

פרויקט מפמ"ר בפיזיקה תשפ"ג

שאלות הערכה במכניקה וחשמל

מיפוי מיומנויות ותובנות

כתיבה ועריכה: ד"ר אריאל אברשקין

הפיקוח על הפיזיקה

מאי 2023

טיוטה

מבוא

בשנים האחרונות בחינות הבגרות בפיזיקה שמות דגש הולך ונרחב על מיומנויות אורייניות ואחרות : שרטוט והסקה מגרפים (ליניאריים ולעיתים גם לא ליניאריים), הסברים, שליפת מידע מטקסטים ארוכים או כאלה שמשלבים ייצוגים שונים כגון תרשימים וגרפים, סיטואציות רבות ושונות בשאלה, וכדומה.

מתוך הבנת החשיבות של שילוב מיומנויות אלה בהערכה, השתדלתי, לפחות באופן חלקי, לנסח לתלמידי שאלות ברוח זו בשלבי הערכה שונים של לימודיהם לבגרות (בחינות במהלך השנה ובחינות מתכונת).

אוגדן זה כולל מספר שאלות הערכה במכניקה וחשמל אשר ניתנו לתלמידי בשנים האחרונות. כל השאלות מכוונות לרמת בגרות או דומה לה. הן עשויות לכלול לעתים סעיפים ברמות קושי מעט מעבר למקובל בבחינות בגרות. באוגדן 8 שאלות לדוגמה במכניקה ו – 7 בחשמל בהתאם לנושאי תכנית הלימודים. מרבית השאלות הן מבחינות שניתנו במהלך השנה, אך הוא מכיל גם דוגמאות לשאלות מבחינות מתכונת, כמצוין בתוכן העניינים. שאלות המתכונת נכתבו בשיתוף צוות מורי הפיזיקה בתיכון "בליך".

לכל שאלה באוגדן מצורף ניתוח קצר הכולל שלושה מרכיבים :

- תיאור המטרות העיקריות בשאלה, הן מבחינת תוכן והן, ובעיקר, בנוגע למיומנויות שונות.
- תובנות שעלו מתשובות תלמידים. כאן עולים בעיקר קשיים במגוון תחומים : הבנת התוכן, ניתוח טקסט, ניסוח תשובות והסברים, תכנון לקוי של שרטוט גרף, ואחרים. לעתים הקשיים כלליים (ניסוח הסבר לדוגמה) ולעתים פרטניים לשאלה.
- מיפוי מיומנויות. יש לשים לב כי אפשרית חפיפה מסוימת בין מיומנויות שונות בטבלה. כמו כן, קיימות במיפוי מיומנויות שאין להן ייצוג בשאלות, בעיקר בתחום המידול. הדבר נועד להחצין את חשיבותן כמיומנויות מדעיות, יחד עם המקום המועט שהן תופסות, לטעמי, בהערכה החיצונית כיום.

מטרת המיפוי וניתוח השאלות היא לספק נקודת מבט לשיקולי הדעת שעלו בכתיבת כל שאלה, וכן להתייחס לממצאים הנוגעים ליכולתם של התלמידים להתמודד עמה באופן משביע רצון. כך, פרט לשאלה עצמה, ניתנת תשתית אפשרית למגוון שיקולים בתכנון שאלות דומות (מטרות, מבנה, תוכן וכדומה).

מודגש, לתשומת לבכם, כי :

- א. השאלות שנבחרו לאוגדן מוכוונות לפיתוח והערכת מיומנויות שונות כגון שליפת מידע מטקסטים ארוכים ועמוסים, שרטוט ואנליזה של גרפים, ניתוח איכותי של סיטואציות פיזיקליות, או ניסוח סעיפי הסבר. מכאן שהשאלות מדגישות היבטים אלה ודומים להם, באופן שעשוי לחרוג (ולעתים באופן משמעותי) מהמקובל בהערכות חיצוניות.
 - ב. בהתאם, השאלות גם עשויות להיות ארוכות מהמקובל במבחני מתכונת ובגרות, או "מוקצנות" מבחינת המשקל שהן מעניקות להיבטים ומיומנויות כאלה ואחרים. כך למשל, יתכנו שאלות שעיקרן אנליזה של גרפים וסעיפי הסבר.
 - ג. האוגדן אינו קשור לבחינות הבגרות, והשאלות בו לא נועדו לייצג או "לחקות" בחינות אלה. כאמור לעיל, זהו אוגדן בו מושם דגש על הערכה מעצבת של מיומנויות שונות, המהוות, לתפישתי, מרכיב חיוני בפיתוח תשתית לחשיבה פיזיקלית.
 - ד. השאלות באוגדן, וכן הניתוח והמיפוי שלהן הינם סובייקטיביים לחלוטין. יתכנו כמובן נקודות מבט אחרות ואף מנוגדות לנכתב כאן.
 - ה. הערכים בחלק מהשאלות, כגון התנגדות גוף האדם, אינם בהכרח "מציאותיים".
- השימוש המומלץ באוגדן הוא ככלי עזר בעיצוב הערכה מוכוונת מיומנויות, וכמדריך לשיקולי דעת אפשריים בפיתוח שאלות דומות. ניתן גם להיעזר בתובנות העולות מתשובות התלמידים בדיונים מתאימים בכיתות. שימוש במרכיבים שונים מתוך השאלות אפשרי בתכנון וניסוח מבחני מתכונת ואירועי הערכה אחרים.

האוגדן המצורף הינו טיוטה בתהליך פיתוח. הרחבות ושינויים מתוכננים בהמשך. רב תודות ליהונתן ווייט על הערת חשובות וחיוניות לטיוטה זו.

ד"ר אריאל אברשקין
הפיקוח על הפיזיקה

תוכן עניינים

מכניקה

שאלה	נושאים עיקריים
1	קינמטיקה : גרף תאוצה זמן, תנועת שני שלבים
2	קינמטיקה : זריקה אנכית, תנועת שני שלבים
3	חוקי ניוטון : מישור משופע, תנועת שני שלבים, מערכת גופים, חיכוך סטטי
4	עבודה ואנרגיה : מעגל אנכי, עבודת כוח חיצוני, זריקה אופקית
5	תנועה מעגלית קצובה : מטוטלת קונית
6	תנועה מעגלית קצובה : גוף אחד ושני גופים קשורים, זריקה אופקית
7	מתקף ותנע : משפט מתקף – תנע, כוח ממוצע, התנגשות פלסטית, גרף מתקף – זמן (מתכונת)
8	כבידה : תנועת לוויין, ריחוף, "מרדף" במסלול מעגלי, חיבור חלליות במסלול (מתכונת)

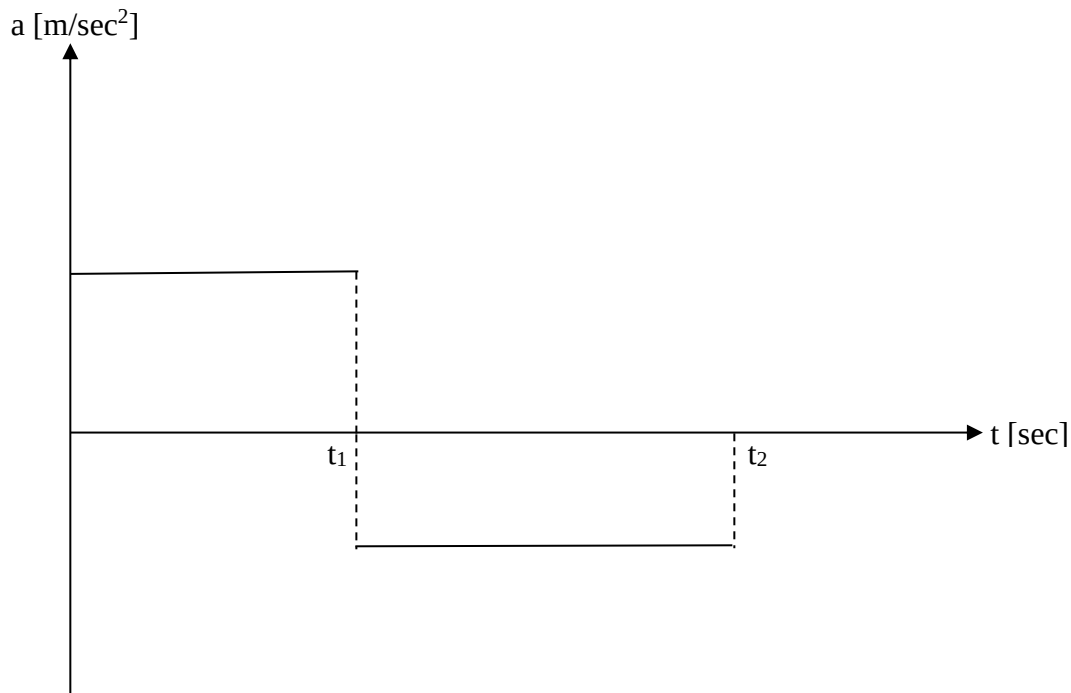
חשמל

שאלה	נושאים עיקריים
1	אלקטרוסטטיקה : שדה, פוטנציאל ואנרגיה בייצוג קווי פוטנציאל של מערכת מטענים
2	אלקטרוסטטיקה : שדה וחוק קולון (שאלת ניסוי)
3	מעגלי זרם : נורות, כא"מ ומתח הדקים, חיבור פוטנציומטרי, הספק ונצילות
4	מעגלי זרם : הסקת מעגל מתרשים, כא"מ ומתח הדקים, נצילות, תלות ההתנגדות בממדי הנגד
5	מגנטיות : כוח בין תילים, סילונית (שאלת ניסוי)
6	מגנטיות : תנועת חלקיק בשדה חשמלי ומגנטי, בורר מהירויות
7	כא"מ מושרה : סילונית, ניתוח גרף שדה מגנטי כתלות בזמן, כוח מגנטי על תיל (מתכונת)

מכניקה

1. חברת "מכוניות שגורמות לפיזיקאים להתרגש בע"מ" החלה בפיתוח מכונית בה מערכות הדלק והבלמים נשלטות על ידי מחשב מהיר המאפשר מעבר בפרק זמן קצר ביותר בין האצות ובלימות. לצורך השאלה הניחו כי מדובר במעבר מיידי. החברה פתחה בסדרת ניסויים לבחינת המכונית, לפני שיווקה לציבור הרחב.

