

סוג הבחינה: בגרות

מועד הבחינה: קיץ תשפ"ה

מספר השאלון: 036382

שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

שאלון חקר - 5 יחידות לימוד

הוראות

- א. משך הבחינה: שעהיים.
 - ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שתיים-עשרה שאלות. עליכם לענות על כל השאלות. סך-הכול - 100 נקודות.
 - ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון, סרגל ודפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).
 - ד. הוראות מיוחדות: כתבו את כל התשובות בגוף השאלון, במקומות המיועדים לכך.
- השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

1. חקירת השדה המגנטי של מגנט קבוע (100 נקודות)

ענו על כל השאלות 1-12.

השלב הראשון – השפעת מרחק המגנט על עוצמת השדה המגנטי

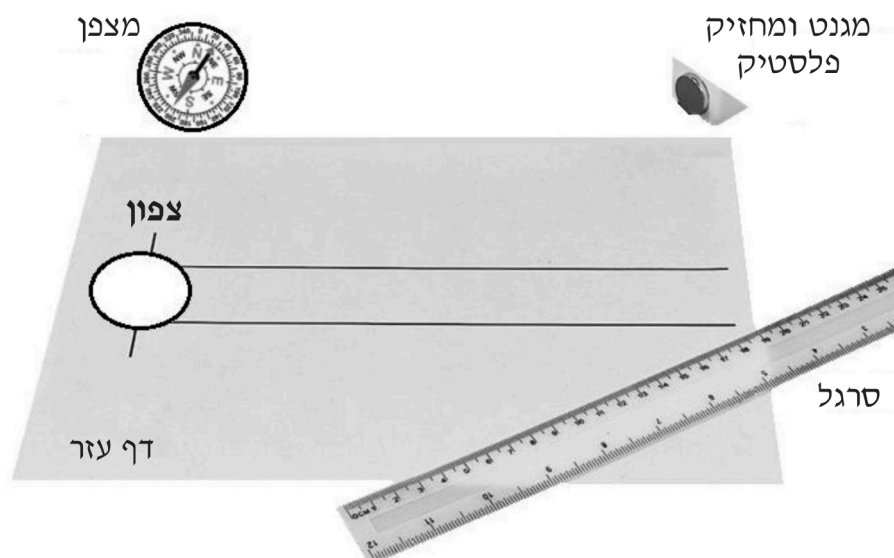
בניסוי זה תתבקשו לבדוק את הקשר בין עוצמת השדה המגנטי של מגנט קבוע, שנוצר בנקודה על ציר המגנט, ובין מרחק הנקודה מהמגנט.

את עוצמת השדה המגנטי נמצא באמצעות מדידת זווית הסטייה של מחט מצפן.

ציוד הניסוי

ערכת הניסוי מכילה (ראו תרשים 1):

- מגנט שקוטרו 20 mm ועוביו 3 mm, המודבק למחזיק מפלסטיק שצורתו מנסרה שבסיסה משולש ישר-זווית.
- מצפן שקוטרו כ- 40 mm, ומסומנות בו שנתות בהפרשים של 5 מעלות.
- סרגל פלסטיק שאורכו 30 cm, ומסומנות בו שנתות בהפרשים של 1 mm.
- דף עזר שעליו מסומנים: עיגול שקוטרו כקוטר המצפן; קו אנכי העובר דרך קצות הקוטר האנכי של העיגול ועליו מסומן "צפון"; שני קווים אופקיים מקבילים, שהמרחק ביניהם הוא כרוחב מחזיק הפלסטיק. קצות הקווים מרוחקים מרחק שווה ממרכז העיגול.

