

בחינת המעבדה בכיסיקה – לקחי ניסוי תשמ"ה

מאת: דוד סלע, המפמ"ר על הוראת הפיסיקה

ט ב ו א

בחינת המעבדה בפסיקה, כחלק מבחינת הבגרות ברמה של 4 ו-5 יחידות לימוד, קיבלה בשנים האחרונות דפוס קבוע. משקלה של בחינה זו במסגרת בחינה הבגרות הוא יחידת לימוד אחת, ועל התלמיד לכצע ניסוי אחד מבין 20 ניסויים (לפי הגרלה) ברמה של 5 י"ל או מבין 16 ניסויים ברמה של 4 י"ל. הבחינה במעבדה, עד לשנת תשמ"ה, לא היתה חובה וביד המורה היה לבחור במקומה שאלון אלטרנטיבי בכתב. אולם ניתן לומר כי כ-90% מכלל תלמידי 5 י"ל ומרבית תלמידי 4 י"ל בחרו את המעבדה כחלק מבחינתם. רשימת הניסויים המוגשת בעוד מועד לאישור הפיקוח אמורה להקיף את תחומי הלימוד השונים ולהכיל ניסויים ברמה המתאימה ובהיקף המאפשר לסיים במשך שעה עד שעה וחצי של ביצוע בפועל. מעריך הבחינה הבוחן בדרך כלל קבוצות של כ-5 תלמידים, ראוי להתערב במהלך הניסוי ולשאול על מערכת הניסוי, דרך הביצוע, הסקת המסקנות והיאוריה המלווה את הניסוי. לרשותו של המעריך עומדת מערכת קריטריונים ומפתח ניקוד להערכת התחומים השונים הנבדקים. כמו כן ראוי אף סורה המקצוע להתערב בשאלות על הניסוי ולהיות שותף לקביעת הציון. הניסויים עליהם נבחנים התלמידים מבוצעים בדרך כלל במהלך שנות הלימוד י"א-י"ב או נבחרים במיוחד לקראת הבחינה. כמו כן מקובל כי התקופה שלפני הבחינה מוקדשה לחזרה אינדיבידואליות אינטנסיביות במכלול ניסויי הבחינה.

מתכונת הניסוי ומהלכו

מזה שנים נשמעה בהזדמנויות שונות השגות על דרך זו של בחינת המעבדה בפסיקה. בשנת תשמ"ד נוסתה דרך שונה בביה"ט והיכון שליד האוניברסיטה

העברית, ביוזמתו וכשיתופו של מר פנחס ורדין, מרכז מקצוע הפיסיקה בבית ספר זה באותה עת. הניסוי הראשון אמור היה לתת תשובות הן למספר בעיות טכניות והן בנושאים מתודולוגיים, לגבי אפשרות החלת שיטה זו על מספר רב של כתי-ספר.

לאור הצלחת ניסוי זה הורחבה השנה מתכונתו ל-10 כתי-ספר ול-200 תלמידים. המורים שהתנדבו לביצוע מתכונת זו בכיתותיהם והמעריכים שנבחרו על מנת לבחון כיתות אלו עברו במשך השנה סדנות השתלמות בהן תורגלו בניסויים דומים במתכונתם לאלו שאגורים היו להינתן בבחינה. המעריכים נקראו ליום עיון נוסף בו תרגלו בפועל את ניסויי הבחינה ואת השימוש במפתח הניקוד על מנת שיוכלו לעמוד על הקשיים בניסויים אלו ובהערכתם, וכמידת הצורך אף להשפיע ולתקן אותם כהתאם.

מהלך הבחינה הורכב משני ניסויים אשר בכל אחד מהם ניתן לתלמיד דף הוראות בו הוא אמור להשתמש בבניית המערכת ובביצוע חלקי הניסוי. כמו כן ניתן לו דף שאלות על הניסוי אשר עליהם יש להשיב לאחר סיומו. לכל אחד מהניסויים ניתנה שעה לביצוע ושעה שלישית ניתנה לסיכום דוחות הניסויים וכוללים את שאלות החזרה. חשוב לציין כי הבחינה נערכה בו-זמנית בכל כתי הספר ורשימת הציוד לניסויים נשלחה לכתי הספר כחודש לפני מועד הבחינה, זמן שאיפשר לכל בית-ספר להעריך במספר מספיק של מערכות ניסוי. (בית ספר עם 20 תלמידים למשל נזקק ל-5 מערכות מכל ניסוי כאשר הבחינה בוצעה על ידי מעריך אחד בו זמנית ל-10 תלמידים. במתכונת זו ניתן לבחון עד 40 תלמידים בעזרת שני כוחנים ו-10 מערכות מכל ניסוי, ללא העברת מידע בין הקבוצות, כאשר משך הזמן הכולל של הבחינה אינו עולה על 6 שעות).

