר
שלום רב,

ירושלים, תשרי תשפ"ז
ספטמבר 2026 18

<u>חוזר מפמ"ר - בחינת הבגרות במעבדה בפיזיקה,</u>

<u>לפי תכנית ההיבחנות החדשה, תשפ"ז</u>

תוכן עניינים:

1. מבוא
2. מסלולי ההיבחנות במעבדה, משקלם ומבנה השאלונים
3. מספרי שאלונים לאוכלוסיות תלמידים, במסלולי ההיבחנות השונים
4. הטמעה ופיתוח מקצועי
5. פרקטיקות המעבדה בפיזיקה
6. דוגמאות לשאלה הנוספת בשאלון 036351 (לנבחנים במסלול ב)

העתקים:

גב' מירב זרביב, סמנכ"לית ומנהלת מנהל החדשנות והחינוך הטכנולוגי
הגב' מאיה גורדין – מנהלת אגף בכיר STEM
פרופ' רון ליפשיץ, יו"ר ועדת מקצוע הפיזיקה
גב' אינה זלצמן, סמנכ"לית בכירה ומנהלת המינהל הפדגוגי
מנהלי המחוזות, מנהלי מגזרים ופיקוחים
מר דויד גל – מנהל אגף בכיר בחינות
מנהלת אגף א' חינוך העל יסודי, המינהל הפדגוגי
פרופ' ירון להבי, מנהל המרכז הארצי למורי הפיזיקה
מפקחי תכניות הלימודים וחומרי הלמידה באגף א' מדעים, המזכירות הפדגוגית
מדריכי הפיקוח על הוראת הפיזיקה

1. מבוא

בהמשך ל"חוזר מפמ"ר בחינת הבגרות במעבדה בפיזיקה תשפ"ז ואילך" שפורסם בשנת תשפ"ו, החל משנת תשפ"ז מוטמע שינוי בבחינת הבגרות במעבדה העולה בקנה אחד עם מסמכי מדיניות בישראל ובעולם (PISA, NGSS, מערכת החינוך 2020-2030 מיומנויות דמות הבוגרת והבוגר) המגדירים מטרות למידה ופרקטיקות מעבדה המקדמות תרבות של ניסוי, חקר ומידול כמותי של תופעות הטבע. פרקטיקות המעבדה מפורטות להלן בסעיף 5.1.

כדי להנחיל תרבות זו בכיתת הפיזיקה בתיכון התקיימו במהלך השנים תשפ"ד-תשפ"ו השתלמויות מעבדה. בהשתלמויות, המורים הכירו תדריכי ממ"ח (מעבדה מעודדת חשיבה) – חומרי למידה שבעזרתם ניתן לקדם תלמידים להתמחות בפרקטיקות ניסוייות תוך ביצוע ניסויים מוכרים.

תדריכי ממ"ח בעברית ובערבית מפורסמים באתר מפמ"ר הפיזיקה. התדריכים הם חומרים בפיתוח של המרכז הארצי למורי הפיזיקה. מעת לעת יועלו לאתר המפמ"ר תדריכים נוספים.

חוזר זה מעדכן את החוזר שפורסם בשנת תשפ"ו, בפרט, עדכונים מבניים ותוכניים בנוגע למסלולי ההיבחנות בשנת תשפ"ז: מסלול א' - בחינה אחידה בכתב; מסלול ב' - בחינה משולבת בכתב ובעל פה.

תיאור המסלולים מפורסם באתר מפמ"ר פיזיקה.

כפי שפורסם בחוזר תשפ"ו, ההערכה בשנת תשפ"ז תשים דגש על שיקולי הדעת הנדרשים בפרקטיקה מס' 3 (עיצוב מערכת הניסוי ואיסוף הנתונים, פירוט בסעיף 5.2).

2. מסלולי ההבחנות במעבדה, משקלם ומבנה השאלונים

2.1. מסלול א: בחינה אחידה בכתב (בעבר, "מעבדת חקר")

טבלת השאלונים, מספריהם, משקלם והמבנה שלהם:

	מס' שאלון	מתי נבחנים	משקל	מבנה השאלונים
מכניקה	036361	י"א או י"ב	30%	בשאלון 6 שאלות. על התלמיד לענות על 3 שאלות משקל כל שאלה 33.3%
חשמל	036371	י"ב	25%	בשאלון 6 שאלות. על התלמיד לענות על 3 שאלות משקל כל שאלה 33.3%
מעבדה	036386	י"ב	15%	80% מהניקוד יתייחס לניסוי המבוצע במהלך הבחינה, ו-20% יתייחס ל-2 מתוך 8 ניסויים בהתאם להבהרות* להלן. במהלך הבחינה התלמידים רשאים להיעזר בתלקיט הדוחות האישי (מודפס).
הערכה בית ספרית	036283	י"ב	30%	

*** הבהרות:**

- פרקטיקות המעבדה יבואו לביטוי בכל אחד מחלקי הבחינה, בחלק הניסוי שמבוצע במהלך הבחינה ובחלק הבחינה שמתייחס לניסויים שבוצעו במהלך הלימודים.
- בחלק הבחינה שמתייחס לניסויים שבוצעו במהלך הלימודים, יופיעו 2 שאלות גנריות. בכל אחת מהן התלמידים יתבקשו להדגים חלק ממרכיבי פרקטיקה שיש להם ביטוי בניסוי. באחת השאלות התלמידים ידגימו באמצעות ניסוי במכניקה ובשאלה השנייה ידגימו באמצעות ניסוי בחשמל.

