

מבוא למורה:

- הפעילות המוצעת כאן מורכבת מ-:
  - א. הזמנה לחקר המתייחסת לנפילת מגנטים בתוך צינורות מתכת,
  - ב. ניתוח תנועה של מוט מתכתי הנופל בשדה מגנטי אחיד - פעילות גיליון משותפת לכל הכיתה,
  - ג. חקר פתוח המתבסס על הממצאים של ב'. משך זמן המומלץ להפעלה הוא 10 שעות, בכיתה י"ב, במהלך או בסיום לימוד הפרק כא"מ מושרה.
- אם בהזמנה לחקר, תלמידים אינם מעלים מיוזמתם שאלות הקשורות לאופי התנועה של המגנט בצינור, כדאי לעודד אותם לשאול שאלות גם בהיבט הזה.
- כדי לתת מענה לשאלות חקר נוספות, התלמידים יכולים להוסיף כותרות בעמודות נוספות. כמו כן מומלץ להם לכנות את הפרמטרים בשמות.
- דוגמאות לשאלות שניתן לחקור בשלב החקר הפתוח:
  - מהו הקשר בין גודל מהירות המוט,  $v$ , לבין הזמן שחלף מרגע שחרורו,  $t$ ?
  - מהו הקשר בין גודל הכוח השקול הפועל על המוט,  $\Sigma F$ , לבין הזמן שחלף מרגע שחרורו?
  - מהו הקשר בין עוצמת הזרם הזורם בנגד,  $I$ , לבין הזמן שחלף מרגע שחרור המוט?
  - מהו הקשר בין המהירות המרבית של המוט לבין עצמת השדה המגנטי/התנגדות הנגד/מסת המוט?
  - כיצד משפיעה עצמת השדה המגנטי על קצב הדעיכה של תאוצת המוט?
  - מהו הקשר בין מסת המוט לבין קצב הדעיכה של תאוצת המוט?
  - מהו הקשר בין אורך המוט לבין קצב הדעיכה של תאוצת המוט?
  - כיצד משפיע גודל הנגד על קצב הדעיכה של תאוצת המוט?
  - מהו הקשר בין הגובה שלאורכו נפל המוט לבין החום שהתפתח בנגד?

**ההנחיות לבניית הטבלה ניתנו בהיעזר בפעילות מס' 8 – חבל מחליק משולחן-פתרון נומרי של משוואות התנועה – מכניקה ניוטונית, פעילויות לכרכים א' ו ב', מאת עדי רוזן, עמ' 156-161.**

## מגנטים נופלים

### הזמנה לחקר

לרשותכם שני גלילי מתכת זהים במסתם ובנפחם, משטחים ספוגיים, וצינור אלומיניום שקוטרו גדול במקצת מקוטר הגליל.

שימו לב: הנכם עומדים לבצע תצפית על נפילת הגלילים. אנא הקפידו להניח על הרצפה משטח ספוג, כך שבנפילתם, הגלילים יפגעו בו ולא ישירות ברצפה.

#### 1. ביצוע תצפית

- עמדו על הרצפה ואחזו גליל בכל יד.
- שחררו באותו הרגע את שני הגלילים **מאותו הגובה**. הביטו בתנועת הגלילים.
- בקשו מחבר שיאחז את צינור האלומיניום במאונך לרצפה בהשאירו רווח של כעשרים ס"מ ממנה. החזיקו גליל אחד מעל לצינור וסמוך לפתחו. את הגליל השני החזיקו מחוץ לצינור בגובה זהה. שחררו באותו הרגע את שני הגלילים ועקבו אחרי תנועתם.
- החליפו בין הגלילים כך שהגליל שנע מחוץ לצינור יהיה עכשיו מעל לפתח הצינור. שחררו שוב את הגלילים באותו הרגע מגובה זהה. עקבו אחרי תנועת הגלילים.
- תארו את התופעות בהן צפיתם, לפחות בשני אופנים שונים (מילולי, תרשים, גרף וכדומה).