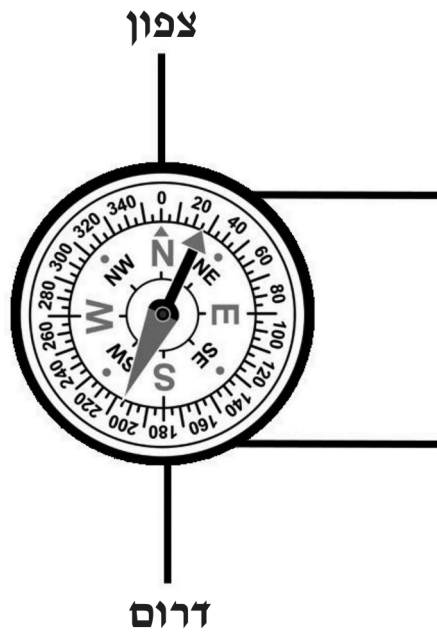


תרשים 1: ציוד הניסוי

בניית מערכת הניסוי

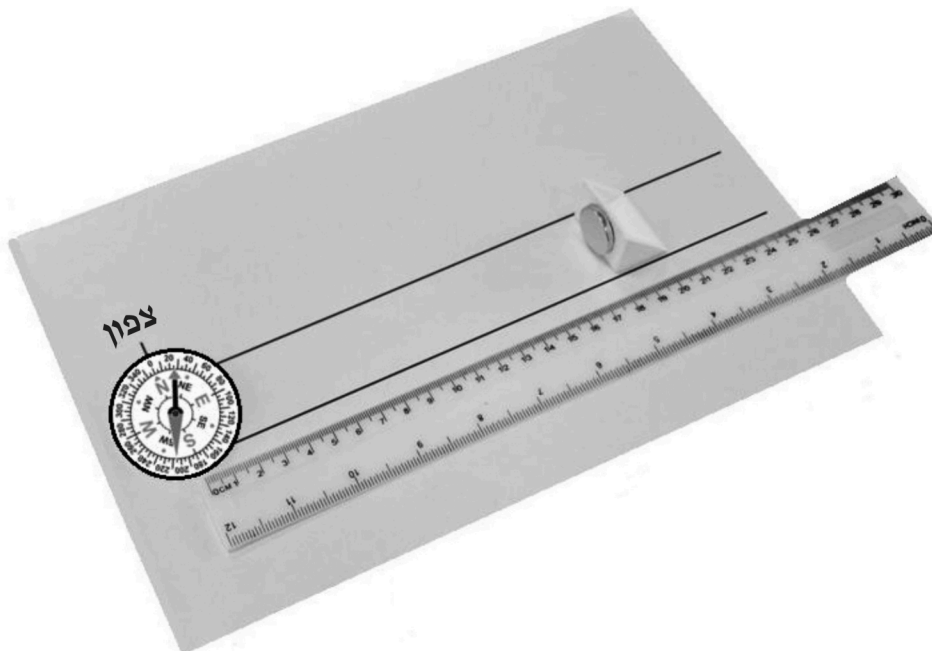
מערכת הניסוי הורכבה על שולחן אופקי באופן הבא:

- א. הציבו את המצפן על העיגול בדף העזר, כך ששנת ה- 0° מכוונת מעלה על הקו האנכי ("צפון") ושנת ה- 180° מכוונת מטה על הקו האנכי (ראו תרשים 2).