שני הניסויים שאליהם התלמידים יתייחסו בשנת תשפ"ז יהיו רק מתוך הרשימה של 8 הניסויים שלהלן. אין חובה לבצע את כל 8 הניסויים.

ניסויים במכניקה:

1. פעילות ניסויית לקביעת אופי (סוג) התנועה של גוף נופל.
2. חקירת התלות של התארכות הקפיץ בכוח הפועל עליו.
3. יישום החוק השני של ניוטון לחקירת התאוצה של מערכת דו גופית.
4. חקירת התנועה של מגנט במורד מסילת אלומיניום (נדרשים מושגים בסיסיים בחשמל ומגנטיות).
5. פעילות ניסויית לבחינת הקשר בין המתקף הכולל לבין השינוי בתנע.

ניסויים בחשמל:

1. פעילות ניסויית לבדיקת הקשר בין מתח ההדקים לבין הזרם בסוללה ובמערכת סוללות.
2. אופיינים של רכיבים חשמליים.
3. מדידת ערכו של הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי בעזרת החקירה של השדה המגנטי שנוצר במרכז סליל דק.

- בשנת תשפ״ז בלבד אין ניסויים שהוגדרו כ״ניסויי חובה״.
- מומלץ לבצע לפחות 4 ניסויים בעזרת **תדריכי ממ״ח** (מעבדה מעודדת חשיבה) על מנת לשקף את כל המרכיבים של הפרקטיקות הניסוייות, וכל המרבה – הרי זה משובח. התדריכים בעברית ובערבית מפורסמים באתר מפמ״ר הפיזיקה. התדריכים הם חומרים בפיתוח של המרכז הארצי למורי הפיזיקה. מעת לעת יועלו לאתר המפמ״ר תדריכים נוספים.

להלן קישור לטופס ההרשמה לבחינת הבגרות במעבדה, תשפ״ז.

2.2. מסלול ב: בחינה משולבת בכתב ובעל-פה (בעבר, ״מעבדה רגילה״)

קישור לטופס ההרשמה לבחינת הבגרות במעבדה, תשפ״ז.

שאלון 036376 יבוטל החל משנת תשפ״ז. שימו לב לשינוי מספרי השאלונים.

טבלת השאלונים, מספריהם, משקלם והמבנה שלהם:

	מס׳ שאלון	מתי נבחנים	משקל	מבנה השאלונים
מכניקה	036361	י״א או י״ב	30%	בשאלון 6 שאלות. על התלמיד לענות על 3 שאלות משקל כל שאלה 33.3%.
חשמל	036351	י״ב	30%	בשאלון 7 שאלות. על התלמיד לענות על 3 שאלות מתוך שאלות 1-6 שאלה 7 – שאלת חובה .
מעבדה	036356	י״ב	10%	בחינה בע״פ (כבעבר) על ניסוי אחד מתוך 7 ניסויים שנבחרים מתוך רשימת הניסויים, בהתאם לקריטריונים שבאתר מפמ״ר פיזיקה.
הערכה בית ספרית	036283	י״ב	30%	

שימו לב: נבחנים שבחרו להבחן בכיתה י״א בשאלון החשמל 036371 **לא יוכלו** להבחן במסלול ב׳ – בחינה משולבת. ראו בהרחבה בסעיף 3.1 ובסעיף 3.2 להלן.

הבהרות:

- מומלץ לבצע לפחות 4 ניסויים בעזרת **תדריכי ממ״ח** (מעבדה מעודדת חשיבה) על מנת לשקף את כל המרכיבים של הפרקטיקות הניסוייות. התדריכים בעברית ובערבית מפורסמים באתר מפמ״ר

פיזיקה. התדריכים הם חומרים בפיתוח של המרכז הארצי למורי הפיזיקה. מעת לעת יועלו לאתר המפמ"ר תדריכים נוספים.

- בחלק הבחינה בע"פ:
  - הקריטריונים לבחירת מעבדות, מופיעים באתר מפמ"ר פיזיקה בדף מעבדה משולבת בכתב ובע"פ בסעיף "בחירת הניסויים במסלול מעבדה משולבת בכתב ובע"פ".
  - החל משנה זו, תלמידים לא ידרשו להציג בפני הבוחן את תיק הדוחות ולא יישאלו על ניסוי נוסף.
  - עודכן המחוון לבחינת המעבדה.
- בחלק הבחינה בכתב, בשאלון 036351:
  - משך הבחינה בשאלון יפורסם בהמשך על ידי אגף הבחינות.
  - המשקל של כל אחת מהשאלות 1-6 הוא 27.78%. משקלה של שאלה 7 – 16.66%.
  - שאלות 1-6 בשאלון 036351 תהיינה זהות לשאלות 1-6 בשאלון 036371.
  - דוגמאות לשאלה 7 (השאלה הנוספת) להלן בסעיף 6.

3. סמלי השאלונים בהתאם לאוכלוסיות תלמידים, במסלולי ההיבחנות השונים

3.1. תלמידים שנבחנו בחשמל בכיתה י"א בשנה"ל תשפ"ו

תלמידי י"א שנבחנו בשנת הלימודים תשפ"ו בחשמל בשאלון 036371 (שאלון חשמל ללא שאלת מעבדה) ולא נבחנו בבחינת המעבדה בשנת תשפ"ו – **חייבים** להיבחן בשנת תשפ"ז בשאלון 036386, במסלול א – בחינה אחידה בכתב.