באחד הניסויים נמדדה תאוצתה של המכונית כתלות בזמן, אך עקב חוסר תשומת לב של מהנדסי החברה (שהתרגשו מסדרת ההאצות והבלימות) נמחקו הערכים המספריים של המדידה. כתוצאה מכך התקבל גרף תאוצה – זמן איכותי (ללא ערכים מספריים) המתואר בתרשים א'. בכל אחד מחלקי התנועה הגרף מקביל לציר הזמן. משך הזמן של החלק השני של התנועה (בו התאוצה שלילית) גדול משל החלק הראשון (בו התאוצה חיובית). המכונית נעה על כביש אופקי. הכיוון החיובי של ציר המיקום מוגדר ימינה.



תרשים א': גרף תאוצה זמן איכותי (ללא נתונים מספריים) של המכונית

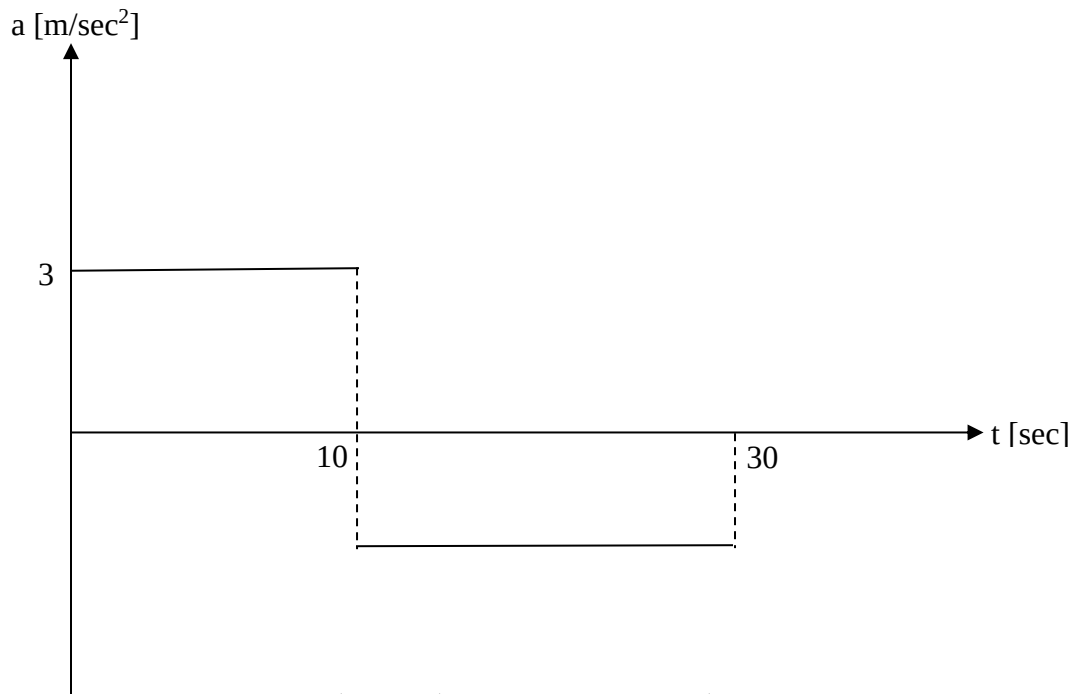
א. סמנו את הטענה הנכונה, והסבירו תשובתכם בקצרה :

- (1) המכונית נעה בתנועה שוות מהירות.
- (2) המכונית נעה בתנועה שוות מהירות למקוטעין
- (3) המכונית נעה בתנועה שוות תאוצה.
- (4) המכונית נעה בתנועה שוות תאוצה למקוטעין.
- (5) לא ניתן לקבוע מהנתונים.

ב. נתון : המכונית החלה תנועתה ממנוחה, מראשית ציר המקום ($x=0$), ועצרה עם סיום המדידה בזמן t_2 . מה ניתן לומר על היחס בין ערכן המוחלט של תאוצות המכונית בשני שלבי המדידה? הסבירו. שימו לב : לא ניתן להסתמך על ערכי הציר האנכי בגרף בסעיף זה.

ג. שרטטו באופן איכותי (ללא ערכים מספריים) את גרף **מקום – זמן** של המכונית. הקפידו שהגרף ייצג נכונה את נתוני השאלה. הסבירו את צורת הגרף שהתקבלה.

ד. לאחר מאמצים ניכרים הצליחו מומחי מחשבים לחלץ ממכשיר המדידה חלק מהנתונים, ושרטטו על פיהם גרף תאוצה – זמן מעודכן, המתואר בתרשים ב'.



לגרף נוספו הנתונים : הזמנים t_1 ו- t_2 , והתאוצה בחלק הראשון של התנועה.

התאוצה בחלק התנועה השני עדיין אינה ידועה.

חשבו :

(1) את תאוצת המכונית בחלק השני של תנועתה, מזמן $t=10 \text{ sec}$ עד זמן $t=30 \text{ sec}$.

(2) את ההעתק הכולל שעברה המכונית בתנועתה, מזמן $t=0$ עד זמן $t=30 \text{ sec}$.

ה. למארגני הניסוי הסתבר כי נהג המכונית שכח לקחת עמו את ארוחת הצהריים שלו. כדי לחסוך בעלויות הזמן שידרוש נהג המבחן להפסקת צהריים, הם החליטו לשלוח לו אותה באמצעות שליח רכוב על אופנוע.

האופנוע החל את תנועתו ממנוחה, מראשית ציר המקום ($x=0$) – נקודת הזינוק של המכונית, ונע בתנועה שוות תאוצה כל העת.

נתון כי האופנוע החל את תנועתו זמן קצר לאחר תחילת התנועה של המכונית, וכי הוא השיג אותה לפני עצירתה.

הסבירו מדוע האופנוע והמכונית נפגשו פעם אחת בלבד. הקפידו על הסבר מלא ומדויק!

הערה : הנח כי במפגש בין האופנוע למכונית שמרו שניהם על תנועתם : האופנוע בתנועה שוות תאוצה, והמכונית בתנועה המתוארת ע"י גרף תאוצה- זמן הנתון.

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

שאלה בקנימטיקה המסתמכת על ניתוח גרף תאוצה זמן בתנועה בת שני שלבים. אחת ממטרות השאלה, פרט לבדיקת ידע תוכן, היא להדגיש ולהעריך הסברים איכותיים וייצוגים גרפיים (כולל מעבר ביניהם). היא נועדה להציג בפני התלמידים את ההיבטים השונים הנדרשים מהם בניתוח איכותי או איכותי למחצה של טקסט וגרפים, כמו גם אלה הרלוונטיים להסבר מדעי. בהתאם לכך, סעיפי חישוב תופסים בשאלה מקום משני. הדבר עשוי להוציא את התלמידים מ"אזור הנוחות" בה עיקר השאלה מבוסס על פתרונות אנליטיים.

מאפייני השאלה :

- טקסט ארוך, נתונים פזורים.
- דגש על סעיפי הסבר או הכוללים הסבר (א, ב, ג, ה).
- הסקה מגרפים (א, ב, ד)
- שרטוט גרף איכותי לא ליניארי, המחייב הסקה בת שני שלבים (תאוצה ← מהירות ← מיקום)
- סעיף הסבר (סעיף ה') הכולל התייחסות למספר טיעונים (מיקום ומהירות במפגש לאחר מרדף) וכן התייחסות לשני מקרים אפשריים בהתאם לזמן בו המפגש התבצע.

תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
ג	קשיים רבים בשרטוט גרף איכותי, ובהסבר השרטוט. • צורת גרף שגויה • חוסר שימת לב לפרטים (שיפוע מתאפס בהתחלה ובסוף למשל) • הסברים חסרים או לקויים לצורת הגרף, בפרט חוסר התייחסות למאפיינים שונים, גם כאשר הם משורטטים נכון
ה	קשיים רבים בניסוח הסברים • טיעונים ללא הסקה לוגית או הסקה שגויה, חסר קישור בין נתונים למידע פיזיקלי. • ניסוחים לא מובנים, שימוש במילים נרדפות במקום הסבר. • טיעונים חלקיים (התייחסות רק למיקום או רק למהירות במפגש). • מרבית התלמידים התעלמו מכך שיש להתייחס לשני מקרים שונים בהסבר, גם כאשר הטיעונים בהסבר היו נכונים.

מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	א
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	ב, ד
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	
	מעבר בין ייצוגים	ג
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימוש לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	
קריאת והבנת טקסט ותרשים	הסקת נתונים מטקסט	א, ב, ה
	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	כל השאלה
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	ב, ד, ה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	
	הסקה מתרשים	
ייצוג גרפי	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	א, ב, ד
	שרטוט גרף איכותי	ג
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
ביטוי מתמטי / חישוב	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ד
	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
הסבר	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	א, ב, ה
	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ה
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	ה (אופציה)

2. מתקן בלונה – פארק מורכב ממעלית המחוברת לעמוד אנכי ויכולה לנוע על פניו מעלה ומטה על ידי מנוע המחובר אליה. הנח כי העמוד גבוה מספיק כך שהמעלית אינה עוזבת אותו בכל מהלך תנועתה. הכיוון החיובי של הציר האנכי מוגדר כלפי מעלה.

א. המעלית מתחילה לנוע ממנוחה מתחתית המגדל ונעה בתאוצה קבועה במשך 4 sec. לאחר זמן זה היא נמצאת בגובה 48 m.

(1) מצאו את תאוצת המעלית.

(2) מצאו את מהירות המעלית בתום ארבע השניות של התנועה.

ב. לאחר 4 sec מנוע המעלית מפסיק לפעול והמעלית נעה בהשפעת כוח הכובד בלבד.

מצאו את הגובה המקסימלי מעל הקרקע אליו תגיע המעלית.