הבוחרן קיבל דף הערכה ובו נפתח מפורט של הניקוד לחלקים השונים של הניסוי. בדרך כלל ניתן משקל של כ-50% לביצוע הניסוי ו-50% לזשובות על השאלות שהתייחסו להכנת הניסוי, עיבוד התוצאות והסקת המסקנות ממנו. את החלק השני העריך הבוחרן בביתו על פי דוחות המעבדה שנמסרה לו. בשעת הכתיבה כמעט ולא היה קשר מילולי בין הבוחרן והנבחנים. רק אם אחד המהלכים הדורש הערכה לא בצפה על ידי הבוחרן נתבקש התלמיד לבצע טוב קטע זה של הניסוי. כמו כן אם לא ידע התלמיד כיצד להרכיב את המערכת או שגה שגיאה קריטית שעלולה היתה לחבל בהמשך הניסוי, הורשה הבוחרן להוערב, תוך ניכוי נקודות בהתאם.

הערכת הישגי התלמידים

ממוצע ציוני ותלמידים בשיטה זו היה כמוך במקצת מאשר בשיטה הרגילה. מתוך 12 המעריכים (כשני בתי-ספר היו שני מעריכים) רק שלושה נתנו ציונים ממוצעים השווים לממוצע ציוני בחינות המעבדה במערכת או גבוהים ממנו. מגמה זו מוכנת מתוך כך שהתלמידים הוערכו על מכלול רחב של פרטים ולפיכך שגיאה או ליקוי בפריט מסויים כבר נתנה את ביטויה בציון; מה גט שהתייחסות הבוחנים למילה הכתובה פחות סלחנית מאשר להתבטאות כבחן כעל פה. במיוחד בלט הדבר בירידה במספר ציוני ה-10 באוכלוסיית הניסוי. ירידה זו לא השפיעה על הציון הסופי של התלמידים הטובים, הן במעבדה והן בסיכום הכולל, אולם אין להתעלם מוהשפעה הפסיכולוגית על תלמיד מעולה שקיבל 98 ולא 100.

הקורלציה בין ציוני המגן לציוני הבחינה היתה גבוהה, וטובה יותר מאשר בשיטה הרגילה. תוצאה זו מוסברת בכך שאישיות הבוחרן והאינטראקציה הישירה שלו עם הנבחן השפיעו כאן במידה פחותה מאשר בשיטה הרגילה. גם אפקט

ה"מזל" של הגרלת ניסוי "טוב" לא השפיע כאן, כפי שהשפיע בשיטה הקלסית. שתיים מתוך כיתה הניסוי נבחנו במקביל (אם כי במועד אחר) גם בשיטה הרגילה על ידי אותו בוחן. התקבל מתאם גבוה ביותר בין הישגי התלמידים בשתי השיטות, אם כי הצלחת התלמידים המעולים היתה גבוהה במקצת בשיטה הרגילה בעוד שהצלחת החלשים יותר היתה גבוהה במקצת בשיטת הניסוי.

כאחד מבתי הספר הוערכו התלמידים (כ-30 במספר) באופן בלתי תלוי על ידי שני בוחנים בו זמנית. ההערכות הכפולות נעשו הן בשעה העבודה במעבדה והן על דוחות התלמידים. מטרת בדיקה זו היתה לעמוד על המתאם בין הערכות שונות של אותם התלמידים על ידי הבוחנים השונים החייבים לעבוד לפי אותם הדפוסים. גם כאן התקבל מתאם גבוה מאוד בין שני המעריכים.

