

משדד החינוך
המנהל הפדגוגי
אגף בכיר בחינוך

מחברת בחינה

לנבחנים ולנבחנות שלום,
נא לקרוא את ההוראות בעמוד זה ולמלא אותן בדיוקנות. אי־מילוי ההוראות עלול לגרום לתקלות ואף להביא לידי פסילת הבחינה.
הבחינה נועדה לבדוק הישגים אישיים, ולכן יש לעבוד עבודה עצמית בלבד. בזמן הבחינה אין להיעזר בזולת ואין לתת או לקבל חומר בכתב או בעל פה.
אין להכניס לחדר הבחינה חומר עזר — ספרים, מחברות, רשימות — פרט ל"חומר עזר מותר בשימוש" המפורט בגוף השאלון או בהוראות מוקדמות של המשרד. כמו כן אין להכניס לחדר הבחינה טלפונים או מחשבים ניידים. שימוש בחומר עזר שאינו מותר יוביל לפסילת הבחינה.
כל חומר עזר שאינו מותר בשימוש, יש למסור למשגיח לפני תחילת הבחינה.
לאחר סיום כתיבת הבחינה יש למסור את המחברת למשגיח ולעזוב בשקט את חדר הבחינה.

יש להקפיד על טוהר הבחינות !

הוראות לבחינה

- יש לוודא כי במדבקות הנבחן שקיבלת מודפסים הפרטים האישיים שלך, ובמדבקות השאלון שקיבלת מודפסים פרטי השאלון המיועד לך.
- אם לא קיבלת מדבקה, יש למלא בכתב יד את הפרטים במקום המיועד למדבקת הנבחן.
- אסור לכתוב בשולי המחברת (החלק המקווקו) משום שחלק זה לא ייסרק.
- לטיוטה ישמשו אך ורק דפי מחברת הבחינה שיועדו לכך.
- אין לתלוש או להוסיף דפים. מחברת שתוגש לא שלמה תעורר חשד לאי־קיום טוהר הבחינות.
- אין לכתוב שם בתוך המחברת, משום שהבחינה נבדקת בעילום שם.
- אין להוסיף או לשנות שום פרט במדבקות, כדי למנוע עיכוב בזיהוי המחברת וברישום הציונים.

בהצלחה !

12 17 סמל שאלון رقم النموذج שם השאלון اسم النموذج יש להדביק כאן ↑ מדבקת שאלון يجب هنا ↑ إلصاق ملصقة نموذج امتحان	18 21 מועד موعد 37 32 31 סמל ב"ס رقم المدرسة 23 מס' תעודת זהות رقم الهوية יש להדביק כאן ↑ מדבקת נבחן (ללא שם) يجب هنا ↑ إلصاق ملصقة ممتحن (بدون اسم)	מדבקות לנבחן ملصقة ممتحن
---	--	-----------------------------

* הוראות בשפה הערבית מעבר לדף
* التعلیمات باللغة العربية على ظهر الصفحة

יש לסמן במשבצת ☐ אם ניתן שאלון נוסף
يجب الإشارة في المربع إذا أُعطي نموذج امتحان إضافي

دفتري امتحان

تحية للممتحنين وللممتحنات!

الرجاء قراءة التعليمات في هذه الصفحة والعمل وفقاً لها بدقة. عدم تنفيذ التعليمات قد يؤدي إلى عواقب مختلفة وحتى إلى إلغاء الامتحان. أعد الامتحان لفحص تحصيلاتك الشخصية، لذلك يجب العمل بشكل ذاتي فقط. أثناء الامتحان، لا يُسمح طلب المساعدة من الغير ويُمنع إعطاء أو أخذ مواد مكتوبة أو شفوية.

لا يُسمح إدخال مواد مساعدة - كتب، دفاتر، قوائم - إلى غرفة الامتحان، باستثناء "مواد مساعدة يُسمح استعمالها" المفصلة في نموذج الامتحان أو في تعليمات مسبقة من الوزارة. كما لا يُسمح إدخال هواتف أو حواسيب محمولة إلى غرفة الامتحان. استعمال مواد مساعدة غير مسموح بها يؤدي إلى إلغاء الامتحان.

يجب تسليم كل مادة مساعدة لا يُسمح استعمالها للمراقب قبل بدء الامتحان. بعد الانتهاء من كتابة الامتحان، يجب تسليم الدفتر للمراقب، ومغادرة غرفة الامتحان بهدوء.

يجب التقيد بنزاهة الامتحانات !