ג. שרטטו גרף **מהירות – זמן איכותי** של המעלית מתחילת תנועתה ועד חזרתה לקרקע. סמנו על פני הגרף את הנקודות בהן :

(I) מנוע המעלית חדל לפעול. הסבירו את צורת הגרף בנקודה זו.

(II) המעלית היתה בשיא גובהה.

(III) הזמן בו הגיעה המעלית חזרה לקרקע.

הסבירו בקצרה את שיקוליכם בקביעת נקודות (II) ו (III).

ד. חשבו מתי פגעה המעלית בקרקע.

ה. מפעיל המתקן הגיעו למסקנה כי יש לבלום את המעלית בעת ירידתה, כדי שתגיע חזרה לקרקע במהירות אפסית.

מבין האפשרויות הבאות, בחר את זו שיכולה להתאים לתכנון החדש של המתקן.

השלימו את המשפט, ונמקו את בחירתכם.

”יש להפעיל את מנוע המעלית בשלב כלשהוא לקראת סוף הירידה כך שיגרום לתאוצה נוספת

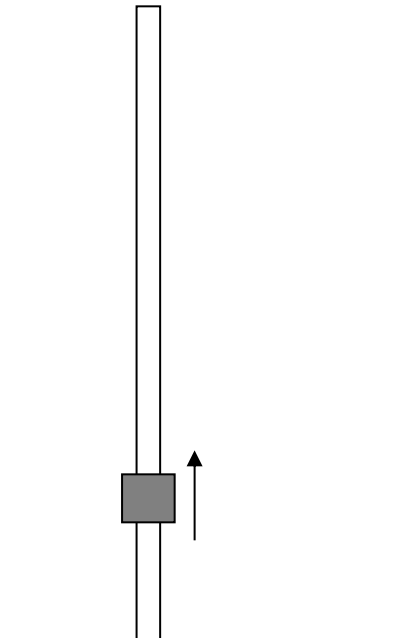
(פרט לתאוצת הכובד) של...”

(1) 5 m/sec^2 בכיוון מעלה.

(2) 5 m/sec^2 בכיוון מטה.

(3) 15 m/sec^2 בכיוון מעלה.

(4) 15 m/sec^2 בכיוון מטה.



ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

שאלה סטנדרטית בקינמטיקה הכוללת ניתוח תנועה אנכית בת שני שלבים. בהתאם, היא שמה דגש על קישור שני שלבי התנועה – נתוני הסיום של השלב הראשון (מיקום, מהירות) הם נתוני ההתחלה של השלב השני.

השאלה חישובית בעיקרה, אך כוללת גם שרטוט גרף מהירות-זמן איכותי, והסבר צורתו. אחת ממטרות השאלה היא שתלמידים יתייחסו לייצוגים שונים של תנועה בת שני שלבים – מילוליים, חישוביים וגרפיים, ויקשרו ביניהם.

מאפייני השאלה :

- דגש על סעיפי חישוב העושים שימוש במגוון נוסחאות קינמטיות (א, ב, ד).
- שרטוט גרף איכותי ליניארי, בדגש על הסבר מאפיינים שונים שלו (צורה (I), משמעות פיזיקלית לערך בנקודה על הגרף (II), שטח (III)).
- סעיף הסבר פשוט אך עם טענות דומות זו לזו – מחייב קריאת טקסט זהירה.

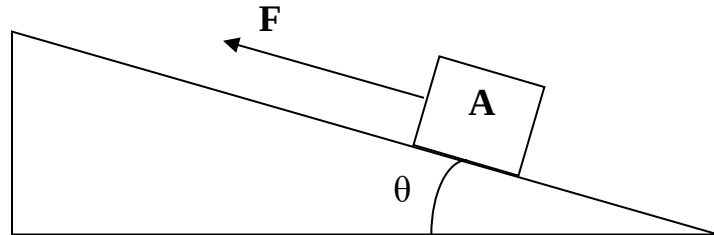
תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
ב, ד	קשיים בניתוח תנועה דו שלבית, בפרט בסעיף ד' בו תלמידים חישובו את זמן החזרה לגובה בו התחיל שלב הנפילה החופשית, ולא זמן החזרה לקרקע.
ג	קשיים רבים בשרטוט גרף איכותי, ובהסבר השרטוט. • צורת גרף שגויה • חוסר שימת לב לפרטים, כגון מי משיפועי הגרף בחלקים השונים גדול יותר • הסברים חסרים : תלמידים רבים התעלמו מההנחיה המפורשת להסביר היבטים I – III בגרף ; לרוב הייתה התייחסות לחלק מההיבטים והתעלמות מאחרים. בפרט, קישור השטח מתחת לגרף להיבט III הייתה חסרה מאוד.
ה	קשיים בניסוח הסברים • טיעונים ללא הסקה לוגית או הסקה שגויה, חסר קישור בין נתונים למידע פיזיקלי. • ניסוחים לא מובנים, שימוש במילים נרדפות במקום הסבר. • תלמידים רבים ניסחו הסבר נכון אך הסיקו באופן שגוי ממנו על בחירת הטענה הנכונה. יתכן שנבע מחוסר תשומת לב בקריאת הטענות והתייחסות אליהן כאל תאוצה כוללת ולא תאוצה נוספת.

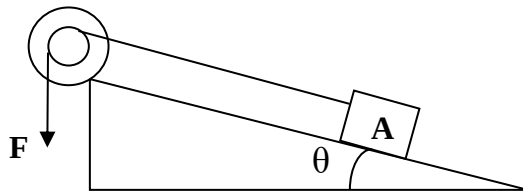
מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א, ב
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	
	מעבר בין ייצוגים	ג
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	ג, ה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	
	הסקה מתרשים	
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	ג
	שרטוט גרף איכותי	ג
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	א, ב, ד
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ה
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

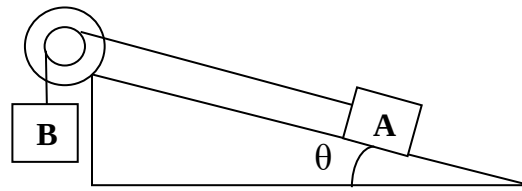
3. גוף A נמצא במנוחה בתחתית מישור משופע חסר חיכוך. מסת הגוף 6 kg, זווית שיפוע המישור 37° . מפעילים על הגוף כוח $F=45\text{ N}$ במעלה המישור (ראו איור) החל מ- $t=0$ עד $t=4\text{ sec}$. המישור המשופע ארוך מאוד כך שגוף A לא מגיע לקצהו העליון בשום שלב במהלך תנועתו. בחישוביכם השתמשו בערכים המקורבים (אם תזדקקו להם): $\sin(37^\circ) = 0.6$, $\cos(37^\circ) = 0.8$.



- א. (1) שרטטו את תרשימים הכוחות הפועלים על הגוף במהלך פעולת הכוח F (מרגע $t=0$ עד $t=4$ sec), ורשמו ליד כל כוח מי מפעיל אותו (עבור F רשמו 'כוח חיצוני').
 (2) רשמו את משוואות הכוחות על הגוף במהלך פעולת הכוח F .
 ב. חשבו את תאוצת הגוף בזמן פעולת הכוח F .
 ג. (1) תארו את תנועתו של גוף A מרגע $t=0$ עד הגיעו לשיא הגובה במעלה המישור המשופע. התייחסו לסוג התנועה (שוות מהירות, שוות תאוצה, תאוצה משתנה), וכן כיוון, או כיווני התאוצה במהלך התנועה.
 (2) חשבו את המרחק לאורך המישור אותו עבר הגוף מ- $t=0$ ועד עצירתו הרגעית במעלה המשטח.
 ד. במקרה אחר, בוצעו שני ניסויים:
 (1) גוף A חובר בחוט לגוף B שמסתו 8 kg כמתואר בתרשים א'
 (2) גוף A נמשך על-ידי כוח $F=80\text{ N}$ כמתואר בתרשים ב'



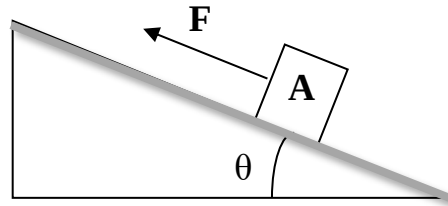
תרשים ב'



תרשים א'

ענו מבלי לחשב האם תאוצת גוף A בשני הניסויים שווה. אם לא – באיזה ניסוי התאוצה גדולה יותר? הסבירו את תשובתכם.

- ה. במקרה נוסף, מניחים את גוף A על גבי משטח מחוספס, כך שעתה קיים חיכוך בין הגוף והמשטח. מפעילים על הגוף כוח F במקביל למישור, בדומה לניסוי הראשון (ראו איור).
- מבצעים סדרת ניסויים, שבכל אחד מהם גודלו של הכוח F שונה, אך כיוונו הוא תמיד במעלה המישור. בכל הניסויים הגוף A נותר במנוחה.
- בחרו את הטענה הנכונה מבין הטענות הבאות, ונמקו את בחירתכם.
- (1) לא יתכן כי עבור כוחות F שונים גוף A ישאר במנוחה.
 - (2) גודלו וכיוונו של כוח החיכוך הסטטי קבועים בכל סדרת הניסויים.
 - (3) כיוונו של כוח החיכוך הסטטי קבוע בכל סדרת הניסויים, אך גודלו משתנה.
 - (4) גם כיוונו וגם גודלו של כוח החיכוך הסטטי עשויים להשתנות בסדרת הניסויים.



ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

אחת המטרות הייתה ליצור שאלה "רחבת יריעה" יחסית בחוקי ניוטון הכוללת התייחסות לנושאים שונים : מישור משופע, תנועת שני שלבים (כולל חישוב קינמטי), השפעת כוח חיצוני לעומת משקל בתאוצת מערכת, חיכוך סטטי ותלותו בכוח חיצוני. הדבר מתבטא בכך שבשאלה 3 סיטואציות שונות : תנועת גוף יחיד על מישור משופע ללא חיכוך, מערכת גופים, גוף על מישור משופע עם חיכוך סטטי. השאלה מאזנת בין סעיפי חישוב וסעיפי הסבר, כאשר הבסיס שלה מחצין שימוש בתרשימי ומשוואות כוחות.