3.2. תלמידים שייבחנו בחשמל בכיתה י"א החל מתשפ"ז

טבלת מספרי השאלונים ומשקלם לפי מסלולי ההיבחנות

	מסלול א: בחינה אחידה בכתב			**מסלול ב:** בחינה משולבת בכתב ובעל-פה		
	מס' שאלון	משקל	מתי נבחנים	מס' שאלון	משקל	מתי נבחנים
מכניקה	036361	30%	י' או י"א	036361	30%	י' או י"א
חשמל	036371	25%	י"א	036351	30%	י"א
מעבדה	036386	15%	י"ב	036356	10%	י"א או י"ב*
הערכה בית ספרית	036283	30%	י"ב	036283	30%	י"א או י"ב*

*בשנה האחרונה ללימודי פיזיקה.

3.3. תלמידי פיזיקה בגישה חוקרת: פורטפוליו / פרויקטים/ רובופיזיקה

אין שינוי בדרך ההיבחנות בהשוואה לשנים קודמות

	מס' שאלון	משקל	מתי נבחנים
מכניקה	036361	30%	י"א או י"ב
חשמל	036371	25%	י"ב
בחינה חיצונית – פיזיקה בגישה חוקרת	036286	15%	י"ב
הערכה בית ספרית	036288	30%	י"ב

3.4. תלמידי טורניר הכספות

תלמידים שבשנת תשפ״ז ישתתפו בטורניר הכספות – הציון שיקבלו בטורניר יוזן בשאלון 036386 (מסלול א, בחינה אחידה בכתב) ויבחנו בשאלון חשמל 036371.

אם ביה״ס בחר במסלול ב, בחינה משולבת בכתב ובע״פ – באחריות ביה״ס להזמין בנוסף גם את שאלון 036371 (חשמל) עבור תלמידי הכספות.

תלמידים שיפרשו מהטורניר לפני תום התחרות ובית ספרם מגיש את תלמידיהם לשאלון מעבדה 036356 במסלול ב, בחינה משולבת בכתב ובעל פה – ייבחנו עם שאר תלמידי הכיתה, בשאלון 036356, וכן ייבחנו בשאלון חשמל 036351.

לאחר השתתפות בטורניר וקבלת הציון, תלמידים המעוניינים לוותר על ציון הבגרות במעבדה שהם קיבלו בטורניר – ייבחנו בשאלונים של כיתתם. הציון בתעודת הבגרות יהיה ציון הבחינה.

3.5. נבחני משנה (אקסטרניים)

נבחני משנה ייבחנו במסלול א – מעבדה אחידה בכתב, בשאלון החקר – 036382.

4. הטמעה ופיתוח מקצועי

תהליך ההטמעה של מתכונת הבחינה החדשה (בשני המסלולים) הוא תהליך הדרגתי.

תוכן: מתוך פרקטיקות המעבדה המפורטות להלן (סעיף 5.1), ההערכה בשנת תשפ״ז תשים דגש על שיקולי דעת הנדרשים בפרקטיקה מס׳ 3 (עיצוב מערכת הניסוי ואיסוף הנתונים, ראו סעיף 5.2).

פיתוח מקצועי: עד סוף שנת תשפ״ו התקיימו 8 השתלמויות מעבדה, בכל המחוזות. בשנת תשפ״ז, לאחר חגי תשרי, תתקיימנה השתלמויות נוספות, בהיקף של 30 שעות בכל השתלמות.

בנוסף, יתקיימו ערבי עיון במהלך השנה.

תמיכה במורים במהלך השנה:

1. בהשתלמויות המעבדה שנערכו בקיץ תשפ״ו נעדר מרכיב ״התנסות בכיתה״. מורים שהשתתפו בהשתלמויות קיץ תשפ״ו ומעוניינים בתמיכה בהתנסותם בכיתה מוזמנים להירשם בקישור זה.
2. רשימת המדריכים התומכים בפרקטיקות המעבדה, לכלל המורים, לפי מחוזות:

צפון: יונה חלמיש– yonaru@gmail.com ; תל אביב: לובה גרינפלד– Loubagreenfeld@gmail.com ;

מרכז: תומר משה – tomash19685@gmail.com ; דרום – לילא דפראוי– laylad147@gmail.com ;

5. פרקטיקות המעבדה בפיזיקה

5.1. פרקטיקות המעבדה

א. פרקטיקות שיש בהן ביטוי לשלבים של עבודת החקירה:

1. מיקוד החקירה;
2. מידול תופעה מבוסס תיאוריה - ניתוח תיאורטי של תופעה;
3. עיצוב מערכת הניסוי ואיסוף הנתונים (ראו הרחבה להלן);
4. ניתוח וייצוג נתונים;
5. הסקת מסקנות: השוואה בין ממצאי המידול הניסויי של תופעה לבין המידול התיאורטי שלה;
6. דיווח ודיון.

ב. פרקטיקות חוצות שלבים בעבודת החקירה:

7. שימוש במתמטיקה וחשיבה חישובית;

8. שיתוף פעולה עם עמיתים וניהול העבודה הניסויית.

5.2. פירוט של פרקטיקה 3, עיצוב מערכת הניסוי ואיסוף הנתונים

הפרקטיקה כוללת את המרכיבים הבאים,

3.1. שיקולי דעת המבטיחים ניסוי תקף: האם הניסוי בודק את מה שמעוניינים לבדוק

בידוד משתנים: זיהוי הגדלים שאת הקשר ביניהם מעוניינים לאפיין בתופעה הנחקרת, וגדלים נוספים המשפיעים עליה שיש לשמור כקבועים. שיקולי דעת בקביעת המשתנה התלוי והבלתי תלוי.