דיון ומסקנות

בעקבות בחינת הניסוי נערכו שני מפגשי סיכום. המפגש הראשון נערך בהשתתפות קבוצת הבוחנים יומיים לאחר הבחינה. בזמן זה הספיקו הבוחנים לעבור על דוחות התלמידים בהתאם למפתח הניקוד שניהן להם ולהכין את הציונים הסופיים. אחת ממטרות המפגש הזה היתה התאמה מפתח הציונים בין המעריכים השונים (כפי שנעשה בעקבות בחינות הבגרות בכתב). במקרים מסוימים שנוו ההדגשים של פריט בניסוי או בשאלות החזרה ולאור זאת הוקנו ציונים. בעקבות מפגש זה נמסרו הציונים למורים ומהם לתלמידים.

באופן כללי התרשמות הבוחנים מהשיטה הייתה טובה. מתוך 12 הבוחנים העדיפו 9 את שיטת הניסוי ואילו 3 תמכו בשיטה הישנה. בין השאר הועלו הצעות המהוות מעין שילוב בין שתי השיטות או שיזור אחת מהן באלמנטים מתוך השניה. פירוט ההצעות יובא בהמשך.

המפגש השני נערך עם מורי כיתות הניסוי ובנוכחות מחברי הניסויים וחלק מהמעריכים. בדיון זה באו לידי ביטוי דרכי הכנת התלמידים לבחינה וכיצד הם הושפעו משיטת הניסוי. המורים גם התבטאו ביחס להמשך בחירתם כשיטה זו לאור הישגיה. להלן תמצית הדעות העיקריות (בשם אומרן) של המורים והמעריכים במפגשים אלו.

מרדכי בן צוק (תיכון ע"ש אוסטרובסקי, רעננה - 26 תלמידים). - בכיתה קויימו הבחינות בשתי השיטות. היתה העדפה בולטת של שיטת הניסוי על ידי תלמידים חלשים ובינוניים, בעוד שתלמידים טובים העדיפו את המתכונת הרגילה (20 הניסויים), כי בה קל להם יותר להפגין את ידיעותיהם.

הכנה לבחינה במתכונת הישנה מהווה חזרה טובה ורצויה לקראת הבחינה בכוח. לעומת זאת, לגבי כיתה חלשה, בה אין מספיקים לעבור על כל החומר העיוני, המתכונת החדשה מאפשרת למורה חיסכון בזמן. בעתיד אם תהיה לו כיתה חלשה יעדיף להגיש כמתכונת הניסוי. חשוב שרשימת הציוד תהיה מדויקת ומפורטת יותר (למשל צריך לציין את תחום המדידה הנדרש באמפרטמר, ולא רק את שם המכשיר). קיימת גם הבעייה של שמירה על הסודיות לאחר קבלת רשימת הציוד הנדרש לבחינה במתכונת הניסוי.

רפי כהן (תיכון לוד-רמלה, 19 תלמידים) - לדעתו אין בעיה של שמירת סודיות ודוקא לגיטימי להרגל עם התלמידים וריאציות שונות של ניסויים ובין השאר על פי רשימת הציוד שהתקבלה. גם הוא מסכים כי הבחינה החדשה נוחה יותר לתלמידים ממוצעים, כי לא צריך לדעת או להתכונן הרבה. לעומת זאת הטובים הרגישו מקופחים כי ממוצע הציונים שלהם נמוך יותר מאשר במתכונת הרגילה. פרט נוסף הדורש דיון הוא שכמתכונת הרגילה גט למורה

הטפעה על ציון הבחינה בעוד שבמתכונת החדשה אין למורה חלק בציון (פרט לציון המגן).

אטנת פרייס (מקיף א' באר-שבע, 19 תלמידים) - מטכימה עם האבחנה כי החלטים היו מרוצים בעוד שהטובים טענו שקופחו במתכונת החדשה. כמו כן התלוננו תלמידים על כך שבשעת כתיבת הדו"ח לא עמד הציוד לרשותם כדי לאמת או לחזור על מדידות מסויימות. מבקשת לטצוא דרך מבחינה טכנית שתאפשר רצף בין ביצוע הניסוי לכתיבת הדו"ח (במרכיב כיתות הניסוי החליפו הקבוצות ביניהן את מערכות הניסוי עוד לפני השלמת הדו"ח או אפילו עברו לחדר אחר כדי לאפשר לקבוצות הבאות להתחיל בניסוי).