#### 2. שאילת שאלות

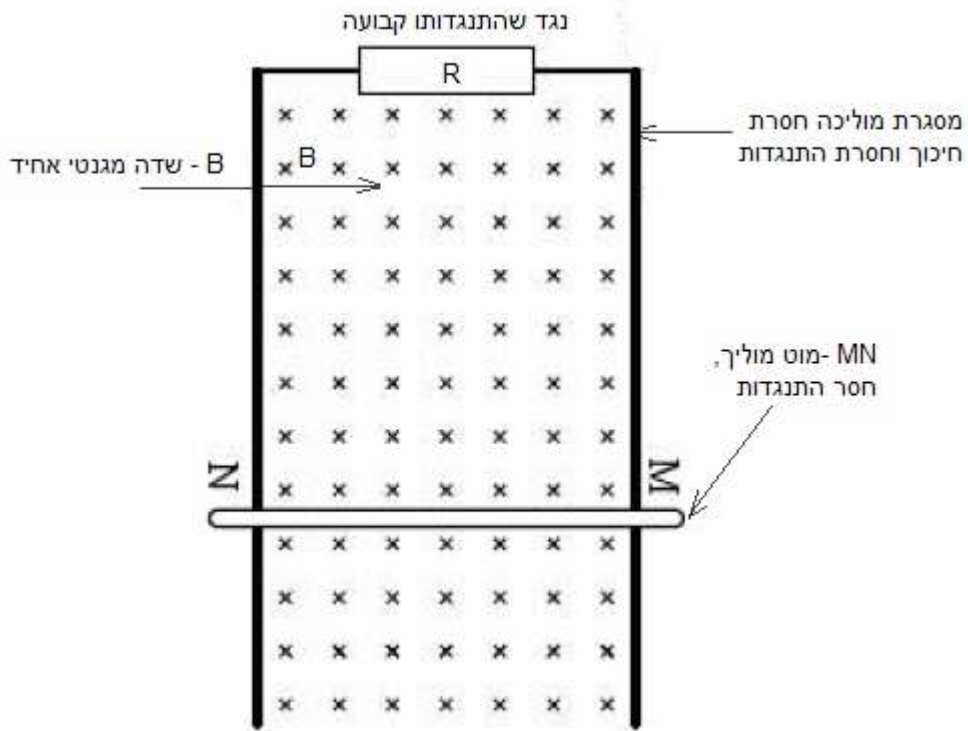
א. נסחו לפחות 5 שאלות רלוונטיות ומגוונות שמתעוררות בעקבות התצפית שביצעתם.

ב. רשמו שאלות אחרות שהוצעו ע"י שאר הקבוצות: הוסיפו לפחות שאלה אחת מכל קבוצה.

**ניתוח התנועה של מוט מוליך בשדה מגנטי אחיד**

בשלב זה, עליכם לענות על שאלת החקר הבאה: מהו אופי התנועה של המגנט בצינור ובפרט, מהו הקשר בין גודל תאוצת המגנט,  $a$ , לבין הזמן שחלף מרגע שחרורו,  $t$ ?

תשובה לשאלה זו היא אפשרית אך מורכבת. תנועה יותר פשוטה לניתוח שפועלים בה אותם עקרונות פיזיקאליים, הינה תנועה של מוט מוליך בשדה מגנטי אחיד כמתואר בתרשים.



בפעילות הנוכחית נפתח הדמיה של תנועת המוט באמצעות הגיליון האלקטרוני, נתאר את התפתחותה צעד אחרי צעד בזמן וננסה לענות על שאלת החקר שלנו.

**העלאת השערה**

נסחו בצורה בהירה השערה לגבי התשובה לשאלת החקר. נמקו השערתכם תוך שימוש במושגים ובעקרונות בפיזיקה.

**בניית טבלה בגיליון האלקטרוני לבדיקת שאלת החקר**

לרשותכם מחשב שבו מותקנת התוכנה גיליון אלקטרוני (Microsoft Office Excel). כדי לענות על שאלת החקר, נבנה בגיליון טבלה שתאפשר לנו לעקוב אחרי תאוצת המוט במשך תנועתו בשדה המגנטי. לשם כך

- כתבו ביטוי לשקול הכוחות הפועלים על המוט ברגע כלשהו של תנועתו בשדה המגנטי.
- כתבו ביטוי לתאוצה של המוט, ברגע כלשהו של תנועתו בשדה המגנטי.
- מהם הגורמים בביטוי של תאוצת המוט המשתנים עם הזמן ומהם הגורמים בביטוי שאינם משתנים עם הזמן? לגורמים בביטוי, המשתנים בזמן, נקרא "משתנים" ולגורמים בביטוי שאינם משתנים בזמן, נקרא "פרמטרים".
- הביטוי שפיתחתם מכיל בתוכו גם משתנה וגם את הנגזרת שלו. כדי להיעזר בגיליון האלקטרוני ל"פצח" את הביטוי, נחלק את התנועה לצעדי זמן קטנים  $dt$  ונניח שבכל צעד זמן כזה, המוט נע בתאוצה קבועה. שימו לב שגם  $dt$  הוא פרמטר.
- קבעו את ערכי הפרמטרים כדלהלן:  $dt = 0.01s$ ,  $B=2T$ ,  $l=0.1m$ ,  $m=0.01kg$ ,  $R=1.2\Omega$ .
- בנו טבלה שבה תייחדו למשתנים את העמודות C, D, E.
- בשורת הכותרות הקלידו בעמודה C את הכותרת t בעמודה D את הכותרת v ובעמודה E את הכותרת a.
- בשורת תנאי ההתחלה ו בתא C2 הקלידו: 0, בתא D2 הקלידו: 0 ובתא E2 הקלידו 9.8.
- בשורת הנוסחאות הקלידו נוסחאות שיקיימו את התנאים הבאים:

$$t_{n+1} = t_n + dt \quad .1$$

$$v_{n+1} = v_n + a_n \cdot dt \quad .2$$

$$a_{n+1} = 9.8 - \frac{4 \cdot 0.01 \cdot v_{n+1}}{0.01 \cdot 1.2} \quad .3$$

	F	E	D	C	B	A	
1		a	v	t	כותרות:	שורת	
2					התחלה:	תנאי	
3					נוסחאות:	שורת	
4							
5							
6							
7							
8							

- שכפלו את סדרת התאים E3, D3, C3 לאורך מספר שורות. כיצד תקבעו עד לאיזו שורה יש לשכפל תאים אלה?