تعليمات للامتحان

1. يجب التأكد بأن تفاصيلك الشخصية مطبوعة على ملصقات الممتحن التي حصلت عليها، وبأن تفاصيل نموذج الامتحان المعد لك مطبوعة على ملصقات نموذج الامتحان التي حصلت عليها.
2. في حال عدم حصولك على ملصقة، يجب ملء التفاصيل في المكان المعد لملصقة الممتحن، بخط يد.
3. لا يُسمح الكتابة في هوامش الدفتر (في المنطقة المخططة)، لأنه لن يتم مسح ضوئي لهذه المنطقة.
4. للمسودة تُستعمل أوراق دفتر الامتحان المعدة لذلك فقط.
5. يُمنع نزع أو إضافة أوراق. الدفتر الذي يُسلم ناقصاً يُثير الشك بعدم الالتزام بنزاهة الامتحانات.
6. لا يُسمح كتابة الاسم داخل الدفتر، لأن الامتحان يُفحص بدون ذكر اسم.
7. لا يُسمح إضافة أو تغيير أية تفاصيل في الملصقات، وذلك لمنع عوائق في تشخيص الدفتر وفي تسجيل العلامات.

نتمنى لكم النجاح!

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ח, 2018
סמל השאלון: 917554, 036386
נספח: נתונים ונוסחאות בפיזיקה
לחמש יח"ל

מדינת ישראל

משרד החינוך

פיזיקה – מעבדת חקר

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעתיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה אחת-עשרה שאלות. עליך לענות על כל השאלות 1–9, ועל שאלה אחת מבין השאלות 10–11. סה"כ – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון וסרגל.

ד. הוראות מיוחדות:

1. רשום את כל תשובותיך בגוף השאלון, במקומות המיועדים לכך.
2. כתוב בעט בלבד. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

ה. עמוד 15 משמש לטייטה ולהערות הבוחן.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמוד 15, כל מה שברצונך לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה). רישום טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 15 עמודים ונוסחאון.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף ◀



חלק א': חקירת תופעת התהודה במעגל חשמלי טורי (90 נקודות)

עליך לענות על כל השאלות 1–9.

רקע עיוני

תהודה

אחת התופעות הפיזיקליות היפות והמרתקות היא תופעת התהודה (רזוננס, resonance). תופעה זו מתאפיינת בכך שבמצב אידיאלי, בתדירות מסוימת, מתרחשת העברת אנרגיה מלאה ממצב אנרגטי אחד למשנהו.

ניתן להדגים זאת במקרה של נדנדה. כאשר מנדנדים נדנדה מתרחשים מעברי אנרגיה בין אנרגיה פוטנציאלית לאנרגיה קינטית (בהזנחת החיכוך). בתדירות נדנוד מסוימת, שהיא **תדירות התהודה**, מתרחשת העברת אנרגיה מרבית, ומתקבלת המשרעת הגדולה ביותר.



יישום נוסף של תופעת התהודה קיים בכלי נגינה, כמו כלי מיתר, תופים או כלי נשיפה. בכלי מיתר, שינוי האורך או המתיחות של המיתרים גורם לשינוי בתדירות הצליל המופק. באורכים מסוימים של המיתרים מתקבלת **תדירות התהודה**, שעבורה הצליל המופק הוא החזק ביותר.



יישום חשוב מאוד של מצב תהודה הוא במקלטי הרדיו, הקולטים את השידורים המועברים באמצעות קרינה אלקטרו-מגנטית. השידור נקלט באופן מיטבי כאשר המקלט מכוון לתדירות הזוהי **לתדירות התהודה** של המשדר.





תהודה במעגל חשמלי

נתאר מקלט רדיו פשוט מאוד בעזרת מעגל RLC טורי, הפועל במתח ובזרם חילופין (Alternating Current, AC), בשונה ממעגלי מתח וזרם ישר (Direct Current, DC).

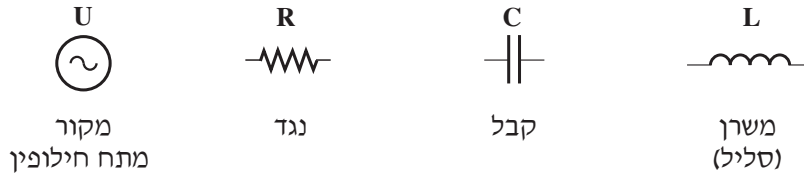
המעגל מורכב מארבעה רכיבים עיקריים:

נגד – בעל התנגדות R (אוהם, Ω).

קבל – בעל קיבול C (פראד, F). זהו רכיב האוגר מטען חשמלי. תפקידו לאגור אנרגיה פוטנציאלית חשמלית.

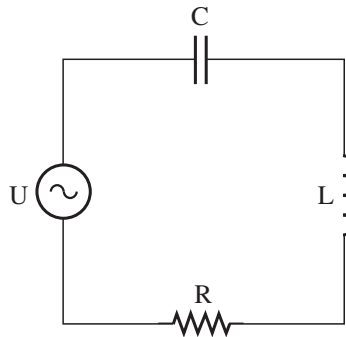
משרן (סליל) – בעל השראות L (הנרי, H), התלויה במבנה שלו, והתנגדות פנימית r .