מאפייני השאלה :

- שאלת שני שלבים בתנועת הגוף על המישור, בכל שלב הכוח השקול שונה בגודלו ובכיוונו. נדרש חישוב קינמטי המתייחס לשני השלבים. קיום שני השלבים מונחה בסעיף ג'(1) אולם אין הנחיה מפורשת לערוך את החישוב הקינמטי בהתאם לכך, ועל התלמידים להסיק זאת בעצמם.
- שאלה עם סיטואציות רבות יחסית (3) ושונות זו מזו. ההתייחסות לסיטואציות המשתנות היא בסעיפי הסבר, ללא חישוב.
- סעיף ההסבר הנוגע לחיכוך סטטי מורכב יחסית, ומחייב שני שיקולים : (1) החיכוך הסטטי אינו קבוע אלא תלוי בכוח החיצוני השקול. (2) לכוח זה שני רכיבים $F - \text{ורכיב } mg$ בכיוון מורד המישור. אלה משפיעים הן על גודל הכוח והן על כיוונו.

תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
ג(2)	קשיים בניתוח תנועה דו שלבית. תלמידים רבים מתעלמים מהשלב השני של התנועה (לאחר הפסקת הכוח F) וזאת על אף ההבניה באמצעות השאלה אודות סוג התנועה בסעיף ג(1). לעתים הטעות היא בשני הסעיפים ולעתים תלמידים מנתחים נכון את סוג התנועה אך לא לוקחים זאת בחשבון בחישוב המרחק המקסימלי.
ד	מקרים לא מעטים בהם עולה הטענה כי שקול כוחות שווה פירושו תאוצה שווה. זאת אף אם הדברים תורגלו בכיתה או בבגרויות (זהו סעיף קלאסי במבחני בגרות).
ה	קשיים בפתרון או בניסוח הסברים : - תשובה שגויה מקובלת – גודל חיכוך קבוע על פי הנוסחה ל- $f_{s,max}$. - תשובות חלקיות המתייחסות אך ורק לגודל כוח החיכוך ולא לאפשרות הפיכת הכיוון (התעלמות ממרכיב כיוון הכוח השקול ותלותו ב- $mg \sin \theta$). - טיעונים ללא הסקה לוגית או הסקה שגויה, חסר קישור בין נתונים למידע פיזיקלי. - ניסוחים לא מובנים, שימוש במילים נרדפות במקום הסבר.

מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ג, ד, ה
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ג, ד, ה
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ד, ה
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	ג, ד, ה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	
	הסקה מתרשים	א, ד, ה
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ב, ג
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	א
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ד, ה
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ה
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

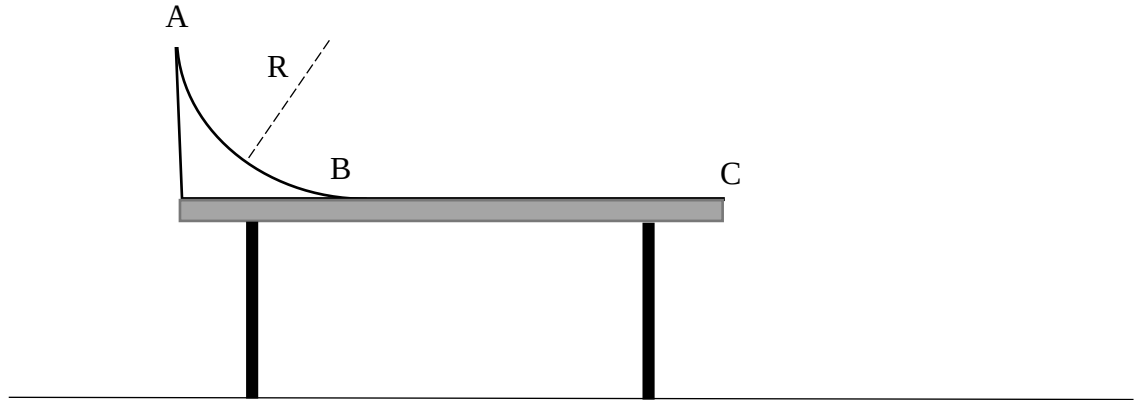
4. מציבים מסלול חסר חיכוך ABC על גבי שולחן.

הקטע AB הוא רבע מעגל, ואילו הקטע BC הוא ישר אופקי. מבצעים שני ניסויים:
ניסוי ראשון:

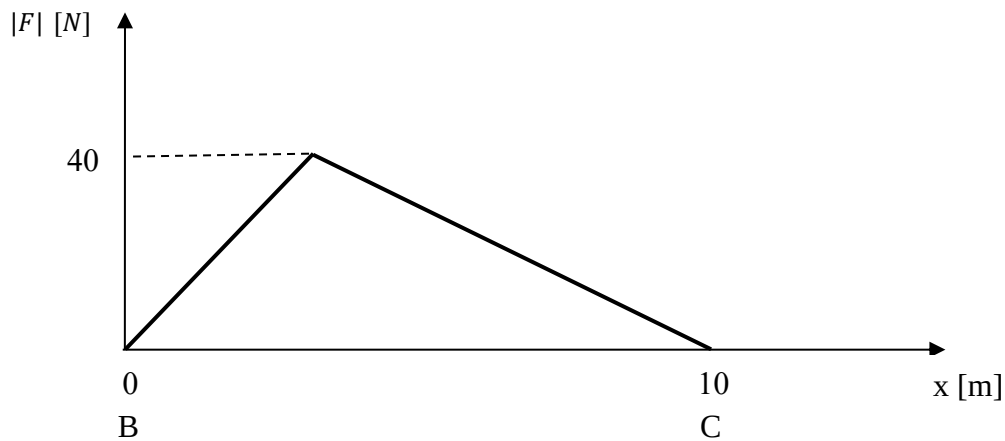
משחררים גוף שמסתו m ממנוחה בנקודה A שגובהה R מעל השולחן.

א. (1) שרטטו את תרשימים הכוחות ורשמו את משוואת הכוחות על הגוף בנקודה B (הניחו כי B היא נקודה במסלול המעגלי).

(2) מהו הכוח הנורמלי שמפעילה המסילה על הגוף כהרף עין לפני הגיעו לנקודה B? בטאו תשובתכם באמצעות mg .



בקטע BC פועל על הגוף כוח נגד כיוון תנועתו. גודל הכוח תלוי במרחק מהנקודה B כמתואר בגרף.



ב. חשבו את עבודת הכוח על הגוף. הניחו שהגוף מגיע לנקודה C.

ג. נתון: מסת הגוף היא $m = 4 \text{ kg}$, וגודל מהירותו בנקודה C הוא $v_C = 6 \text{ m/sec}$.
חשבו את הרדיוס R של רבע המעגל. פרטו את חישוביכם.

ניסוי שני :

חוזרים על הניסוי הראשון עם גוף בעל מסה כפולה. שאר הנתונים ללא שינוי.

ד. האם מהירות הגוף שווה או שונה ממהירותו בניסוי הראשון :

(1) בנקודה B .

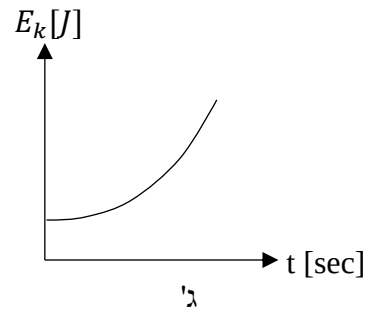
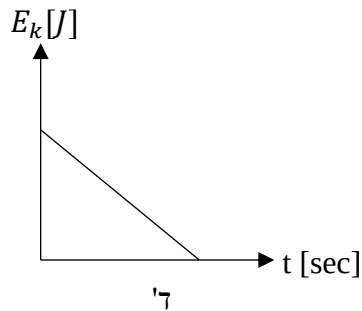
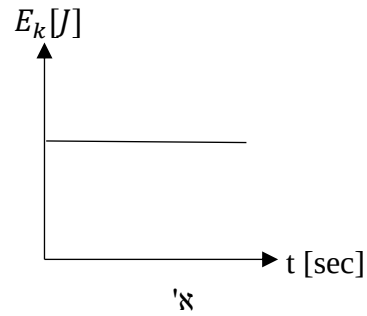
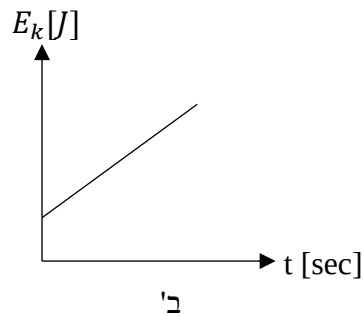
(2) בנקודה C .

נמקו את תשובתכם.

הנקודה C היא קצה השולחן, ולאחריה הגוף ממשיך בנפילה חופשית (זריקה אופקית) עד שפוגע ברצפה.

הזניחו את החיכוך עם האוויר בעת הנפילה החופשית.

ה. מי מהגרפים הבאים מתאר נכונה את תלות האנרגיה הקינטית של הגוף בזמן, בעת תנועתו באוויר? הסבירו תשובתכם.



ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות:

אחת המטרות הייתה ליצור שאלה סטנדרטית עם מרכיבים העשויים להיות מוכרים מעט פחות לתלמידים. אלה כוללים ניתוח פרמטרי בלבד של שימור אנרגיה ומשוואת כוחות בסעיף א', שילוב תנועה מעגלית עם כוח משתנה לאחריה, וסעיף הסבר המתייחס לגרפים לא ליניאריים. השאלה חישובית בעיקרה אך יש בה גם דגש על סעיפי הסבר.

מאפייני השאלה :

- שאלה "רחבת יריעה" באופן יחסי, המשלבת מגוון נושאים : אנרגיה, תנועה מעגלית לא קצובה, עבודת כוח לא קבוע, רכיבי מהירות בזריקה אופקית – בהקשר אנרגיה קינטית.
- השאלה מנוסחת כך שהשימוש בשימור אנרגיה אינו מוחצן. על התלמידים להבין באילו תנאים והקשרים עליהם לעשות שימוש בשימור זה.
- בשאלה 4 מרכיבים / סיטואציות שונות : תנועה במסלול מעגלי, תנועה בהשפעת כוח לא משמר, שינוי מסה, זריקה אופקית.
- סעיף ה' בשאלה מתייחס לאנרגיה קינטית כתלות בזמן, התייחסות שאינה נפוצה בדרך כלל. הפתרון מבוסס על טענות שלרוב אינן מקושרות באופן ישיר – תלות האנרגיה הקינטית בריבוע המהירות וגודל ריבוע המהירות כתלות בזמן עבור זריקה אופקית.

תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
א	מספר (לא גדול של) תלמידים התקשו בפיתוח ושילוב הביטויים הפרמטריים של אנרגיה קינטית ותאוצה רדיאלית.
ה	• תלמידים ניסו לנתח את גרף האנרגיה הקינטית על פי מיקום הגוף הנרק אופקית • טיעונים ללא הסקה לוגית או הסקה שגויה, חסר קישור בין נתונים למידע פיזיקלי. • ניסוחים לא מובנים, שימוש במילים נרדפות במקום הסבר.

מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ד
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ד
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ד, ה
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	ג
	הסקה מתרשים	
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	ב, ג, ה
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	א, ב, ג
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	א
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ד, ה
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ה
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

5. כדור קטן שמסתו m תלוי בקצהו של חוט באורך L ומסתובב במעגל אופקי, בתנועה מעגלית קצובה, במהירות זוויתית קבועה ω . החוט נפרש בזווית θ ביחס לאנך (ראה שרטוט).

נתון: $\omega = 8 \text{ rad/sec}$, $m = 0.15 \text{ kg}$, $L = 0.25 \text{ m}$.

א. האם לכדור יש תאוצה בתנועתו זו? במידה וכן – מהו כיוון התאוצה? במידה ולא, הסבירו מדוע.

ב. שרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור ורשמו את משוואות

הכוחות עליו. ציינו ליד כל כוח מי מפעיל אותו.

ג. חשבו את:

(1) המהירות הקווית v של הכדור.

(2) הכוח הרדיאלי הפועל על הכדור.

ד. אם המתוחות המקסימלית המותרת בחוט מבלי שהוא יקרע

היא 10 N , חשבו את תחום המהירויות הזוויתיות

האפשריות לתנועה במעגל אופקי.

ה. בניסוי אחר, קשרו לכדור חוט נוסף אופקי (ראה שרטוט). ביצעו

סדרת מדידות של המתוחות

בכל אחד מהחוטים עבור מהירויות זוויתיות שונות ω

(מדידה אחת לכל ערך של מהירות זוויתית, כשהתנועה היא מעגלית קצובה).

אורך החוט האופקי זהה בכל המדידות, והוא מתוח לכל לאורכו.

הניחו כי אף אחד מהחוטים אינו נקרע.

נסמן – המתוחות בחוט המקורי T_1 , המתוחות בחוט האופקי T_2 .

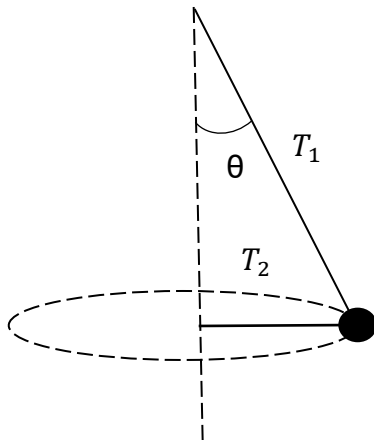
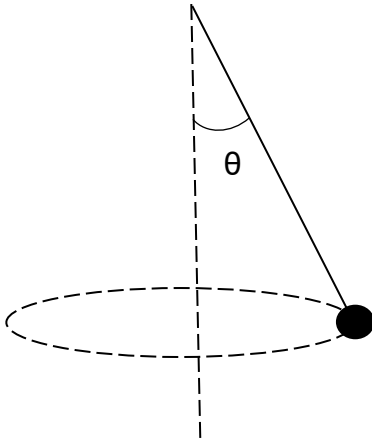
מי מבין הטענות הבאות נכונה? הסבירו תשובתכם.

(1) כאשר ω גדל – T_1 ו- T_2 גדלים.

(2) כאשר ω גדל – T_1 קטן, ו- T_2 גדל.

(3) כאשר ω גדל – T_1 לא משתנה, ו- T_2 גדל.

(4) כאשר ω גדל – T_1 ו- T_2 לא משתנים.



ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

השאלה עוסקת במטוטלת קונית והיא מהווה בחלקה גרסה מעט מורכבת של ניתוח סיטואציה זו. כך, פתרון סעיף ג' מסתמך על חישוב זווית הפרישה, מבלי שיש לכך התייחסות מפורשת בשאלה. בסעיף ד' על התלמידים להתייחס גם לתדירות המינימלית, מבלי שנשאלו על כך במפורש. סעיף ה' הטיעון מורכב יחסית, ומסתמך על הבנת משמעות טקסט ותרשים גם יחד.

מאפייני השאלה :

- בתשובה לסעיף ג' יש לפתח ביטויים מתאימים מתוך משוואת הכוחות כדי לקשר בין הגדלים הנתונים למבוקשים. הקישור אינו טריוויאלי לחלוטין (אם כי אינו מסובך) מאחר ותלוי בזווית הפרישה, אשר אינה נדרשת במפורש.
- השאלה כוללת 3 סיטואציות שונות: סיבוב בזווית פרישה מסוימת (א'-ג'), סיבוב בתחום זוויות פרישה (ד'), חרוז קשור בשני חוטים (ה').
- יש לקרוא את השאלה באופן מעמיק וזהיר, ולהבין מה שונה בסיטואציות המוצגות בה, לדוגמא, השינוי בזווית הפרישה בין סעיפים ג' ו-ד'. זאת מבלי שהדברים נאמרים מפורשות.
- בסעיף ד' נדרש תחום תדירויות, הנתון "מכוון" לתדירות מקסימלית אך יש לזכור להתייחס גם לתדירות המינימלית המאפיינת מטוטלת קונית. ניסוח השאלה אינו מחצין זאת.
- סעיף ה' מורכב יחסית וכולל הבנת משמעות טקסט וקישורו לתרשים – חוט מתוח פירושו זווית פרישה קבועה שאינה משתנה עם התדירות (עבור תדירות גדולה מספיק). לאחר מכן יש להסיק מכך אודות שינויים במתיחויות החוטים באמצעות תרשימי כוחות ומשוואות כוחות מתאימים.

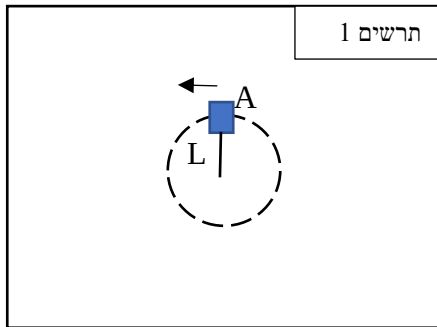
תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
ג	תלמידים נתקלו בקשיים בפיתוח הביטויים שיקשרו בין הנתונים לגדלים המחושבים.
ד	• מרבית התלמידים לא התייחסו בתשובותיהם לתדירות המינימלית, אלא למקסימלית בלבד. • היו מקרים של קושי לתרגם מידע על מתיחות מקסימלית לחישוב תדירות מקסימלית.
ה	• מרבית התלמידים לא קישרו בין מידע בטקסט (חוט מתוח, אורכו זהה בכל המדידות) לאי שינוי בזווית הפרישה, והניחו כי הזווית משתנה. • תלמידים התקשו מאוד לנסח הסבר (גם אם כולל פיתוח נוסחאות) המבוסס על שילוב מספר טיעונים. לעתים ההסבר היה חלקי והתייחס רק לטענה אחת (למשל קשר בין המתיחויות לזווית), ולעתים היו בו טעויות לוגיות בהסקה מתוך טענה מסוימת (לדוגמא, שתי מתיחויות קשורות לזווית הפרישה ולכן על שתיהן בהכרח להשתנות) • עלו בעיות רבות בניסוח הסברים, טענות מעגליות, או שימוש במלים נרדפות במקום הסבר.

מיפוי מיומנויות :

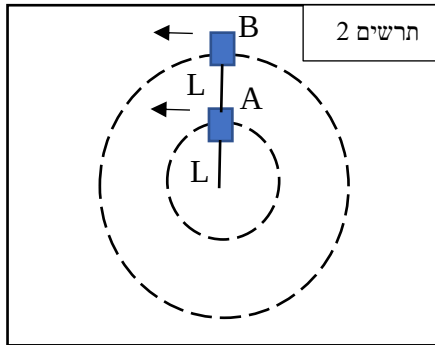
תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	ג
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	ד
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ה
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ד, ה
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ד, ה
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	ד, ה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	ה
	הסקה מתרשים	ה
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ב, ג
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	ג
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	ד
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ה
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ה
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

6. גוף A בעל מסה m מחובר לחוט ונע בתנועה מעגלית קצובה על גבי שולחן אופקי, כמתואר בתרשים 1.

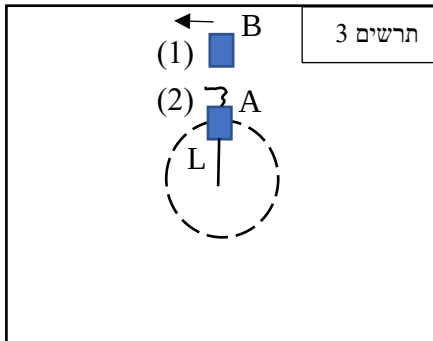


- אין חיכוך בין הגוף לשולחן. הגוף מסתובב בתדירות $f = 5\text{ Hz}$. אורכו של החוט הוא $L = 0.8\text{ m}$.
- א. חשבו את זמן המחזור T , את המהירות הזוויתית ω ואת מהירות הגוף v .
- ב. שרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף וחשבו את המתיחות בחוט.

- מחברים לגוף A באמצעות חוט באורך L גוף זהה נוסף B. כמתואר בתרשים 2.