המערכת הניסויית: בחירה והתאמה של רכיבי המערכת הניסויית למטרות הניסוי; הבנת התפקיד של כל אחד מרכיבי המערכת במענה למטרות הניסוי.

מכשירי המדידה: בחירה והתאמה של מכשירי המדידה לגדלים שאותם מעוניינים למדוד; הכרת אופן פעולתם של המכשירים ודרך השימוש בהם; וכן הכרת מגבלותיהם; שימוש ביחידות מדידה מתאימות.

היקף התופעה: קביעת טווח ומספר מדידות, וקבועים של המערכת, שיאפשרו להסיק מסקנות על הקשר בין הניבוי התיאורטי לממצאי הניסוי.

מגבלות המדידה: התייחסות לגורמי שגיאה ולאי הודאות במדידה בתכנון הניסוי.

3.2. שיקולי דעת המבטיחים ניסוי בר-היתכנות: האם הניסוי ניתן לביצוע במעבדת הפיזיקה הבית ספרית קביעת שלבי הניסוי ולוח זמנים לביצועם, בהתחשב באילוצי הזמן והציוד.

3.3. ביצוע הניסוי הלכה למעשה:

בנייה של מערכת הניסוי: העמדה ו/או חיבור של מרכיבי המערכת בהתאם לתפקיד של כל אחד מהם.

ביצוע המדידות: שימוש במערכת הניסויית למימוש מטרות הניסוי, תוך שמירה על בטיחות הנסיינים ותקינות מרכיבי המערכת.

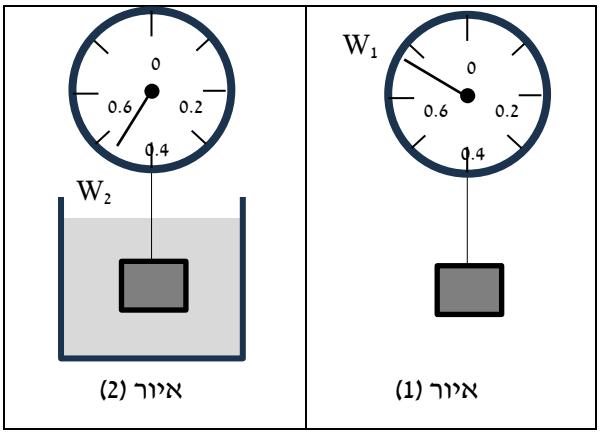
שיפור הניסוי: איתור בעיות (למשל, טכניות) והתמודדות איתן; זיהוי גורמי שגיאה נוספים ואומדן אי הוודאות במדידה; במידת הצורך שכלול של הניסוי.

6. דוגמאות לשאלה הנוספת (שאלה 7) בשאלון 036351 (לנבחנים במסלול ב).

להלן 4 דוגמאות לשאלה הנוספת בשאלון החשמל, 036351, לנבחנים במעבדה במסלול "בחינה משולבת בכתב ובע"פ", המרכיב בכתב של מסלול זה. הדוגמאות הן חומרים בפיתוח של המרכז הארצי למורי הפיזיקה.

6.1. דוגמה 1

השאלה הבאה מבוססת על בגרות שאלון חקר מועד מיוחד 2026.



תולים גוף על מד כוח.

כאשר הגוף באוויר מד הכוח מורה על ערך W_1 (איור 1).

כאשר משקיעים את כל הגוף בנוזל מד הכוח מורה על ערך קטן יותר, W_2 (איור 2).

הסיבה לכך היא שהגוף מפעיל על הנוזל כוח כלפי מטה, ועל פי החוק השלישי של ניוטון בו בזמן הנוזל מפעיל על הגוף כוח כלפי מעלה. כוח זה נקרא כוח ציפה, F_B. כוח זה נתון ע"י:

$$F_B=\rho\cdot g\cdot V$$

ρ צפיפות הנוזל (נזניח את צפיפות האוויר),

g תאוצת הנפילה החופשית,

V נפח הגוף השקוע בנוזל שעליו פועל כוח הציפה.

קבוצת תלמידים ערכה במעבדת ביה"ס ניסוי עם המערכת המתוארת לעיל.

הביטוי המתאר את W_2 בעזרת מסת הגוף השקוע, M, ρ, V ו-g. הוא

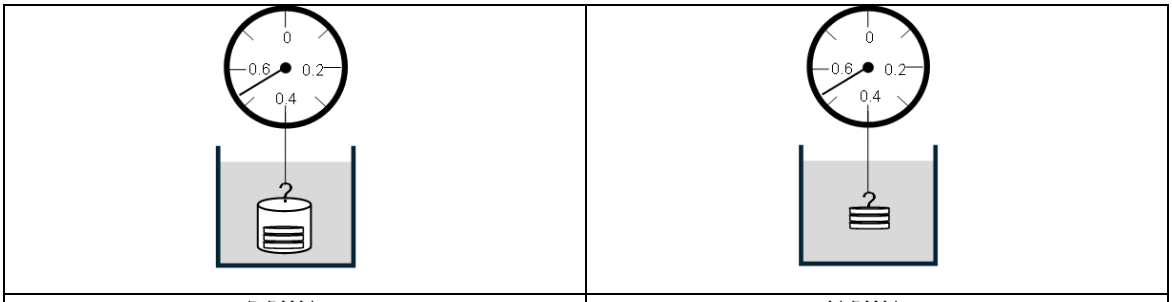
$$W_2 = Mg - \rho gV$$

א. (1) הציגו רשימה של פרמטרים שהתלמידים יכולים לשנות את ערכיהם שעשויים להשפיע על W_2. (3 נקודות)

(2) עבור כל פרמטר תארו שיטה מעשית במעבדה לשינוי ערך הפרמטר. (6 נקודות)

התלמידים החליטו לערוך ניסוי הבודק את התלות של W_2 ב-M. התלמידים התלבטו באיזו מהאפשרויות א או ב הבאות להשתמש.