**עיבוד הממצאים והסקת מסקנות**

- הציגו גרפים שנותנים מענה לשאלת החקר שלכם.
- אילו מבין הפונקציות המוצעות לקו מגמה נראית לכם מתאימה לגרף שיצרתם? הסבירו את תשובתכם.
- הסיקו מסקנות המתייחסות לקשר שבין תוצאות הניסוי לבין שאלת החקר. האם השערתכם הייתה נכונה? אם לא, מהי לדעתכם הסיבה לחוסר ההתאמה? ציינו את הקשר שבין המסקנות שהסקתם ובין עקרונות ומושגים בפיזיקה.
- הסיקו מסקנות נוספות העולות מממצאי ההדמייה שביצעתם.

**מה יקרה אם...**

- א. כיצד היו משתנות תוצאות ההדמיה שלכם, אם בכלל, אם עצמת השדה המגנטי היתה קטנה פי 2? נמקו.
- ב. כיצד היו משתנות תוצאות ההדמיה שלכם, אם בכלל, אם הייתם מניחים שהתנועה מתרחשת על פני הירח? נמקו.
- ג. הציעו שאלות חדשות העולות מממצאי ההדמייה שביצעתם.

**דיווח**

הציגו לפני תלמידי הכיתה את השאלות החדשות שעלו מתוך הממצאים שלכם.

**מימוש החקר****שאלת החקר**

- בחרו שאלה אחת מהשאלות המוצעות, הניתנת לחקירה באמצעות הגיליון האלקטרוני (שימו לב, הנכם רשאים להוסיף עמודות לטבלה שבניתם).
- נסחו שאלה זאת כשאלת חקר, במידת האפשר כקשר בין שני משתנים.

**העלאת השערה**

נסחו בצורה בהירה השערה לגבי שאלת החקר. נמקו השערתכם תוך שימוש במושגים ובעקרונות בפיזיקה.

**עדכון הגיליון לבדיקת שאלת החקר וההשערה**

היעזרו במה שלמדתם בשלב הקודם כדי לתאר:

- את המשתנה התלוי, המשתנה הבלתי תלוי והגורמים הקבועים בהדמייה.
- כיצד תשתמשו בגיליון האלקטרוני לביצוע החקר הנדרש.
- כיצד תציגו את ממצאי הניסוי שלכם.

**שימו לב,** ניתן לשדרג את הטבלה שבניתם על ידי כינוי הפרמטרים של ההדמיה בשמות. לשם כך הקדישו לפרמטרים מלבן שקודקודיו הם A6 ו B10 כמתואר למטה:

F	E	D	C	B	A	
	a	v	t	כותחת:	שורת	1
				התחלה:	תנאי	2
				נוסחאות:	שורת	3
						4
				פרמטרים	רשימת	5
				dt	0.01	6
				B	2	7
				l	0.1	8
				m	0.01	9
				R	1.2	10
						11

צבעו את עשרת התאים במלבן, לאחר מכן בחרו בתפריט "הוספה" באפשרות "שם" ובה בחרו ב"יצירה". במצב זה נפתחת תיבת דו-שיח. בתיבה זו סמנו את האפשרות "בעמודה השמאלית". לאחר שתקישו על "אישור", המחשב יתן לכל פרמטר שם, שהוא צירוף האותיות הנמצאות בתא שמשמאל לפרמטר. כדי לוודא שהפעולה הצליחה, סמנו תא שבו מאוחסן פרמטר, למשל את התא A6. אם הפעולה הצליחה, בתיבת השם (משמאל לתיבת הנוסחאות) צריך להופיע dt, במקום הכתובת A6. מעתה, כאשר תקלידו נוסחאות, תוכלו להשתמש בשמות הפרמטרים, ולא תצטרכו להשתמש בכתובות של התאים בהם מאוחסנים הפרמטרים.

### הרצת ההדמיה

הריצו את ההדמיה בהתאם לתכנון

### עיבוד הממצאים והסקת מסקנות

- הציגו את תוצאות המדידה בשני אופנים.
- הסיקו מסקנות רבות ככל האפשר העולות מתוצאות המדידה.

### שיתוף החקר

#### דיווח ודין

- א. הציגו לפני תלמידי הכיתה את חלק זה של הפעילות בעזרת מצגת PP. התייחסו בהצגתכם גם לקשיים איתם נאלצתם להתמודד במהלך הפעילות. על כל חברי הקבוצה לקחת חלק בהצגה שתמשך לא יותר מ-5 דקות.
- ב. הגישו דיווח בכתב על פי ההוראות שיוגשו לכם ע"י המורה.

### עבודה נעימה!