יהושע זכאי (אורט, קרית טבעון, 11 תלמידים) - מחייב ביצוע שני ניסויים, בתחומים שונים ולא אחד בלבד. גם הוא ישקול בעתיד בהתאם לטיב הכיתה: חלשה במתכונת החדשה וחזקה במתכונת הקודמת.

יעקב נהון (ישיבת נתיב מאיר ירושלים, 30 תלמידים) - יש לבדוק לאיזו בחינה יתרוונות וינכויים (ולא היכן משיגים ציונים גבוהים יותר). זאת ניתן לעשות ע"י בדיקת מטרות הבחינה כמעבדה לאור שתי השיטות. מטכית לדברי קודמיו שבשיטה הישנה נדרשו התלמידים להציג הרכה יותר ידע והבנה. לדעתו יש בשיטה הישנה גם יתרון נוסף שהוא האינטראקציה הבלתי אמצעית בין הבוחן והתלמיד. לעומת זאת השיטה החדשה מקלה על המורה בכך שהיא מאפשרת לו חסכון רב בזמן ההכנה. מבחינת התוצאות היא מהימנה יותר. (הדבר הוכח אצלו באופן מיוחד מאחר ותלמידיו הוערכו בו זמנית על ידי שני מעריכים, עם מתאם גבוה בין התוצאות). גם הוא מבקש פירוט רב יותר של הציוד על מנת למנוע בעיות בשעת הבחינה (למשל טיב הקפיצים וחוזקם).

הרגשת תלמידיו לאחר הבחינה היתה טובה מאוד. אין שלילה בכך שהתלמידים והמורה היו צריכים להשקיע פחות בהכנה לקראת הבחינה. החיסכון בזמן יכול לאפשר למורה להגיע עם תלמידיו לכיצוע או להדגמה של מספר ניסויים מורכבים ולהגיע בהם להעמקת יתר, דבר שבדרך אחרת לא היה לו זמן לכך. לזמנו מטרות חשובות של הבחינה במעבדה הן בדיקת כישורים ויכולת מניפולטיבית של התלמידים, ולא רק ידע והכנה בחומר. למטרות אלו מתאימה בהחלט הבחינה החדשה.

חיים ברוקר (אוהל שם, רמת-גן)

מביע כמה חששות בעקבות השיטה החדשה: גם בה ישנו "אילוץ" מסויים של התלמידים, אמנם לא כיצד לבצע ניסוי שלט אלא של טכניקות: כיצד למדוד, כיצד לשרטט גרפים וכדומה. כשיטה החדשה מטפיק שנית והספר יהיה מצוייד בציוד בסיסי פשוט ומתוך כך יש חשש שבחי-ספר ימנעו רכישת ציוד הנדרש לניסויים יותר מתקדמים. מה גם שניסויי השיטה החדשה אינם יכולים להתבסס על פרקי הבחירה אלא על חומר החובה בלבד בעוד שבשיטה הנוכחית חייב המורה לבחור ניסויים גם מתוך פרקי הבחירה.

פנחס ורדין (מקיף ד' באר-שבע, בעבר: תיכון שליד האוניברסיטה, ירושלים,

שם נוסחה לראשונה השיטה החדשה בתשמ"ד):

מתכונת הניסוי אמורה לבדוק כישורי התלמיד כעבודה מעבדתית ולא לבדוק ידע פסיקלי. זאת היא אכן עושה בהצלחה. יתרונה של השיטה החדשה גם בכך שיש פחות לחץ על המורה ועל התלמידים. חשוב, לדעתו, שהתלמידים יועמדו, בשעת המבחן, בפני סיטואציה חדשה ולא מוכרת, דבר שאינו קיים בשיטה הישנה של "שינון ניסויים". לשם כך הכרחי שלא תהיינה הדלפות מצד המורים ותישמר

סודיות מלאה של הציור הנדרש למתכונה הניסוי. יש לתת את הדעה כיצד להכין את התלמידים לקראת השיטה החדשה, במקביל חשוב שמספר מסויים של ניסויי חובה יתבצעו על ידי התלמידים במסגרת הלימודים הרגילה, אף אם לא יועמדו למבחן עליהם. מציע לתת יותר זמן לכיצוע כל ניסוי (שעה וחצי במקום שעה), ובזמן זה אף תושלם כתיבת הדו"ח תוך אפשרות לחזור על חלקים שונים בניסוי.