אפשרות א, בכל פעם הוספת משקולת לוו תלייה והכנסת המשקולות במלואן למים, כמתואר באיור א.
אפשרות ב, בכל פעם הוספת משקולת לתוך קופסה אטומה והכנסת הקופסה במלואה למים, כמתואר באיור ב.



איור א	איור ב

ב. קבעו באיזו מהאפשרויות א או ב על התלמידים להשתמש ונמקו קביעתכם. (7.66 נקודות)

<u>הצעת תשובות לסעיפי דוגמה 1</u>

סעיף א

(1) M, ρ ו-V

(2) שינוי M, מסת הגוף, ע״י הוספת משקולות; שינוי ρ ע״י שימוש בנוזלים שצפיפות שונה, דוגמת מים ושמן; שינוי הנפח V ע״י שינוי חלק הגוף השקוע בנוזל.

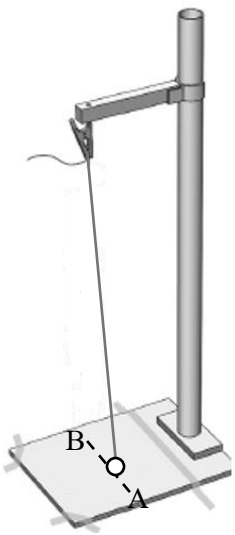
(הערה: בעיקרון ניתן גם לשנות את g, אך לא בתנאי מעבדת בית הספר. לכן תשובה שתתייחס ל- g לא תתקבל).

סעיף ב

נבחר באפשרות ב כדי להקפיד על בידוד משתנים. כדי לבדוק את התלות של W_2 במסת הגוף הטבול במים, יש לשנות רק את המסה, ואילו יתר הגורמים שבהם W_2 תלוי צריכים להיות קבועים ממדידה למדידה.

W_2 תלוי גם בנפח של הגוף הטבול במים. אם מבצעים את הניסוי לפי אפשרות א, משנים גם את מסת הגוף וגם את הנפח שלו. לעומת זאת באפשרות ב נפח הגוף התלוי זהה בכל המדידות עם המסות השונות.

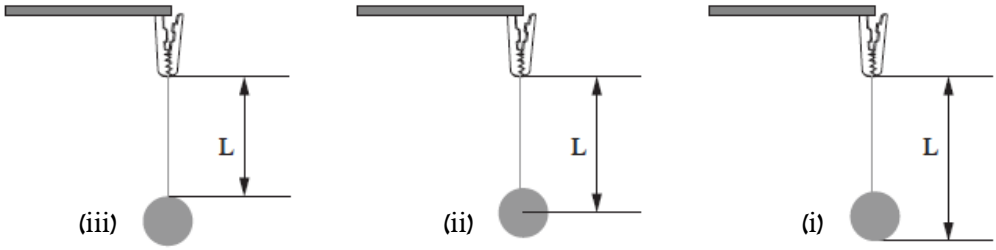
6.2. דוגמה 2



מטוטלת פשוטה היא מטוטלת המורכבת מחוט דק שמסתו זניחה וכדור קטן שממדיו זניחים ומסתו m.

קבוצת תלמידות התבקשו לחקור בעזרת המערכת שבאיור את זמן המחזור של מטוטלת פשוטה, T, כתלות באורך של המטוטלת, L. בהזנחת כוחות חיכוך, כאשר החוט יוסט בזווית קטנה ממצב שיווי המשקל של המטוטלת, המטוטלת תתנודד בין הנקודות A ל-B וזמן המחזור של התנועה אינו תלוי בזווית שבין החוט לבין מצבו בשיווי משקל.

א. באיורים (i)-(iii) מוצגות אפשרויות שונות למדידת אורך המטוטלת, L.
אפשרות (i) מנקודת חיבור החוט אל מצבט התנין ועד לתחתית הכדור.
אפשרות (ii) מנקודת חיבור החוט אל מצבט התנין ועד למרכז הכדור.
אפשרות (iii) מנקודת חיבור החוט אל מצבט התנין ועד לחלקו העליון של הכדור.



איזו מהאפשרויות מתאימה למדידת L? נמקו. (5.66 נקודות)

התלמידות שינו בכל פעם את L ומדדו את זמן המחזור של המטוטלת בתנועתה בין A ל-B. את זמן המחזור T מדדו התלמידות ע"י מדידת הזמן שלקח למטוטלת להשלים 5 מחזורים, $5\cdot T$. עבור כל אורך מטוטלת L, התלמידות חזרו על קריאת $5\cdot T$ שלוש פעמים. בטבלה מתועדות קריאות הזמן למספר אורכי L של המטוטלת.