תרשים 2: הצבת המצפן

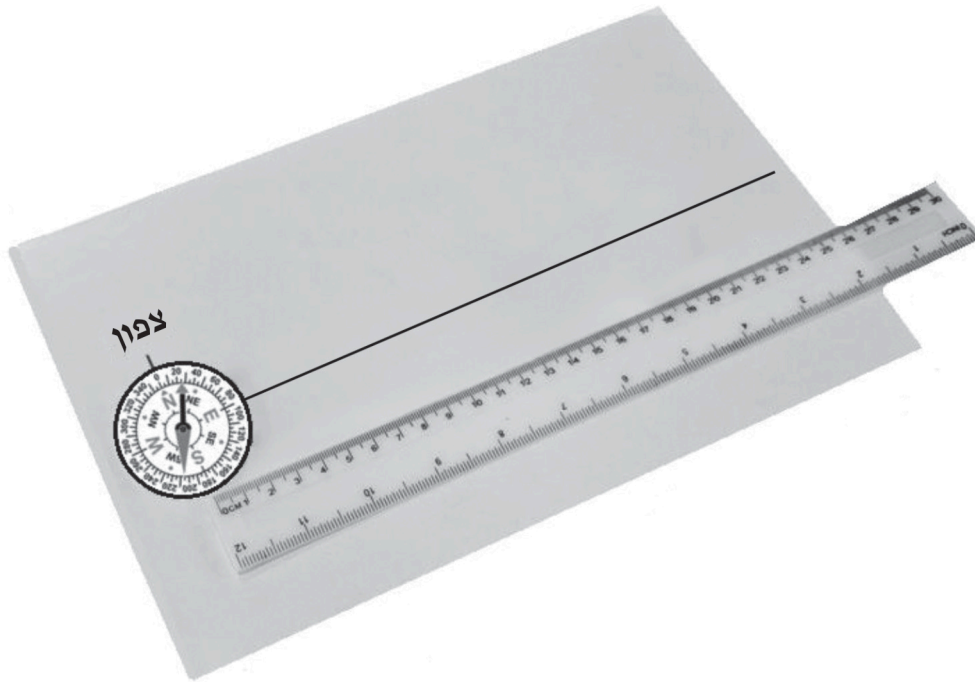
- ב. נקו את סביבת המצפן ופני השולחן מאביזרים שעשויים מחומרים פרומגנטיים - למשל, אביזרים שעשויים מברזל - אשר עלולים היו להשפיע על מחט המצפן.
- ג. סובבו את דף העזר עד שהמצפן הצביע בכיוון "צפון" המסומן על דף העזר, כלומר זווית של 0° (ראו תרשים 3 בעמוד הבא).
- ד. כשהמגנט הוצב במרחב שבין הקווים המקבילים בסביבת המצפן, מחט המצפן הושפעה מהמגנט וסטתה לכיוון המגנט בזווית α יחסית לכיוון צפון (ראו תרשים 3).
- באמצעות הסרגל ניתן למדוד את α - מרחק המגנט ממרכז המצפן.



תרשים 3: מערכת הניסוי

לאחר הצבת המגנט והמצפן, תלמיד החליט לבדוק מה יקרה למחט המצפן כאשר יקרב אליה באיטיות את המגנט. כיצד זה השפיע לדעתכם על מחט המצפן?
(3 נקודות)

2. תלמיד אחד בנה את המערכת עם שני קווים מקבילים (כמו המערכת שבתרשים 3), ותלמיד אחר בנה את המערכת עם קו ישר אחד כמו המערכת שבתרשים 4 (ראו תרשים 4).



תרשים 4: המערכת עם קו ישר
ציינו יתרון אחד לכל אחת מהמערכות במהלך ביצוע המדידות.
(4 נקודות)

3. השלב השני – השדה המגנטי של מומנט דיפול מגנטי

רקע עיוני

מומנט מגנטי או **מומנט דיפול מגנטי** הוא גודל פיזיקלי המאפיין מגנטים, גופים וחלקיקים בעלי תכונות מגנטיות. מומנט דיפול מגנטי מסומן ב- m , והוא התכונה הבסיסית ביותר הקשורה למגנט.

מידעת מומנט הדיפול המגנטי, ניתן לחשב את עוצמת השדה המגנטי שנוצר על ידי מגנט בנקודה הרחוקה ממרכז המגנט.

עוצמת השדה המגנטי שנוצר על ידי מומנט דיפול מגנטי בנקודה רחוקה ממרכז המגנט תלויה בין השאר במרחק הנקודה ממרכז המגנט.

כאשר נקודה נמצאת על ציר מרכז המגנט, עוצמת השדה המגנטי נתונה לפי:

$$B_m = \frac{\mu_0 m}{2\pi r^3} \quad (\text{נוסחה 1})$$

- B_m - עוצמת השדה המגנטי שנוצר על ידי המגנט.

- m - מומנט הדיפול המגנטי של המגנט.

- r - מרחק הנקודה ממרכז המגנט שבה נמדד השדה המגנטי.

- μ_0 - פרמיאביליות הריק.

בניסוי זה, מחט המצפן מושפעת מהשדה המגנטי שנוצר על ידי המגנט, B_m , ומהשדה המגנטי של כדור הארץ, B_E .

הנחות:

1. מרחק הנקודה שבה נמדד השדה ממרכז המגנט גדול מאוד בהשוואה לעובי המגנט.