מקור מתח חילופין – מתח חילופין הוא מתח המשנה את כיוונו ואת גודלו בתדירות מסוימת f ($\frac{1}{\text{sec}} = \text{Hertz}$), וגורם לזרם חילופין.



מה קורה במעגל זרם חילופין? בעקבות השינוי במתח ישתנה גם הזרם במעגל (קצב השינוי = תדירות), ונוכל לצפות בתופעות שאינן מתרחשות במעגלי זרם ישר.

במעגל זרם ישר, כאשר הקבל נטען הוא יוצר נתק. במעגל זרם חילופין, כשמחברים בטור קבל ומשרן – הקבל נטען ונפרק בהתאם לשינוי המתח במעגל, ובמשרן נוצר שינוי בהשראות. נבנה מעגל חשמלי טורי הכולל את ארבעת הרכיבים האלה:



נגדיר לכל אחד מהרכיבים את היחס בין המתח (V) על הרכיב לזרם (I) דרכו. במעגלי זרם חילופין היחס בין המתח לזרם נקרא **היגב**. במעגלים אלו קיים היגב קיבולי X_C , היגב השראי X_L והיגב התנגדתי $X_R = R$.

$$X_R = \frac{V_R}{I} = R \quad - \quad \text{נגד}$$

$$X_C = \frac{V_C}{I} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad - \quad \text{קבל}$$

$$X_L = \frac{V_L}{I} = 2\pi \cdot f \cdot L \quad - \quad \text{משרן (סליל)}$$



המתח השקול במעגל מתקבל על-ידי חיבור וקטורי של שלושת המתחים. היחס בין גודל המתח לגודל הזרם העובר במעגל הוא:

$$Z = \sqrt{(X_R^2 + (X_L - X_C)^2)}$$

גודל זה נקרא **עכבה** (impedance).

תדירות מקור המתח קובעת את X_L , את X_C ואת העכבה הכללית במעגל. בהתאם לכך נקבעת עוצמת הזרם במעגל. אם נשנה את תדירות מקור המתח, נוכל לקבל תדירות מסוימת f_0 , הנקראת **תדירות התהודה**, שבה מתקיים:

$$X_L = X_C$$

$$2\pi \cdot f_0 \cdot L = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C} \quad \text{כלומר:}$$

$$f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 \cdot L \cdot C}$$

$$(1) \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$$

מכאן, ששינוי התדירות של מתח המקור משנה את הזרם במעגל, מבלי לשנות את רכיבי המעגל (L , R או C). בתדירות מסוימת, **תדירות התהודה**, העכבה היא מינימלית והזרם במעגל מרבי.

רשימת הציווד

- ערכת הניסוי
- סוללה DC 9 V
- רב־מודד
- שני חוטי חיבור, שבקצה האחד שלהם חיבור מצבט (תנין) ובקצה השני שלהם – הדק "בננה"

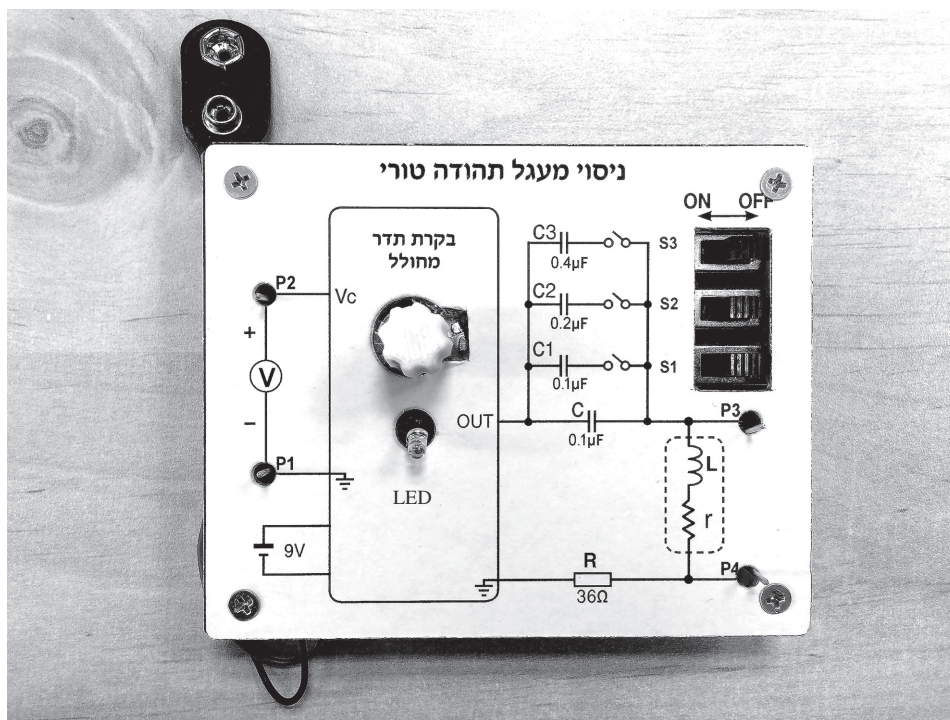
פירוט הרכיבים הנמצאים בערכת הניסוי, והמהווים את מעגל התהודה:

1. חיבור לסוללה DC 9 V.
2. בקרת תדר מחולל (בת"מ). כוללת כפתור הניתן לסיבוב, המאפשר לשנות את התדירות של המתח במעגל.
3. לבקרת תדר המחולל יש שני הדקים (פינים), P_1 ו- P_2 , שאליהם ניתן לחבר את הרב־מודד.
4. ארבעה קבלים המחוברים במקביל: $C = 0.1 \mu F$, $C_1 = 0.1 \mu F$, $C_2 = 0.2 \mu F$, $C_3 = 0.4 \mu F$. ליד כל אחד מהקבלים C_1 , C_2 , C_3 ישנו מתג S_1 , S_2 , S_3 , בהתאמה, המאפשר לחבר אותו למעגל החשמלי או לנתק אותו ממנו.

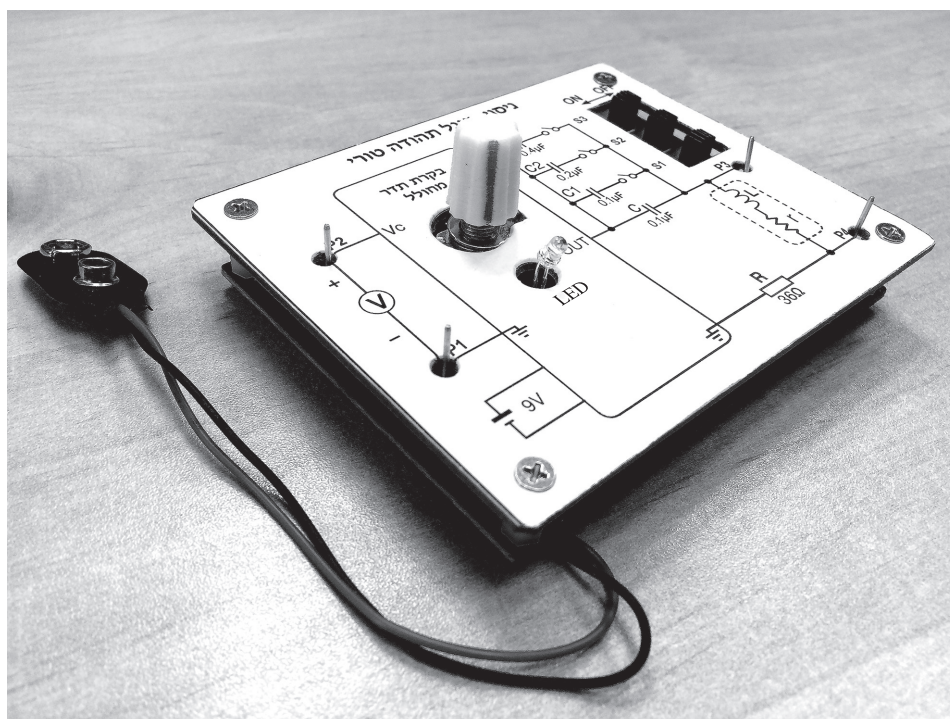
כאשר מחברים קבלים במקביל, הקיבול השקול שווה לסכום האלגברי של הקיבולים שלהם:

$$C_T = C_1 + C_2 + \dots$$

5. משרן (סליל) שהשראותו L והתנגדותו הפנימית r .
6. נגד R שהתנגדותו 36Ω .
7. נורית LED – עוצמת האור שלה מעידה על עוצמת הזרם במעגל.
8. הדקים (פינים) P_3 ו- P_4 משני צידי המשרן, שאליהם ניתן לחבר את הרב־מודד.



תצלום 1 של ערכת הניסוי – מבט-על



תצלום 2 של ערכת הניסוי – מבט-צד



שאלה 1 (4 נקודות)

במעגל RLC טורי, המתואר ברקע העיוני בעמוד 3, משתמשים במקור מתח חילופין שתדירותו $f = 50 \text{ Hz}$ ובקבל שקיבולו $C = 100 \mu\text{F}$. מהי ההשראות L של הסליל, הנדרשת על-מנת שהמעגל יימצא במצב תהודה?