- מקנים לגוף B מהירות כך ששני הגופים מסתובבים יחד בתנועה מעגלית קצובה, במהירות זוויתית שווה.
- ג. ללא חישוב, קבעו האם המתיחות בחוט השני (זה המחובר בין הגופים) גדולה יותר, קטנה יותר, או שווה למתיחות בחוט הראשון (המחובר את גוף A למרכז המעגל). נמקו את תשובתכם.



- כאשר גוף B עובר בנקודה (1) בתרשים הוא מתנתק וממשיך לנוע ללא חיכוך על השולחן האופקי (תרשים 3) עד לקצה השולחן. משם ממשיך הגוף את תנועתו באוויר עד לפגיעתו ברצפה. הזניחו את כוחות החיכוך של הגוף עם האוויר במהלך תנועתו. גובה השולחן מעל הרצפה הוא $h = 1.25\text{ m}$.
- ד. (1) כמה זמן נמשכה תנועתו של גוף B באוויר?
(2) מהי מהירות הגוף (גודל וכיוון) עם פגיעתו ברצפה?

כעבור מספר סיבובים, בהיותו בנקודה (2) בתרשים, מתנתק גוף A מהחוט המחובר אותו למרכז המעגל, נע על השולחן ללא חיכוך, וממשיך את תנועתו באוויר, עד פגיעתו בקרקע. הזניחו את התנגדות האוויר.

נסמן: d_A - המרחק האופקי שעבר גוף A מרגע עזיבת השולחן עד לפגיעתו בקרקע.

d_B - המרחק האופקי שעבר גוף B מרגע עזיבת השולחן עד לפגיעתו בקרקע.

ה. האם d_A גדול מ d_B , קטן ממנו או שהם שווים? ענו ללא חישוב, ונמקו את תשובתכם.

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות:

אחת המטרות הייתה ליצור שאלה אשר תשלב בין תנועה מעגלית קצובה לזריקות, ותעסוק בהיבטים בסיסיים של נושאים אלה (חישוב כוחות בתנועה המעגלית, חישובי מהירות בזריקה). מטרה נוספת, הבאה לביטוי בסעיף ג' (ובמידה פחותה בסעיף ה') הייתה להעריך את יכולתם של תלמידים לנתח בפשטות סיטואציה הנראית מורכבת. כלומר, לבסס הסבר על שיקולים פיזיקליים פשוטים ובסיסיים, גם בהקשרים שאינם מוכרים או טריוויאליים.

מאפייני השאלה :

- השאלה כוללת 3 סיטואציות שונות : תנועה מעגלית קצובה של גוף (א'-ב'), שני גופים (ג'), זריקה אופקית (ד'-ה').
- השאלה חישובית בעיקרה, אך כוללת שני סעיפי הסבר. סעיפים אלה אינם מבוססים על או דורשים טיעון מורכב, אלא דווקא יישום עקרונות פיזיקליים בסיסיים ופשוטים.
- סעיף ג' מציג יישום של שיקול פיזיקלי פשוט ובסיסי בהקשר פחות מוכר - תנועה מעגלית משותפת של שני גופים : שקול הכוחות הוא רדיאלי לכיוון מרכז המעגל, ועל כן בהכרח המתרחות בחוט הראשון גדולה מאשר בשני.
- בסעיף ה' נדרשת הבנה כי כל התנועה על גבי השולחן אינה רלוונטית לזריקה האופקית, ועל כן גם מיקום התנתקות הגופים אינו חשוב למרחק האופקי שיעברו.

תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
ג	• תלמידים רבים העלו מגוון שיקולים מוטעה לגבי המתרחות בחוטים ולא התייחסו לפתרון הפשוט. • טעות נפוצה הייתה התייחסות לגוף הפנימי כאילו עדיין פועלת עליו רק המתרחות מהחוט הראשון, ולא הפרש המתרחות. טעות זו הובילה לטענה שהמתרחות בחוט השני גדולה יותר מאחר והמהירות הזוויתית זהה, אך רדיוס הסיבוב גדול יותר. • היו בעיות בניסוח מלא ותקין של הסבר (נ.מ.ק)
ה	• תלמידים התייחסו לגופים כאילו יש להם מהירות זהה בעת קריעת החוט. • תלמידים ניסו לייחס את קריעת החוט עצמה לקיום "כוח" נוסף המאיץ את הגוף קדימה, והסיקו מכאן מסקנות שגויות אודות המרחק האופקי שעבר. זאת במקום להשתמש בחוק הראשון של ניוטון ובתנועה המעגלית כדי להסיק על מהירות הזריקה האופקית. • היו בעיות רבות בניסוח הסבר מלא ותקין (נ.מ.ק)

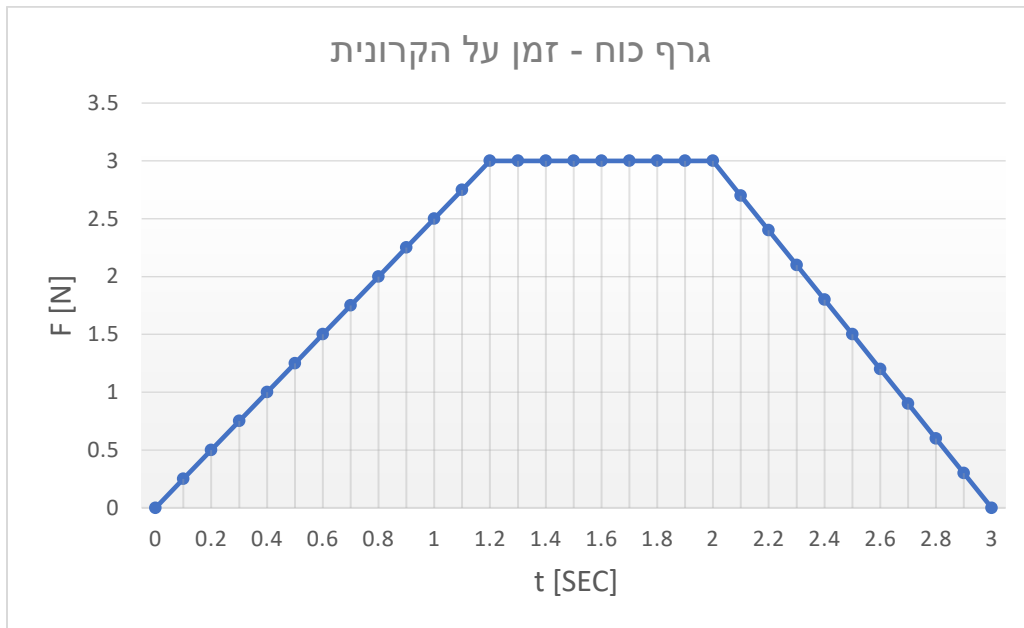
מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ג
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ג
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ג, ה
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	
	הסקה מתרשים	ג
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ב, ד
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ג, ה
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

7. ליאור, תלמידת מגמת פיזיקה, ערכה שני ניסויים למדידת מתקף ותנע.

ניסוי ראשון:

ליאור הניחה קרונית על משטח אופקי חסר חיכוך. אל הקרונית היא הצמידה חיישן כוח. מדידות החיישן מועברות לתוכנה במחשב, המשרטטת את גרף הכוח כפונקציה של הזמן. ליאור מפעילה על הקרונית כוח משתנה. מסת הקרונית (כולל החיישן) 800 gr. גודל הכוח המופעל מתואר בתרשים 1.



תרשים 1

- נסחו את משפט מתקף – תנע.
- (1) חשבו את מהירות הקרונית ברגע $t=3 \text{ sec}$. פרטו את חישוביכם.
(2) חשבו את גודלו של הכוח הממוצע הפועל על הקרונית במשך כל זמן הפעלת הכוח?

ניסוי שני:

בניסוי זה השתמשה ליאור בשתי קרוניות A ו-B הנעות על משטח חלק. לקרונית B היא חיברה את חיישן הכוח וכן גוש פלסטלינה גדול, על מנת שהקרוניות ייצמדו זו לזו בהתנגשות. קרונית B נמצאת במנוחה.

נתונות מסות הקרוניות:

קרונית A: 800 gr

קרונית B: 1000 gr (כולל החיישן והפלסטלינה).

ליאור הדפה את קרונית A לזמן קצר ועזבה אותה. לאחר ההדפה נעה קרונית A במהירות קבועה לעבר קרונית B והתנגשה בה התנגשות פלסטית.

סעיפים ג' ו- ד' מתייחסים לפרק הזמן לאחר סיום הדיפתה של קרונית A.

ג. האם התנע הכולל של מערכת שתי הקרוניות נשמר בניסוי זה? נמקו.

ד. איזה משפט מהמשפטים הבאים הוא הנכון? נמקו.

(1) לא ניתן לדעת לאיזו קרונית יהיה תנע גדול יותר לאחר ההתנגשות.

(2) התנע של שתי הקרוניות יהיה שווה לאחר ההתנגשות.

(3) לקרונית A יהיה תנע גדול יותר לאחר ההתנגשות.

(4) לקרונית B יהיה תנע גדול יותר לאחר ההתנגשות.

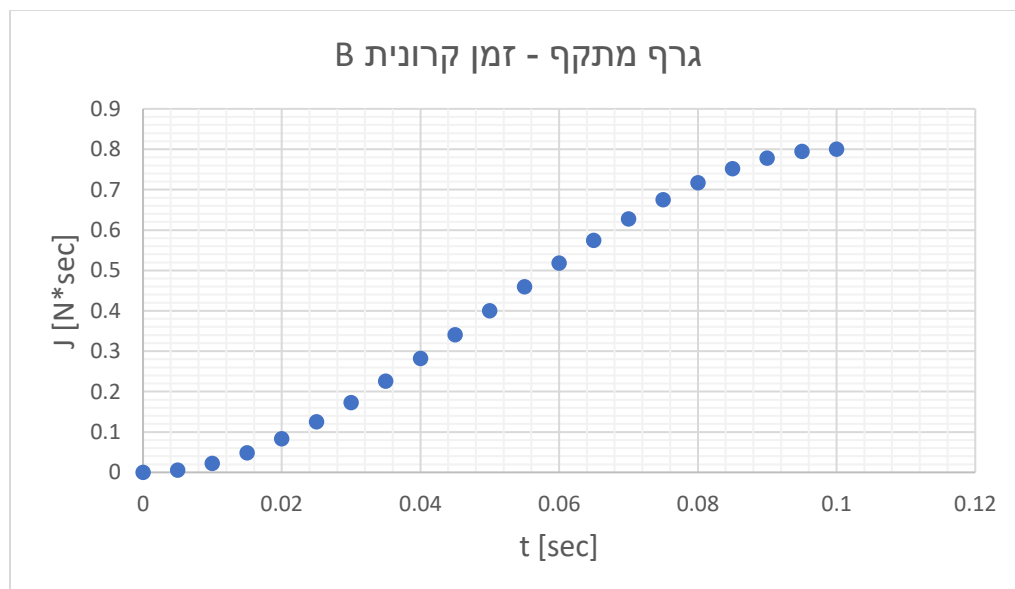
(5) כדי לדעת לאיזו קרונית יהיה תנע גדול יותר לאחר ההתנגשות, יש לדעת את המהירות

ההתחלתית של קרונית A.