$5\cdot T_3$ (sec)	$5\cdot T_2$ (sec)	$5\cdot T_1$ (sec)	L (m)
8.75	9.00	8.61	0.8
7.55	7.25	7.92	0.6
6.92	6.81	6.81	0.5

ב. מדוע העדיפו התלמידות למדוד את הזמן הכולל שלקח למטוטלת להשלים 5 זמני מחזור על פני מדידת הזמן שלקח למטוטלת להשלים זמן מחזור אחד? (3 נקודות)

ג. עבור כל אורך מטוטלת L, התלמידות חזרו על קריאת $5\cdot T$ שלוש פעמים. הסבירו מדוע לא התקבל אותו הערך בכל שלוש הקריאות (בכל שורה בטבלה). (3 נקודות)

ד. בהסתמך על הנתונים שבטבלה, מהו הערך המיטבי לזמן המחזור המתאים ל-$L=0.5m$. תארו כיצד קבעתם אותו ומה ההצדקה לדרך קביעתכם. (5 נקודות)

<u>הצעת תשובות לסעיפי דוגמה 2</u>

סעיף א

אפשרות (ii). לפי התיאור של מטוטלת פשוטה אנחנו מניחים בניסוי הנחה שהכדור הוא גוף נקודתי. לפיכך נתייחס אליו כאל גוף המרוכז במרכזו. לכן אורך המטוטלת הוא ממרכז הכדור.

סעיף זה הוא מתוך בגרות מעבדת חקר 2026.

סעיף ב

התלמידות העדיפו למדוד את הזמן הכולל שלקח למטוטלת להשלים 5 זמני מחזור על פני מדידת הזמן שלקח למטוטלת להשלים זמן מחזור אחד כדי להגדיל את הערך של הגודל הנמדד ובכך להקטין את אי הודאות היחסית בערך הנמדד.

סעיף ג

בכל תוצאת מדידה קיימת אי-ודאות לגבי מידת הדיוק שבה היא מייצגת את הערך של הזמן שנמדד. זאת מאחר וקיימים גורמים (אקראיים ושיטתיים) שמשפיעים על כך שלא תתקבל אותה הקריאה בכל פעם, כגון: זמן תגובה של המודד, אי יציבות של המערכת, קושי בקביעה מתי הושלם מחזור, מתיחות חוט שונה בכל שחרור ממנוחה.

סעיף ד

הערך המיטבי לזמן המחזור המתאים ל-$L=0.5m$ הוא:

$$T=\frac{\frac{6.81}{5}+\frac{6.81}{5}+\frac{6.92}{5}}{3}=1.37sec$$

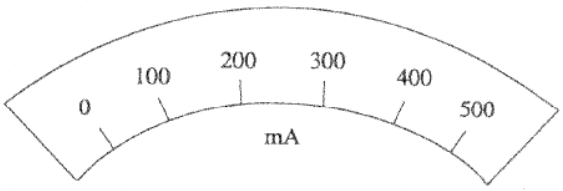
תחילה, חלוקת כל אחת מהקריאות ב-5 כדי לקבל את זמן המחזור המתאים לקריאה זו. זאת מאחר ובתנודות בין A ל-B, זווית ההסטה קטנה וזמן המחזור זהה לכל זווית בין החוט לבין מצבו בשיווי משקל.

לאחר מכן חושב הממוצע של זמני המחזור שהתקבלו בשלוש הקריאות. חישוב הממוצע מהווה את המדד לערך המיטבי של הזמן הנמדד ע"י כך שבחישוב שלו ניתן משקל זהה לכל הקריאות שהתקבלו. כלומר, הממוצע לא נותן העדפה לקריאה מסוימת.

6.3. דוגמה 3

קבוצת תלמידי פיזיקה מתכננת לבצע ניסוי שמטרתו מציאת ההתנגדות הסגולית של תיל מתכתי על ידי חקירת הקשר בין אורך התיל לזרם בתיל, כאשר המתח בין הדקיו קבוע. הציוד העומד לרשותם הוא:

- ספק מתח המספק מתח קבוע של $1.5V$.
- מד-זרם אנלוגי בסקאלה של $0-500mA$ ועליו מסומנות שנתות כל $100mA$ (ראו תרשים). הוראות היצרן מזהירות שעשוי להיגרם נזק למד-הזרם אם הזרם בו עולה על $700mA$.
- סרגל שאורכו $1m$ ועליו מסומנות שנתות כל $1mm$.
- תיל עשוי כרום-ניקל שאורכו $50cm$ וקוטרו $0.2mm$.
- תיל עשוי נחושת שאורכו $50cm$ וקוטרו $0.2mm$.
- מספר רב של תילים מוליכים ומצבטי תנין.



התלמידים חיפשו במקורות שונים הערכה לסדר הגודל של התנגדות סגולית של כרום-ניקל ושל נחושת ומצאו כי ההתנגדויות הסגוליות של חומרים אלו הן מסדר גודל של:

$$\rho_{\text{כרום ניקל}} \sim 10^{-6}\Omega m$$

$$\rho_{\text{נחושת}} \sim 10^{-8}\Omega m$$

א. הציגו תרשים של מעגל חשמלי הכולל את מקור המתח, תיל כרום ניקל ואמפרמטר שבאמצעותו ימדדו התלמידים את הזרם בתיל כפונקציה של אורך התיל. (3 נקודות)

ב. בעזרת מרכיבי המערכת הנתונים לעיל ניתן לערוך ניסוי למדידת ההתנגדות הסגולית של תיל העשוי כרום ניקל ולא ניתן לערוך ניסוי למדידת ההתנגדות הסגולית של תיל העשוי נחושת. הסבירו מדוע. (4 נקודות)

קבוצת התלמידים דנה בשתי אפשרויות א ו-ב לביצוע הניסוי:

אפשרות א – לקבוע את הערכים של אורך התיל, ℓ, ולמדוד את ערכי הזרם בתיל, I, בכל אחד מהאורכים שקבעו.