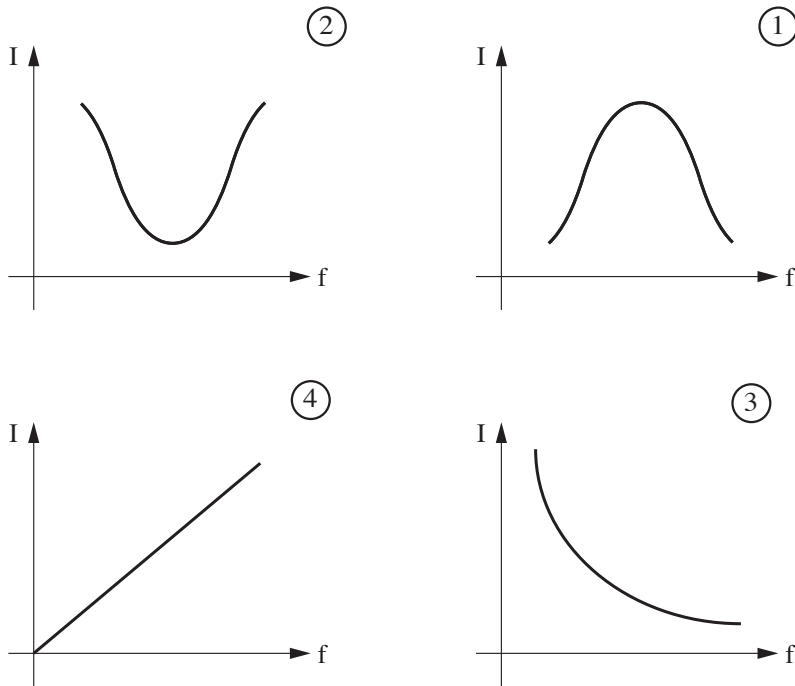
התקנת המערכת

שאלה 2 (10 נקודות)

- א. חבר את הסוללה לערכת הניסוי בעזרת החיבור המתאים.
- ב. חבר את הרב-מודד לערכת הניסוי באופן הבא:
את צידם האחד (הדקי ה"בננה") של חוטי החיבור חבר ל- COM ולמתח V ברב-מודד, ואת קצות המצבטים (התנינים) חבר להדקי המשרן (פינים P_3 ו- P_4) בערכת הניסוי – ראה תצלום 2 של הערכה בעמוד 5.
- ג. הפעלת הרב-מודד: כוון את הרב-מודד, כך שיוכל למדוד מתחי חילופין נמוכים (מתחי החילופין בניסוי יהיו בין 0 V ל- 20 V AC).
- ד. הבא את ערכת הניסוי למצב ההתחלתי שלה: ודא ששלושת המתגים שבערכה נמצאים במצב פתוח (OFF).
סובב בעדינות את כפתור בקרת תדר המחולל (בת"מ) לצד שמאל (נגד כיוון השעון) עד שתרגיש התנגדות להמשך הסיבוב.
קיבול המעגל במצב הזה (שלושת המתגים במצב OFF והקבל C מחובר) הוא $0.1 \mu\text{F}$.
- הבהרה: כאשר מתג נמצא במצב OFF – הקבל הסמוך לו לא מחובר למעגל. כשכפתור הבת"מ מסובב עד הסוף נגד כיוון השעון (שמאלה) – הזרם הזורם במעגל הוא הנמוך ביותר.
סובב את כפתור הבת"מ עם כיוון השעון (ימינה) באיטיות עד הסוף, והבט בעוצמת האור המשתנה בנורית ה-LED ובמתח על המשרן המוצג ברב-מודד.
- שים לב: כאשר עוצמת האור בנורית ה-LED והמתח המוצג ברב-מודד מרביים – זהו מצב התהודה.
- ה. מדוע ניתן להניח שכאשר עוצמת האור ב-LED היא מרבית, המעגל נמצא בתדר התהודה שלו? בתשובתך, היעזר ברקע העיוני.



1. באיור לשאלה 2 נתונים ארבעה גרפים, המסומנים בספרות ① - ④. רשום את מספרו של הגרף המתאר בצורה הנכונה את הקשר שבין עוצמת הזרם במעגל לבין תדירות המחולל. הסבר את בחירתך.



איור לשאלה 2

מהלך הניסוי

הקדמה

כפתור הבת"מ משנה את המתח של מחולל התדר. יתרונה של המערכת שלפניך הוא שניתן לחבר אליה סוללה של מתח ישר, ולבצע את המדידות של הניסוי כשהרב-מודד מכוון למצב DC.

במערכת זו, כל שינוי של 1 V DC במתח הנמדד על-ידי הרב-מודד בין ההדקים P_1 ו- P_2 גורם לשינוי של 1 kHz בתדירות המחולל.



שאלה 3 (6 נקודות)

- כוון את הרב-מודד, כך שיוכל למדוד מתח ישר (המסומן DC) המתאים לסדר-הגודל של כא"מ הסוללה.
- נתק את קצות המצבטים מהפינים P_3 ו- P_4 , וחבר אותם לפינים P_1 ו- P_2 .
- החזר את כפתור הבת"מ למצבו ההתחלתי. סובב אותו באיטיות עם כיוון השעון, והבט בעוצמת האור המשתנה בנורית ה-LED. כוון את הכפתור לנקודה שבה עוצמת האור בנורית ה-LED היא מרבית. זהו מצב התהודה.
- א. רשום את הקיבול של המעגל במצב הזה: _____.
- ב. רשום את המתח המוצג ברב-מודד במצב הזה: _____.
- ג. רשום את ערך התדירות המתאים למתח שמדדת בסעיף ב': _____.
- ד. רשום את ערכי המתח והתדירות מסעיפים ב' ו'ג' בעמודות המתאימות בטבלה המוצגת בשאלה הבאה.