2. השדה המגנטי של כדור הארץ בסביבת מערכת הניסוי שווה בגודלו לרכיב האופקי הממוצע של השדה המגנטי של כדור הארץ בישראל, וערכו $30 \mu T$ (מיקרו־טסלה).

א. ערכו תרשים וקטורי שבו מסומנים הווקטורים הבאים:

1. הרכיב האופקי של וקטור השדה המגנטי של כדור הארץ - B_E .

2. וקטור השדה המגנטי של המגנט - B_m .

3. כיוון המחט המגנטית של המצפן.

ציינו בתרשים את זווית הסטייה α של מחט המצפן יחסית לכיוון הצפון.

(4 נקודות)

- ב. הוכיחו שהקשר בין זווית הסטייה של מחט המצפן מהצפון, α , ובין מרחק המגנט מהמצפן, r , נתון בנוסחה הבאה:

$$\tan \alpha = \frac{\mu_0 m}{2\pi B_E r^3}$$

(4 נקודות)

- ג. הסבירו מדוע חשוב היה לסובב את דף העזר עד שהמצפן הצביע בכיוון "צפון" המסומן על הדף, כפי שמתואר בבניית המערכת.
(2 נקודות)

4. ביצוע הניסוי

מדידת מומנט מגנטי של מגנט, באמצעות חקירת הקשר בין זווית הסטייה של מחט המצפן ובין מרחק המגנט מהמצפן

בחלק זה של הניסוי עליכם למצוא את ערכו של המומנט המגנטי של המגנט שברשותכם, m . כדי לחקור את הקשר בין זווית הסטייה של מחט המצפן ובין מרחק המגנט מהמצפן, תלמיד ביצע את הפעולות הבאות:

- קבע מה צריכים להיות גודלי הזוויות של סטיית מחט המצפן.
- הזיז את המגנט למיקום המתאים בכל פעם, כך שתתקבלנה הזוויות שקבע.
- מדד את המרחק ממרכז המצפן למרכז המגנט.

תלמידים התווכחו ביניהם איזה מצפן עדיף לשימוש בניסוי המתואר: מצפן קטן בעל מחט קצרה או מצפן גדול בעל מחט ארוכה. הציגו טענה אפשרית אחת שטען כל אחד מהצדדים המתווכחים.

(4 נקודות)

5. התלמיד חקר את הקשר בין זווית הסטייה של מחט המצפן ובין מרחק המגנט מהמצפן, על פי סדר הפעולות שהוא ביצע. איזה מהגדלים הוא המשתנה הבלתי תלוי, ואיזה מהגדלים הוא המשתנה התלוי?

(3 נקודות)

6.

א. כתבו את שמו של המשתנה הבלתי תלוי בכותרת העמודה הראשונה **בטבלה** (שבעמוד הבא), והוסיפו את יחידות המידה שלו בסוגריים המרובעים.
(3 נקודות)

ב. כתבו את שמו של המשתנה התלוי בכותרת העמודה השנייה **בטבלה** (שבעמוד הבא), והוסיפו את יחידות המידה שלו בסוגריים המרובעים.
(3 נקודות)

7. א. בעזרת הקשר שהוכחתם בשאלה 3 סעיף ב', כתבו ביטוי ל- r^3 .
(4 נקודות)

ב. התלמיד רצה לקבל קשר לינארי בין המשתנה r^3 ובין משתנה נוסף. בחרו את המשתנה הנוסף מבין האפשרויות הבאות. הקיפו את בחירתכם:

1. α

2. $\frac{1}{\tan \alpha}$

3. $\tan \alpha$

4. $\tan^2 \alpha$

(4 נקודות)

- ג. כתבו את שמותיהם של המשתנים החדשים בכותרות של העמודות השלישית והרביעית בטבלה (בהתאמה), והוסיפו את יחידות המידה שלהם בסוגריים המרובעים. חשבו את גודלם בכל מדידה וכתבו את התוצאות בטבלה. הקפידו על כתיבת הערכים ב־4 ספרות משמעותיות.