עדי רוזן (רנה קסין, ירושלים)

לדעתו אין תחליף לכיצוע 20 ניסויים בצורה מקיפה ואינטנסיבית בסוף כיתה י"ב. תקופה זו כותבת לתלמידים מימד אינטגרטיבי של תחומי הפיסיקה השונים ומעשירה את חוויותיהם הלימודיות. מציע לשפר את השיטה הקיימת ע"י מתן אופציה לבחון להוסיף מרכיב מקורי לניסוי, בו יהיה אנרג נוסף לתלמידים מצטיינים.

יוסף מאיר (מיכאל עקיף דתי וחיכון עמל, טבריה)

מעדיף את השיטה החדשה בה המהימנות גבוהה יותר ומאפשרות השוואה בין כיתות שונות שהרי כולם מבצעים את אותם הניסויים. גם העובדה שהחומר מתועד בדו"ח והמעריך אינו צריך לעמוד תחת רושם סגנון הדיבור של התלמיד היא לטובת שיטת הניסוי. חשוב שהבחינה במעבדה תתמצה באספקטים הניסויים כי על הנוזק ועיארטי קיימת בחינה בכתב, ובה ניתן אף להכליל אלמנטים של הכנת ניסוי, הסקת מסקנות מניסוי וכדומה.

בעד המשך שהי השיטות במקביל. כמו כן יש לנצל את הבחינה בכתב ולשאול על ניסויי החובה כדי לוודא שאכן הם בוצעו. לדעתו דווקא כיתות טובות יש להגיש בשיטה החדשה ואילו כיתות בינוניות בשיטה הקודמת (כדי לבסס את ידיעותיהם והבנתם של התלמידים הבינוניים בתחומי הפיסיקה השונים).

סיכום ומסקנות

בשנת חסמ"ה נערך ניסוי שיטה חדשה של בחינת מעבדה בפיסיקה, ב-10 בתי ספר ובהשתתפות כ-200 תלמידים. בעקבות הניסוי נערכו מספר פגישות בין המורים, המעריכים ומעצבי השיטה, בהן הופקו לקחים וטוכמו מסקנות לגבי העתיד.

הנקודות בהן בלטה ההסכמה באשר לעדיפות השיטה החדשה או הקלסית היו:

1. השיטה החדשה אובייקטיבית יותר.
2. השיטה החדשה טובה יותר עבור תלמידים בינוניים ואילו השיטה הקלסית טובה יותר עבור התלמידים המצטיינים.
3. הבחינה בשיטה הקלסית מכינה טוב יותר לקראת הבחינה בכתב.
4. כשרים ניסויים-מניפולטיביים של התלמידים נבדקים טוב יותר בשיטה החדשה.
5. חשוב שתישאר מסגרת בה ינטיחו לבצע ניסויים באופן שוטף גם אם ניגשים בסופו של דבר לשיטה החדשה.

בנקודה אחת היו חלוקות והערות, והיא באשר לצורך בשמירה על סודיות רשימות הציוד, המתקבלת בעוד טועד בבתי הספר, האם רשימות אלו הינן חסויות או

שיש לתת בידי המורה אפשרות (ואולי אף מחויבות) לתרגל את התלמידים בניסויים המבוססים על ציוד זה כדי להעלות את תוחלת הצלחתם בניסויי המבחן עצמו.

מסקנות אופרטיביות כעקבות הניסוי:

1. לפחות עוד שנתיים תהיה אפשרות מקבילה של שתי מתכונות הבחינה, הקלסית והניסויית, למי בחירת המורים.
2. תיבדקנה דרכים לשיפור מתכונת הניסוי, כגון דרך שתאפשר לתלמיד להשתמש בציוד הניסוי אף כשעת כתיבת הדו"ח.
3. תיבדקנה דרכים המאפשרות מעבר למתכונת הניסוי ללא ויתור על ביצוע מספר ניסויי חובה בפרקי הפיסיקה השוכנים במהלך הלימודים.
4. תיבדק אפשרות לשילוב מרכיבים של שתי השיטות בבחינה אחת.
5. תיבדק אפשרות מהן ביצוע הערכת הבחינה כמעבדה למורה המקצוע בבית"ס.