שאלה 4 (24 נקודות)

- א. שנה את הקיבול השקול במעגל בעזרת המתגים S_1 , S_2 ו- S_3 .
- למשל: עבור קיבול שקול של $0.2 \mu F$ – על המתג S_1 להיות במצב ON, ועל המתגים S_2 ו- S_3 להיות במצב OFF.
- עבור כל ערך של הקיבול השקול המופיע בטבלה – הבא את המעגל החשמלי מחדש למצב תהודה (עוצמת אור מרבית בנורית ה-LED), ומדוד את המתח בין הפינים P_1 ו- P_2 במצב הזה.
- רשום בטבלה את מצב המפסקים, את המתח ואת תדירות התהודה המתאימה לו.

מספר מדידה	הקיבול השקול (μF)	מצב המפסקים (ON / OFF)			המתח בין הפינים P_1 ו- P_2 (V)	תדירות התהודה (kHz)		
		S_1	S_2	S_3				
1	0.1							
2	0.2	ON	OFF	OFF				
3	0.3							
4	0.4							
5	0.6							
6	0.8							

הערה: את העמודות הריקות שבטבלה תידרש למלא בהמשך השאלון.

- ב. בהתאם למדידות שביצעת בסעיף א', מהו המשתנה הבלתי-תלוי ומהו המשתנה התלוי בניסוי?



שאלה 5 (16 נקודות)

א. היעזר בנוסחת תדירות התהודה f_0 שברקע העיוני (נוסחה (1) בעמוד 4), והגדר משתנה בלתי-תלוי ומשתנה תלוי **חדשים**, כך שיתקבל קשר קווי ישר ביניהם (גרף ליניארי).

ב. הוסף בראש העמודות הריקות בטבלה שבשאלה 4 את המשתנים החדשים שהגדרת בסעיף א' ואת יחידות-המידה שלהם, ומלא את הטבלה.

הצג את הערכים בטבלה בכתיבה מדעית, למשל: את הערך 3,333,333 הצג בטבלה כ- $3.33 \cdot 10^6$.
בסרטוט הדיאגרמה בשאלה הבאה, רשום את חזקת ה- 10 המשותפת לכל הערכים בכל אחד מן הצירים ליד יחידות-המידה. עשה זאת גם אם עיבוד הנתונים מתבצע בעזרת מחשב.

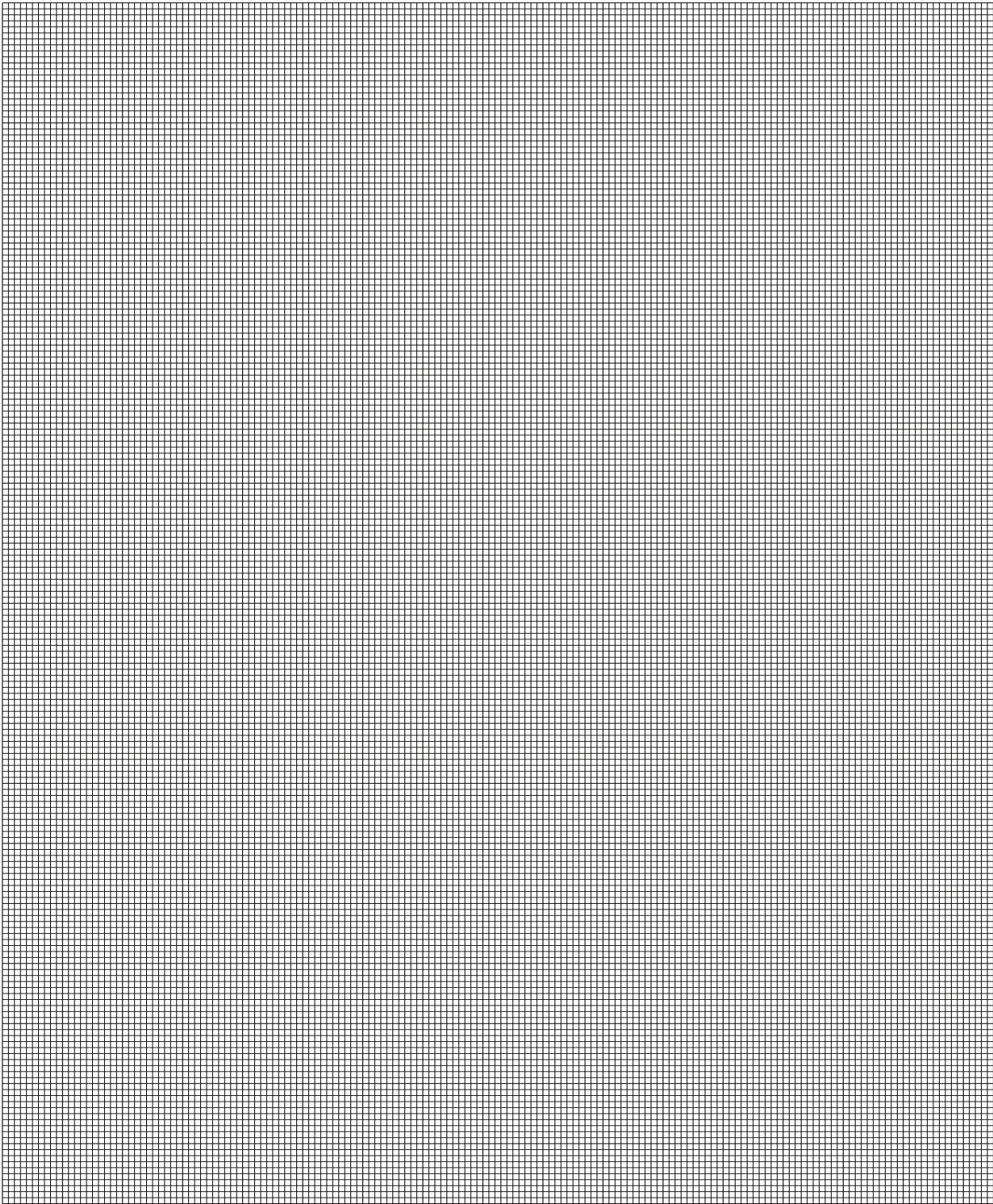
שאלה 6 (12 נקודות)