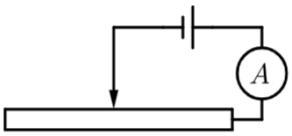
אפשרות ב – לקבוע את ערכי הזרם בתיל, I, ולמדוד את אורך התיל, ℓ, שבו יימדד הזרם שקבעו.

ג. אם התלמידים יבחרו באפשרות א, האם עליהם לבחור ערכי ℓ במרווחים קבועים? אם כן – נמקו, אם לא – נמקו וציינו האם תמליצו להם לבצע יותר מדידות בתחום האורכים הקטנים או בתחום האורכים הגדולים. (5 נקודות)

ד. ציינו יתרון לבצע את הניסוי בעזרת אפשרות ב על פני אפשרות א? (4.66 נקודות)

הצעת תשובות לסעיפי דוגמה 3

סעיף א



סעיף ב

כדי לקבוע באיזה מהתילים ניתן להשתמש בניסוי, נבדוק מהו הזרם המינימלי העובר בכל אחד מהם (זרם המתאים להתנגדות מקסימלית של התיל, כלומר למדידה באורכו המלא) ונבדוק האם זרם זה תואם לסקלה של האמפרמטר. במקרה של תיל העשוי נחושת, באורכו המירבי, הזרם בתיל הוא:

$$I_{\text{נחושת}} = \frac{V}{R} = \frac{V}{\frac{\rho \cdot \ell}{A}} = \frac{V \cdot \pi r^2}{\rho \cdot \ell} = \frac{1.5 \cdot \pi \cdot (0.2 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 10^{-8} \cdot 0.5} = 9.4\ A = 9400mA$$

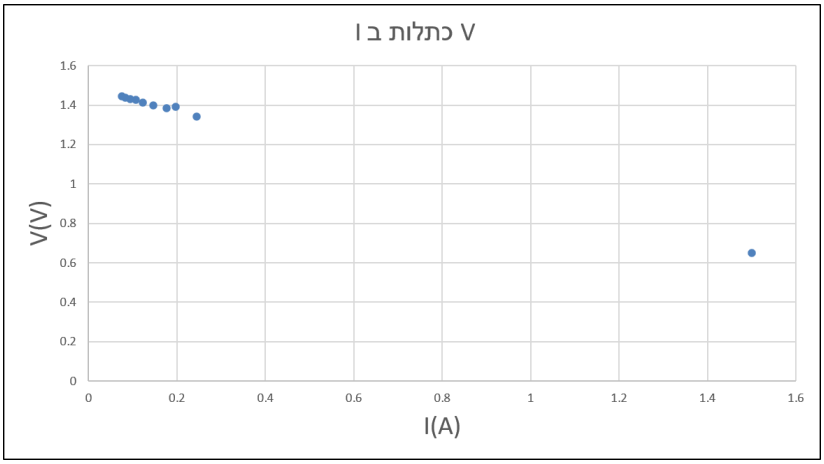
זרם זה גבוה מהגבול שמציע היצרן לתחום המדידה בו לא יגרם נזק לאמפרמטר $700mA$.

מאחר וההתנגדות הסגולית של תיל העשוי כרום ניקל גדולה פי 100 מההתנגדות הסגולית של תיל העשוי מנחושת, הזרם שיעבור דרכו יהיה קטן פי 100 מהזרם שחישבנו, וזרם זה נמצא בתחום המדידה המומלץ ע"י היצרן.

סעיף ג

לפי הפיתוח שהוצג לעיל הקשר בין I לבין ℓ הוא קשר הופכי: $I = \frac{V \cdot \pi r^2}{\rho \cdot \ell}$, כלומר עבור אורכי ℓ קצרים שינוי קטן ב-ℓ גורם לשינוי גדול ב-I ובאורכים הגדולים של ℓ כמעט ולא יחול שינוי ב-I. לכן כדאי לבצע יותר מדידות בתחום האורכים הקצרים.

הערה למורים: נציין שהתלמידים יכולים לראות זאת באפן מעשי בניסוי "פעילות ניסויית לבדיקת הקשר בין מתח ההדקים לבין הזרם בסוללה ובמערכת סוללות" (כא"מ ומתח הדקים). תלמידים שיבצעו את המדידה לפי חלוקת אורך הנגד המשתנה למקטעים שווים יקבלו גרף כדוגמת הגרף הבא, המהווה הזדמנות לדיון עם התלמידים על שיקולי דעת בקביעת הפיזור של הערכים של המשתנה הבלתי תלוי בניסוי.