הפיקוח על הוראת הפיסיקה מורה לכל אלו ששיתפו פעולה (ותרמו מזמנם וממרחם) להצלחת ביצועו של ניסוי זה.

נספח א':

בחינת מעבדה בפיסיקה - חשמ"ה

רשימת הציוד הדרוש לביצוע הניסויים

ניסוי א'

1. כן (סטטיב). (או כן של מערכת המיניג'ול (המנוע המרים)).
2. מוט המתחבר לכך.
3. קפיץ שקבועו 30 ניוטון/מטר (או בסדר גודל דומה).
4. 2 משקולות ברנדייס של 100 גרם כל אחת, עטופות בטרט דביק.
5. 4 דיסקיות של 20 גרם כל אחת (ממערכת האלסטיות, מספר קטלוגי 0020).

6. קיסם (שיפוד) עץ באורך 30 ס"מ (ניתן לרכישה בחבילות כמעט בכל מרכול), מחודד בטני קצותיו.
7. שעון שנייה, רצוי שעון עצר (סטופר).
8. סרגל באורך 30 ס"מ.
9. מצבט תנין (קרוקודיל).
10. נייר מילימטרי.
11. סרט נייר דבק.
12. מחברת בחינה.
13. מכשיר כתיבה.

ניסוי ב'

1. ספק למתח ישר המספק 1.5V, 3V, 4.5V ו-6V.
2. סוללה טריה של 1.5V גודל D (מתאימה לבית סוללות).
3. בית סוללות.
4. אמפרמטר בחום DC 0-50mA
5. וולטמטר בנחום DC 0-15V
6. נגד של 220 (ניתן להשתמש בנגד שכתובת הנגדים) או כגודל דומה.
7. 8 תיילי הולכה עם בננות בקצותיהם, בכל בננה חור לחיבור הייל בוסף.
8. 2 מצבטי תנין.
9. נייר מילימטרי וסרגל.
10. מחברת בחינה.
11. מכשיר כתיבה.

נספח ב' 1:

חקירה מטוסלת פיתול הרכבת המערכת

1. תלה את הקפיץ שברשותך על המוט האופקי המחובר לכן (סמטיב).
2. חבר באמצעות מצבט תנין (קרוקודיל) את קיסם העץ אל קצהו התחתון של הקפיץ התלוי. הקפד על כך שהקיסם יהיה מאוזן. (ראה תרשים).
3. ברשותך 2 זוגות של משקולות: זוג משקולות שמסתן 100 גרם, וזוג שני של משקולות שמסתן 40 גרם (המורכבות כל אחת משתי דסקיות שמסתן 20 גרם).
4. השחל את המשקולות שמסתן 40 גרם על הקיסם משני צידי נקודת התליה הון ביקוב סרט ההובקה, באופן שהקיסם ישאר מאוזן.

ביצוע הניסוי

1. סוכב אופקית את הקיסם בזווית מסוימת והרפה. הקיסם עם המשקולות מכצע תנודות.
2. מדוד, כדיוק טוב, את זמן המחזור של התנודה. בדוק האם זמן המחזור תלוי במשרעת (אמפליטודה) התנודה. שים לב: המשרעת היא הזווית בה סובכת את הקיסם.
3. כצע סידרה של 4 ניסויים בהם תמדוד את תלות זמן המחזור T כנרחק R של המשקולות מנקודת התלייה של הקיסם. רכז את מדידותיך בטבלה מתאימה.

4. החלף את המשקולות של 40 גרם במשקולות של 100 גרם. השחל את המשקולות על הקיסס (על ידי ניקוב סרט ההדבקה המוצמד אליהן). הצב את המשקולות במרחק כלשהו מנקודת התלייה, באופן שהקיסס ישאר מאוזן. מדוד את זמן המחזור T של התנודה ואת המרחק R של המשקולות מנקודת התלייה של הקיסס. בדוק תוצאתך במדידה חוזרת (מבלי לשנות את מיקום המשקולות).