א. סרטט על הנייר המילימטרי (שבעמוד הבא) דיאגרמת פיזור של המשתנה התלוי החדש כפונקציה של המשתנה הבלתי-תלוי החדש, על-פי התוצאות שרשמת בטבלה שבשאלה 4.

בסרטוטך, רשום את החזקה המתאימה של 10 ביחידות-המידה של המשתנים בשני הצירים, כך שהערכים שתרושום לאורך הצירים יהיו המקדמים המספריים בלבד. עשה זאת גם אם עיבוד הנתונים מתבצע בעזרת מחשב.

הערה: תוכל להשתמש גם בגיליון האלקטרוני, על-פי הוראות הבוחן. אם השתמשת בו, הדבק את מדבקת הנבחן שלך גם על תדפיס המחשב, וצרף אותו לשאלון.

ב. העבר קו מגמה בדיאגרמת הפיזור שסרטטת.



לרשותך נייר מילימטרי נוסף בעמוד 14, למקרה הצורך.



שאלה 7 (10 נקודות)

א. חשב את השיפוע של קו המגמה שסרטטת, וציין את יחידות-המידה שלו.

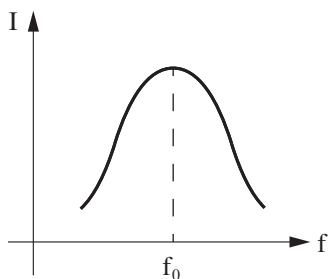
ב. בעזרת השיפוע שמצאת בסעיף א', חשב את ההשראות L של המשרן.

שאלה 8 (4 נקודות)

ציין שני גורמים עיקריים לשגיאות במדידות שביצעת בשאלה 4 ובתוצאות הניסוי.

שאלה 9 (4 נקודות)

באיור לשאלה 9 נתון גרף המתאר את עוצמת הזרם I במעגל החשמלי בניסוי כפונקציה של תדירות המחולל f .



איור לשאלה 9

אילו הנגד $R = 36 \Omega$ (המחובר בטור לסליל) היה מקוצר (לא היה קיים) בערכת הניסוי, האם גובהו של ה"פעמון" המתואר בגרף היה גדל, קטן או לא היה משתנה? נמק את תשובתך.



חלק ב': שאלות מניסויי החובה (10 נקודות)

ענה על אחת מבין השאלות 10–11 (לכל שאלה – 10 נקודות).

שאלה 10 (10 נקודות)

החוק השני של ניוטון

א. בשלב הראשון של הניסוי, שבו המסה הכוללת של המערכת (העגלה והסל) נשארת קבועה – מהו המשתנה הבלתי־תלוי ומהו המשתנה התלוי?

ב. האם הסל ינוע בתאוצת הנפילה החופשית כאשר החיכוך בין העגלה למשטח זניח? הסבר את תשובתך.

ג. בניסוי מסרטטים גרף של התאוצה כפונקצייה של הכוח השקול הפועל על המערכת. כאשר החיכוך בין העגלה למשטח אינו זניח:

1. כיצד ישתנה שיפוע הגרף לעומת שיפועו במקרה שבו החיכוך זניח?