ליאור התעניינה לדעת כיצד ייראה הגרף של המתקף שפעל על קרונית B כפונקציה של הזמן, מתחילת

ההתנגשות עד סופה. היא קיבלה את הגרף מהתוכנה שברשותה. הגרף מתואר בתרשים 2.

שימו לב: המתקף בכל נקודה בגרף הוא המתקף הכולל מתחילת ההתנגשות ($t=0$) ועד לאותה נקודה בזמן.



תרשים 2

ה. חשבו את מהירות קרונית A לפני ההתנגשות. פרטו והסבירו את החישוב.

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

זו שאלת מתכונת. בהתאם, מטרתה העיקרית הייתה להעריך את ידע והבנת התלמידים בנושא מתקף ותנע במגוון רחב של הקשרים (משפט מתקף – תנע, כוח ממוצע, התנגשות פלסטית, חישוב מתקף). מטרת נוספות והיבטים חשובים בשאלה הן הסקה מגרפים. בסעיפים א' – ב' מדובר בסיטואציה מוכרת (חישוב שטח הגרף), ובסעיף ה' השאלה מורכבת מאחר והחישוב מתבסס הן על הסקה מתוך נקודה אחת בגרף לא ליניארי, והן על שימוש משולב במספר חוקים פיזיקליים : משפט מתקף – תנע וחוק שימור התנע עבור התנגשות פלסטית.

מאפייני השאלה :

- השאלה כוללת 3 סיטואציות שונות : מתקף על קרונית אחת, התנגשות פלסטית, שימוש בגרף מתקף – זמן (לא סיטואציה חדשה אך הקשר פחות מקובל לשאלה).
- הטקסט בשאלה ארוך והנתונים פזורים.
- בשאלה נדרש חישוב / הסקה מתוך שני גרפים, אחד מהם לא ליניארי.
- מושם דגש על סעיפי הסבר : ניתוח ניסוי ההתנגשות הפלסטית מבוסס כולו על הסברים איכותיים והסקה מתוך גרף לא ליניארי.
- סעיף ה' מכוון לרמות חשיבה גבוהות ולאסטרטגית פתרון – משלב הסקה מגרף ושימוש משולב במספר חוקים פיזיקליים, תוך הבנת משמעותם בהקשר נתון (תנועה משותפת לאחר התנגשות פלסטית – זו מסקנה מסעיף קודם המבנה זאת).

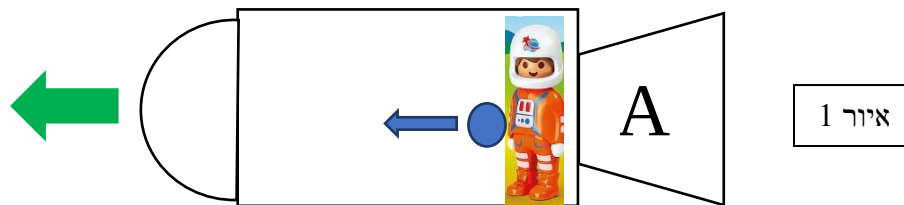
תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
א	תלמידים התקשו לנסח את משפט מתקף – תנע באופן תקין, על אף שמדובר באחזור מידע.
ג	מספר תלמידים התקשו בניסוח ההסבר לשימור תנע באופן מלא ותקין (נ.מ.ק)
ד	• מספר תלמידים התעלמו ממשמעות התנגשות פלסטית – מהירות זהה לאחר ההתנגשות, ובהתאם לכך, התקשו בפתרון הסעיף. • ניסוח הסבר באופן לא מלא או תקין (נ.מ.ק), בפרט חוסר החצנה של משמעות ההתנגשות הפלסטית בהקשר השאלה. • תלמידים בלבד מהירות ותנע, התעלמו מהשפעת המסה וטענו כי התנע יהיה זהה.
ה	• תלמידים התקשו בהסקה מתוך הגרף – בפרט מציאת הנתונים הרלוונטיים מחלקו האחרון. נטו לחפש דפוסים מוכרים כגון שפוע או שטח מתחת לגרף במקום לנסות ולפרש את משמעות המידע המוצג בו. • תלמידים התקשו בשילוב המידע מהגרף עם מידע נוסף (חוקים מתאימים, מידע מתוך ההתנגשות הפלסטית). • ההסברים לפתרון היו לעתים חלקיים. בפרט, אין הסבר או החצנה של החוקים הפיזיקליים בהם התלמידים משתמשים.

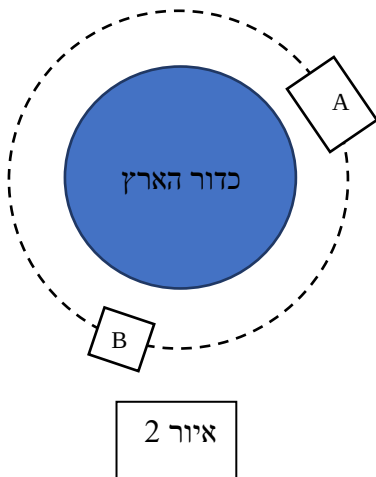
מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א
	בניית מודל, כולל הנחות פישוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ג, ד
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ג, ד
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ד, ה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	כל השאלה
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	ד, ה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	ה
	הסקה מתרשים	
ייצוג גרפי	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	ב
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	ה
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	ה (נקודת סיום הגרף)
ביטוי מתמטי / חישוב	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ב, ה
	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
הסבר	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ד, ה
	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ה
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

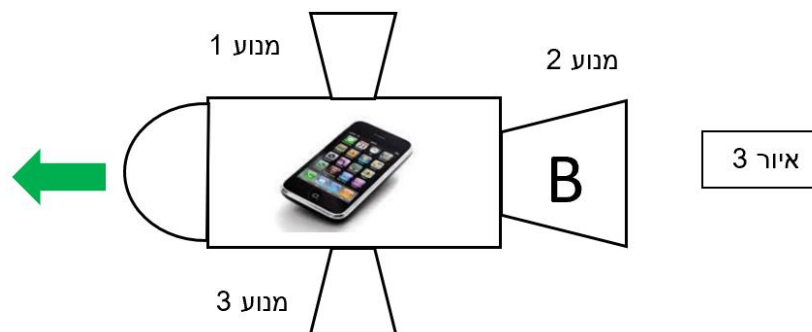
8. כחלק ממשימות ההכנה לקראת טיסה למאדים, אסטרונאוט נשלח בחללית להקיף את כדור הארץ. מיד לאחר השיגור התגלה כי האסטרונאוט שכח בביתו את הטלפון הסלולרי שלו, ועלה חשש כבד כי ללא מכשיר זה עלול האסטרונאוט להשתעמם למוות במהלך הטיסה. בכדי למנוע זאת הוחלט לשגר את הטלפון הסלולרי בחללית נוספת, שתיכנס למסלול זהה לזה של החללית המקורית, תשיג אותה ותתחבר אליה. כך יוכל האסטרונאוט להתאחד עם הטלפון שלו.
- נסמן:** חללית A – החללית הנושאת את האסטרונאוט.
חללית B – החללית הנושאת את הטלפון הסלולרי.
- עד ששוגרה חללית B הספיקה חללית A להתקדם בחלק מהמסלול המעגלי שלה.
החללית A נעה במסלול המעגלי כשמנועיה כבויים.
- א. חשבו את זמן ההקפה (המחזור) של חללית A. נתון שרדיוס המסלול הוא 8000 km ממרכז כדור הארץ (נתונה מסת כדור הארץ: $M_E = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$).
- ב. חשבו את גודלה של תאוצת חללית A במסלולה.
- ג. כדי להפיג את השעמום האסטרונאוט מחליט לשחק בכדור, וזורק אותו לעבר הקיר שמולו בכיוון תנועת החללית (ראו איור 1).