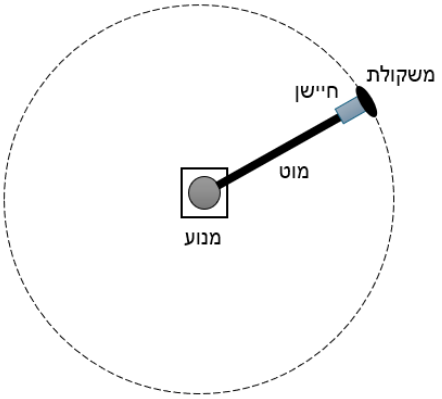
סעיף ד

לאמפרמטר האנלוגי שבאיור כושר הפרדה נמוך, כך שלא ניתן לקרוא באופן מיטבי ערכים כאשר המחט נמצאת בין שנתות. נתון שלסרגל כושר הפרדה של כ-1mm. לכן על מנת לבצע קריאה טובה יותר של הערכים שנמדדים כדאי לקבוע ערכי זרם על פי השנתות הראשיות שעל צג מד הזרם, ולמדוד בהתאם את אורך התיל עם הסרגל הנתון.

6.4. דוגמה 4

קבוצת תלמידות פיזיקה ביצעו ניסוי במערכת בה משקולת קטנה נעה בתנועה מעגלית קצובה.

באיור מבט מלמעלה על מערכת הניסוי המונחת על שולחן אופקי.



המערכת כוללת:

- מנוע חשמלי שניתן לשלוט בתדירות הסיבוב שלו f על ידי שלט רחוק בתחום של 0-1.2Hz, בקפיצות של 0.1Hz.
- זרוע הבנויה ממוט מתכתי עם חיבור לציר הסיבוב של המנוע, שאורכו L ניתן לשנוי.
- חיישן כוח אלחוטי המוצמד לקצה המוט.
- סדרת משקולות שמסת כל אחת היא m.

ניתן להראות שעל פי החוק השני של ניוטון, בהנחה ש**המסה של הזרוע המתכתית והמסה של חיישן הכוח האלחוטי זניחות**, מתקיים הקשר הבא בין הכוח F, שנמדד במד הכוח, לבין תדירות הסיבוב של המנוע, f:

$$F = ma = m(4\pi^2 L f^2)$$

התלמידות החליטו לבצע ניסוי במטרה לבדוק את הקשר בין הכוח F לבין התדירות f במערכת הנתונה.

א. אחת התלמידות טענה: "תדירות המנוע היא המשתנה הבלתי תלוי בניסוי, והכוח שיימדד ע"י החיישן הוא המשתנה התלוי".

(1) הסבירו מדוע טענת התלמידה <u>נכונה.</u>

(2) ציינו מהם הפרמטרים שאת הערכים שלהם על התלמידות לשמור קבועים לאורך כל הניסוי.

(3) הסבירו מדוע עליהן לשמור על הערכים של הפרמטר שציינתם קבועים לאורך הניסוי.

התלמידות החליטו למדוד את הכוח F עבור 5 ערכים שונים של התדירות f. לפני התחלת המדידות הן התלבטו מה צריכים להיות הערכים של f עבורן יבצעו מדידות והעלו 3 הצעות לערכים של התדירות f המוצגות בטבלאות שלהן. הניחו שבכל תדירות הניסוי מבוצע בבטחה.

<u>הצעה 1</u>:

מספר מדידה	1	2	3	4	5
$f[Hz]$	0.2	0.4	0.7	1.0	1.2

<u>הצעה 2</u>:

מספר מדידה	1	2	3	4	5
$f[Hz]$	0.1	0.3	0.4	1.1	1.2

<u>הצעה 3</u>:

מספר מדידה	1	2	3	4	5
$f[Hz]$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7

ב. (1) ציינו על פי איזו מההצעות הייתם ממליצים לתלמידות לבצע את הניסוי. נמקו.

(2) בחרו <u>אחת</u> מההצעות הנותרות והסבירו מדוע שללתם אותה.

<u>הצעת תשובות לסעיפי דוגמה 4</u>

סעיף א

(1) **ערכיו של המשתנה הבלתי תלוי** אינם תלויים בערכי משתנים אחרים בניסוי.

ערכיו של המשתנה התלוי תלויים בערכי משתנים אחרים בניסוי.

במערכת הנתונה שינוי הערכים של התדירות גורם לשינוי הערכים של הכוח. לכן בניסוי המתואר התדירות היא המשתנה הבלתי תלוי והכוח הוא המשתנה התלוי.

(2) לפי הקשר התיאורטי, הכוח F תלוי ב-m, L ו-f. לכן כדי לבדוק את התלות של F ב-f יש לשמור על L ו-m קבועים.

(3) על מנת שהניסוי יהיה תקף, כלומר יבדוק רק את ההשפעה של f על F יש להקפיד על בידוד משתנים, כלומר יתר הפרמטרים שמצופה שישפיעו על F לא אמורים להשתנות בניסוי.

סעיף ב

(1) היינו ממליצים על הצעה 1. בהצעה זו הערכים של המשתנה הבלתי תלוי מפוזרים על פני כל תחום הערכים האפשריים ולא מרוכזים בחלקם באזור אחד.

(2) נימוק לשלילת הצעה 2 : בהצעה זו רוב הערכים של המשתנה הבלתי תלוי מרוכזים בשני הקצוות של תחום הערכים האפשריים במערכת הנתונה.

נימוק לשלילת הצעה 3 : מוצג תחום מצומצם של ערכי f בתוך התחום האפשרי במערכת הנתונה.

אנו מאחלים שנת לימודים מוצלחת, פורייה ומהנה למורים ולתלמידים,
ד"ר צביקה אריכא – מפקח מרכז, הפיקוח על הוראת הפיזיקה.
ד"ר אורנה בלומברגר – מרכזת הפיקוח על הוראת פיזיקה.