2. כיצד ישתנה מיקום נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי לעומת מיקומה במקרה שבו החיכוך זניח?



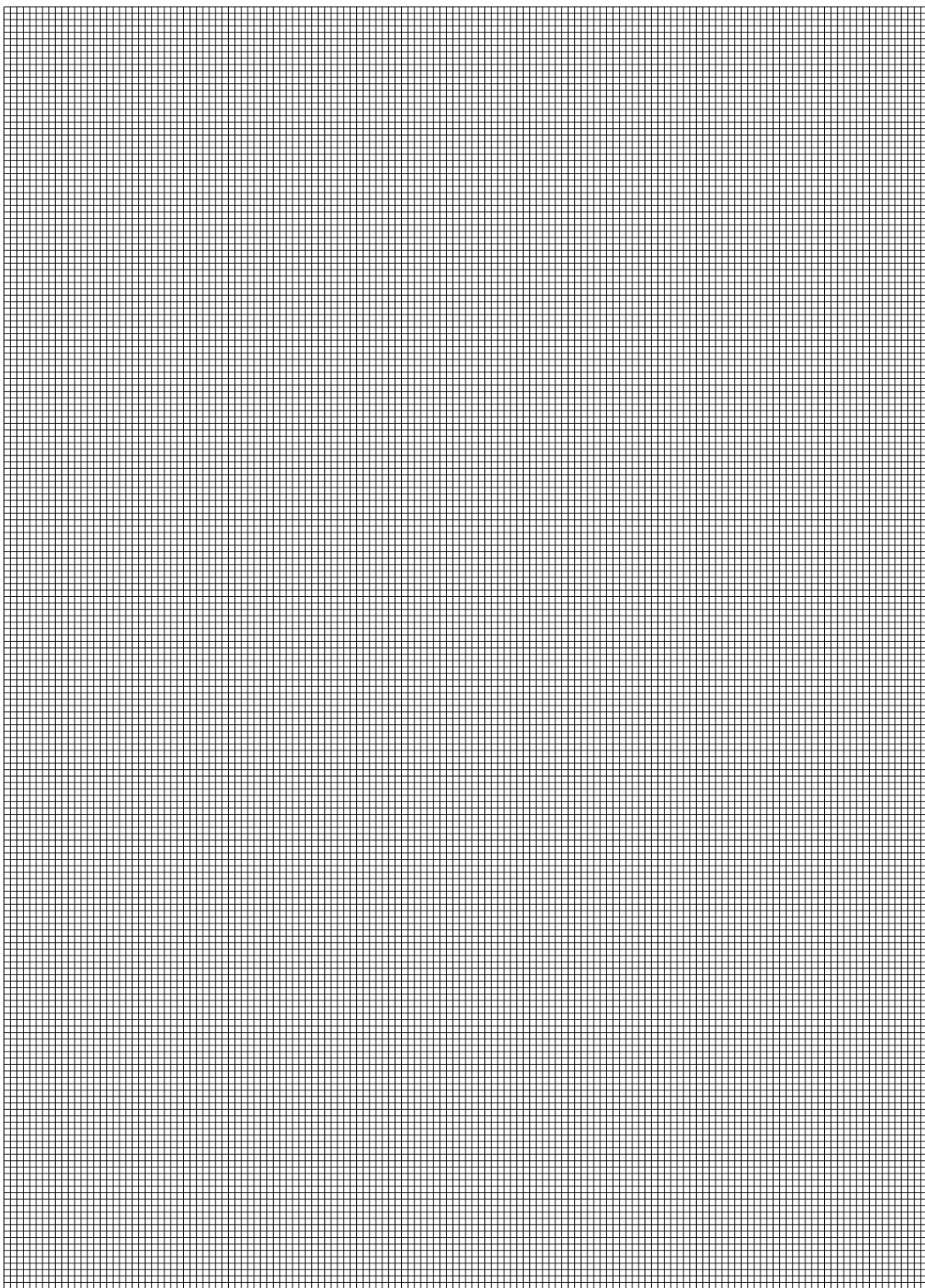
שאלה 11 (10 נקודות)

גליונומטר טנגנטי

א. הסבר כיצד ניתן למדוד בגליונומטר טנגנטי את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור־הארץ (B_E).

ב. מדוע הגליונומטר הטנגנטי מודד בניסוי אך ורק את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור־הארץ?

ג. הסבר מדוע לא ניתן לקבל בניסוי הזה זווית־סטייה של 90° במחט־המצפן.





טיוטה והערות הבוחן

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

מדבקת משגיח
ملصقة مراقب

"אתך בכל מקום, גם בבגרות.
בהצלחה, מועצת התלמידים והנוער הארצית"
"معك في كل مكان، وفي البجروت أيضًا.
بالنجاح، مجلس الطلاب والشبيبة القطري"