דו"ח מסכם ושאלות

(הבן דו"ח לפי הסעיפים הבאים, כל תוספת מיותרת)

1. סרטט גרף של זמן המחזור T כפונקציה של המרחק (עבר המשקולות בנות 40 גרם).
2. מה הקשר הפונקציונלי שמצאת בין זמן המחזור T למרחק R של המשקולות מנקודת התלייה?
3. מה היחס בין זמן המחזור T (של המשקולות של 100 גר') לבין זמן המחזור T (של המשקולות של 40 גר') עבור אותו מרחק מהמרכז. הסבר במילים מאין לקחת את ערכו של T .
4. האם הינך מוצא קשר בין יחס זמני המחזור ליחס המסות? אם כן, מהו הקשר? על איזו תלות בין T ו- M מרמז קשר זה?
רמז: היזכר בתלות דומה של T ב- M במקום אחר.
5. תאר כיצד מדדת את זמן המחזור של התנודות.
6. האם זמן המחזור של התנודות תלוי באמפליטודה של התנודה? כיצד בדקת זאת?
7. תאר כיצד מדדת את מרחק המשקולות מנקודת התלייה.
8. חכם במספר משפטים את מטרת הניסוי ואת המסקנות שחסקת ממנו.

נספח ב 2:

חקירת מעגל חשמלי

הכנת המערכת

1. כוון את הספק למתח של 1.5V.
- כנה מעגל חשמלי טורי המורכב מהספק, הסוללה והנגד. הקפד על כך שכיוון החיבור של הסוללה יהיה כזה שהיא תזרים בנגד זרם בכיוון הזרם שמזרים הספק.
2. הוסף למעגל את שני מכשירי המדידה באופן שהאמפרמטר יורה על הזרם במעגל והוולטמטר על מחו ההדקים של הספק.
3. סרטט תרשים של המעגל שבנית.

ביצוע הניסוי

1. מדוד את עוצמת הזרם I ואת מתח ההדקים V . חזור על מדידותיך כשאתה משנה את מהו הספק ל-3V, 4.5V ו-6V בזה אחר זה.
2. רכז את מדידותיך בטבלה מתאימה. חזור את הספק למצב של 1.5V, הפוך את כיוון החיבור של הסוללה וחזור על המדידות שבסעיף 1.
3. בלי לפרק את המעגל, כבה את הספק בעזרת מפסקו. האם מכשירי המדידה מראים אפס? נסה להציע הסבר להופעה!

דו"ח מסכם ושאלות

1. סרטט גרפיט של עוצמת הזרם I כפונקציה של מתח ההדקים V עבור כל כיוון חיבור של הסוללה.
2. מה מייצג בגרפים אילו את כ"מ הסוללה ומה מייצג את ההנגדות הנגד?
3. מתוך אחד הגרפים שסירטטת מצא:
 - א. את כ"מ הסוללה.
 - ב. את ההנגדות הנגר (בהנחה שההנגדויות האנטרמטר והסוללה קטנות מאוד).
4. כתוב את הביטוי המקשר בין הפרמטרים החשמליים של המעגל שבנית.

נספח ג': - רשימת כיתות הניסוי, מוריהן ומעריכיהן

שם בית הספר	שם המורה	שם המעריך	הערות
מקיף אורט, קריית טבעון	יהושע זכאי	אשר כץ	
עירוני א', חיפה	רות לבון	רלו שוורץ	
ע"ש אוטטובסקי, רעננה	מרדכי בן צוק	שמואל בקין	בערכה גם בחינה
ע"ש שרה, נתניה	אנה פרנקל	שמואל כץ	כמחכנת הרגילה
עמל ע"ש לייזר דיוויס, ת"א	זאב יגודניק	דוד זינגר	
תיכון רמלה-לוד	רפי כהן	אליקים אשר	
תיכון שליד האונ', ירושלים	עודד מירב	רחל ברדה, צבי גלר	מספר התלמידים הגדול חייב שני מעריכים
יבע' נחית מאיר, ירושלים	יעקב נהון	דוד סלע, עדי רוזן	כל תלמיד הוערך ע"י שני מעריכים
אשל הנשיא	כרל זלצמן	יוסף מאיר	
מקיף עירוני א', באר שבע	אסנת פרייס	פנחס ורדין	

נספח ד': - חברי הועדה להכנת הניסוי

- פנחס ורדין (מקיף ד' באר שבע והאגף לתכניות לימודים).
 דוד זינגר (תיכון אילון, חולון ומכון וייצמן למדע).
 רפי כהן (תיכון רמלה-לוד ומכון וייצמן למדע).
 דוד סלע (מפמ"ר פיסיקה והאגף לתכניות לימודים).