תוצאות של חקירת הקשר בין זווית הסטייה של מחט המצפן ובין מרחק המגנט מהמצפן

משתנה חדש לציר האנכי [] ($\times 10^{-3}$)	משתנה חדש לציר האנכי []	משתנה חדש לציר האופקי []	[]	 []
			0.226	30
			0.214	35
			0.202	40
			0.194	45
			0.183	50
			0.173	55
			0.164	60
			0.155	65

(14 נקודות)

- ד. השלימו את העמודה החמישית בטבלה: רשמו את ערכי המשתנה החדש לציר האנכי (שכתבתם בעמודה הרביעית) לפי סדר גודל של 10^{-3} . לדוגמה, אם הערך הוא 0.001234 רשמו: 1.234. (3 נקודות)

8. א. סרטטו על הנייר המילימטרי דיאגרמת פיזור של המשתנה שקבעתם בעמודה החמישית כתלות במשתנה שקבעתם בעמודה השלישית, על פי התוצאות שכתבתם בטבלה.

הערה: אם בית הספר מעמיד לרשותכם מחשב ומדפסת, תוכלו להיעזר בגיליון אלקטרוני. הדביקו את מדבקת הנבחן שלכם גם על תדפיס המחשב, וצרפו אותו לשאלון.

(10 נקודות)

- ב. העבירו קו מגמה בדיאגרמת הפיזור שסרטטתם (הקו הישר המתאים לה ביותר).
(4 נקודות)

9. א. איזו מבין האפשרויות 1-4 שלפניכם מתארת נכונה את יחידות המידה של מומנט הדיפול המגנטי m ? הקיפו את התשובה והסבירו כיצד קבעתם אותה.

1. Am^2 (אמפר $\times$ מטר מרובע)

2. Tm^3 (טסלה $\times$ מטר מעוקב)

3. $\frac{Tm}{A}$ (טסלה $\times$ מטר חלקי אמפר)

4. 1 (גודל חסר יחידות)

(5 נקודות)

- ב. מצאו באמצעות שיפוע קו המגמה את מומנט הדיפול המגנטי של המגנט, m .

הקפידו על כתיבת התוצאה ב־3 ספרות משמעותיות.

(6 נקודות)

- ג. מצאו את ערך נקודת החיתוך של קו המגמה עם הציר האנכי, וציינו את יחידותיה.

(3 נקודות)

- ד. הסבירו מה משמעות נקודת החיתוך של קו המגמה עם הציר האנכי.

(4 נקודות)

10. על פי הוראות היצרן של המגנט, הערך המצופה של מומנט הדיפול המגנטי של המגנט שברשותכם הוא 0.896, ביחידות המידה התקניות, שקבעתם בשאלה 9.

- א. חשבו את הסטייה היחסית (באחוזים) בין מומנט הדיפול המגנטי שהתקבל מהגרף (שאלה 9 סעיף ב'), ובין מומנט הדיפול המגנטי המצופה על פי הוראות היצרן, בעזרת הביטוי:

$$\frac{|m_{\text{גרף}} - m_{\text{מצופה}}|}{m_{\text{מצופה}}} \times 100$$

(2 נקודות)

- ב. ציינו סיבה לכך שהתקבלה סטייה יחסית.

(3 נקודות)

11.

התלמידים התלבטו אם כדאי להוסיף עוד מדידות כדי לקבל מומנט דיפול מגנטי עם שגיאה יחסית קטנה יותר.

יהלי הציע: "כדאי שנבצע מדידות נוספות עבור זוויות גדולות מ- 65° ".

אביב ענתה: "אם נבצע מדידות נוספות עבור זוויות גדולות מ- 65° , זה עלול להגדיל את השגיאה היחסית".

הסבירו את טענתה של אביב.

(4 נקודות)

12.

בניסוי המתואר התלמיד קבע את ערכי זווית הסטייה של מחט המצפן (שמוקמה על שנת מוגדרת של המצפן) ולאחר מכן מדד את המרחק בין המצפן למגנט.

הסבירו מדוע התלמיד העדיף שיטה זו על פני קביעת המרחק בין המגנט למצפן ומדידת הזווית המתאימה.

(4 נקודות)

כל הבגרויות בפיזיקה עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/bagrut/physics