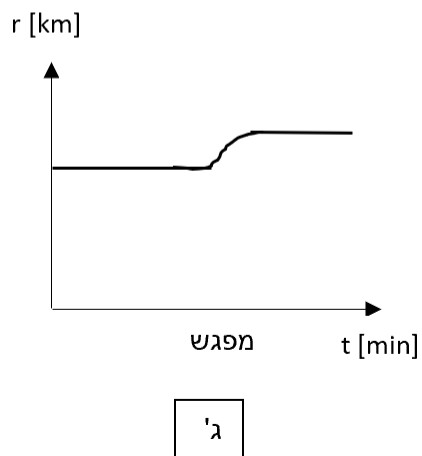
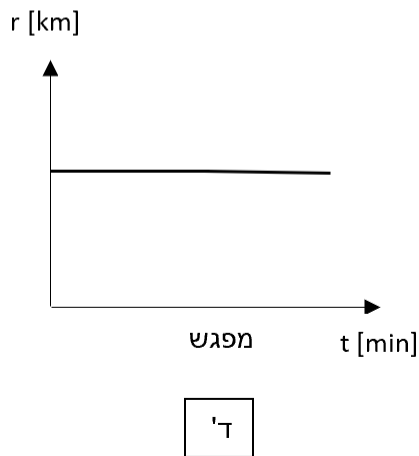
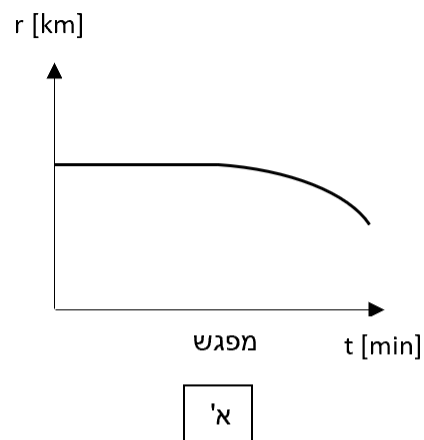
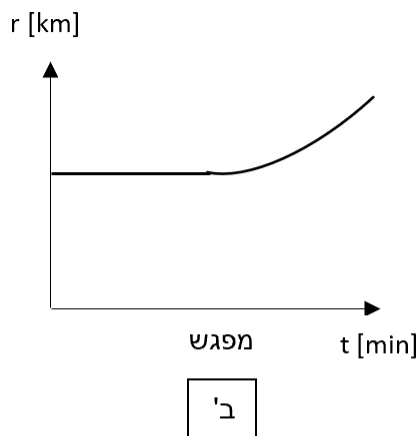
האם הכדור יפגע בקיר מעל לגובה נקודת הזריקה, מתחת לגובה נקודת הזריקה או בדיוק בגובה נקודת הזריקה? הסבירו.



- ד. חללית B מגיעה למסלול שרדיוסו 8000 ק"מ ממרכז כדור הארץ ומתייצבת במסלול מעגלי סביב כדור הארץ.
- בכדי להשיג את חללית A ולהישאר באותו רדיוס מסלול, מפעילה חללית B מנוע (או מנועים) ומגדילה את מהירותה. (ראו איור 2)
- איזה מנוע (או מנועים) יש להפעיל בחללית B לשם כך? הסבירו.
- מנועי החללית B מסומנים באיור 3.



ה. בנוסף לטלפון הסלולרי, הוחלט להעביר בחללית B מערכת קולנוע ביתית כבדה להנעמת זמנו של האסטרונאוט. הניחו כי החלליות התחברו כמהירותה של חללית B היתה זהה כמעט לחלוטין למהירותה של חללית A, כך שהמפגש ביניהן אינו גורם לשינוי מהירות חללית A. לאחר המפגש בין החלליות והעמסת הציוד הנוסף על חללית A, הסתבר כי מסתה גדלה באופן משמעותי. איזה מהגרפים מתאר נכונה את רדיוס הסיבוב של חללית A סביב מרכז כדור הארץ לאחר המפגש והעמסת הציוד הנוסף עליה? נמקו!



ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות:

זו שאלת מתכונת. בהתאם, מטרתה העיקרית הייתה להעריך את ידע והבנת התלמידים בנושא כבידה במגוון רחב של הקשרים (ללא אנרגיה שירדה במיקוד באותה שנה): תנועת לוויינים, תאוצת נפילה חופשית, "ריחוף" במסלול, כוח הכבידה ותאוצה רדיאלית, תלות (למעשה אי תלות) גדלים שונים במסת הלוויין.

לשאלה גם מטרות ודגשים אורייניים רבים: היא ארוכת טקסט וכוללת סיפור שיש להסיק מתוכו מסקנות פיזיקליות (למשל, מה פירוש "להשיג"), וכן משלבת טקסט ותרשימים. מטרות נוספות נוגעות לניתוח איכותי של בעיה, תוך שימת דגש על סעיפי הסבר (שלושה מתוך חמישה), כמו גם על הסקה מגרפים לא ליניאריים.

מאפייני השאלה:

- הטקסט בשאלה ארוך, וה-"סיפור" מתפתח וכולל מספר חלקים. בשאלה משולבים גם 3 תרשימים המסייעים לייצוג הטקסט.
- בשאלה מושם דגש על סעיפי הסבר: ריחוף, האצת חללית במסלול, שינוי מסת לוויין (ג'-ה')
- בשאלה נדרשת הסקה הנוגעת לגרפים לא ליניאריים.
- שאלות מוכרות מוצגות בהקשר מעט שונה: סעיף ג' – ריחוף במסלול, סעיף ה' – מסת לוויין.

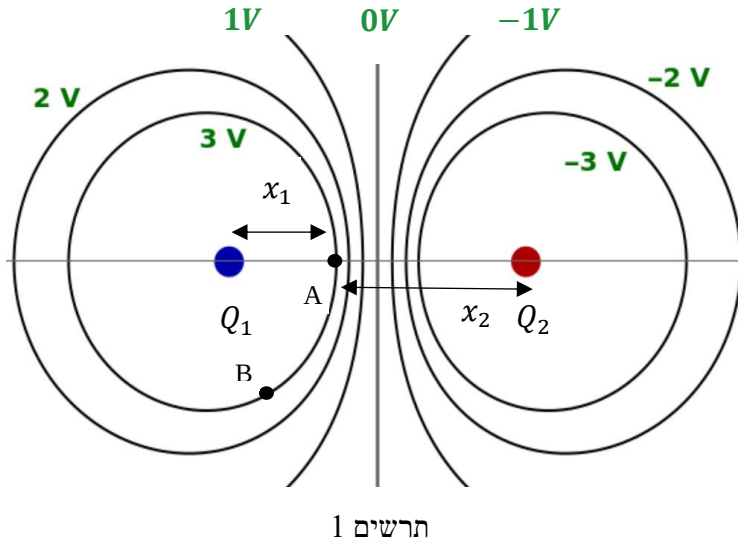
תובנות מתשובות תלמידים:

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
ג	• מספר תלמידים לא קישרו סעיף זה לריחוף במסלול וטענו כי הכדור ייפול עקב משיכת כדור הארץ. • טענה שגויה הפוכה יחסה לכדור ריחוף בחלל במקום תנועה במסלול מעגלי ומכאן שיפגע מעל נקודת הזריקה. • עלתה (אם כי לא באופן נפוץ) גם טענה כי מהירות הכדור שונה ממהירות החללית. זו דוגמא לבעיה במידול – אילו גדלים זניחים לעומת אחרים (מהירות הכדור ביחס לחללית לעומת מהירות החללית) ומה ניתן להסיק מכך.
ד	• קשיים בפירוש הפיזיקלי לסיטואציה של "מרדף": תלמידים רבים התעלמו מכך שההאצה המשיקית פירושה מהירות גדולה ממהירות הסיבוב של חללית A. • בהתאמה, תלמידים לא קישרו מהירות גדולה יותר לצורך להפעיל מנוע נוסף, מאחר וכוח הכבידה לבדו אינו יכול לספק את התאוצה הרדיאלית הנדרשת. • הסברים חלקיים וניסוחים בעייתיים (נ.מ.ק)
ה	• טעויות בהסקה לגבי שינוי בגדלים פיזיקליים עקב המפגש והשינוי במסה. • תלמידים התקשו לקשר בין הסבר לבחירת גרף, גם כשידעו להתייחס לאי התלות במסה. • הסברים חלקיים וניסוחים בעייתיים (נ.מ.ק)

מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	ג
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ה
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ד, ה
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ד, ה
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	כל השאלה
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	ד, ה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	ג, ד
	הסקה מתרשים	
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	ב
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	ה
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	א, ב
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ג, ד, ה
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ד
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

חשמל ומגנטיות



1. נתונים שני מטענים חשמליים נקודתיים Q_1 ו- Q_2 .

מספר קווים שווי פוטנציאל משורטטים בתרשים,

ערך הפוטנציאל בכל קו רשום על ידו

א. (1) האם המטענים שווי סימן או שוני סימן?

הסבירו כיצד קבעתם זאת.

(2) האם גודל המטענים (ערכם המוחלט) זהה או

שונה? נמקו.

ב. האם גודל השדה החשמלי בנקודות A ו- B זהה

או שונה? במידה ושונה – היכן הוא גדול יותר?

הסבירו.

ג. נתון כי מרחק הנקודה A מ- Q_1 הוא

$$x_1 = 10m \text{ ומ- } Q_2 \text{ הוא } x_2 = 20m.$$

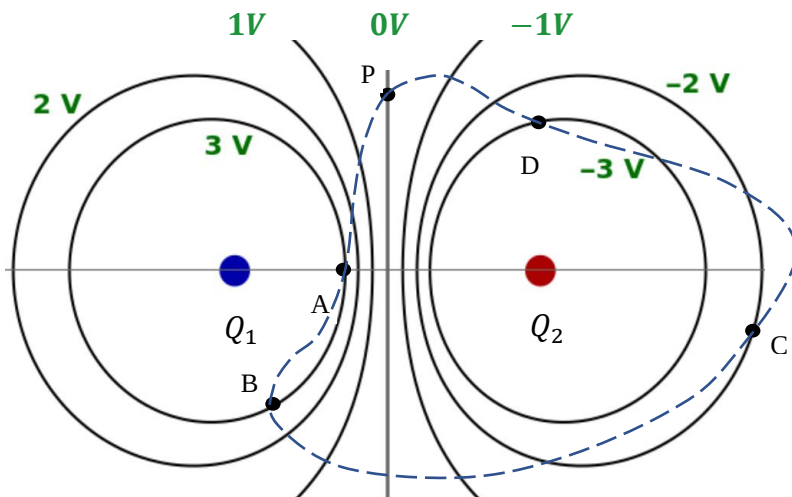
חשבו את גודל המטענים.

ד. משחררים חלקיק שמטענו $q = -2nC$ ממנוחה בנקודה P כמתואר בתרשים 2. נתון כי מסת

$$m = 10^{-16}kg \text{ החלקיק}$$

החלקיק נע ועובר במסלולו בנקודה A. חשבו את גודל מהירותו בנקודה זו.

ה. מהי תאוצתו (גודל וכיוון) של חלקיק זה בעוברו בנקודה A?



ו. בניסוי אחר, מפעילים על החלקיק q כוח

חיצוני, כך שהוא נע במסלול הסגור

PABCDP, כמתואר בתרשים 2 (קו

מקווקו).

רועי טוען כי עבודת הכוח החיצוני במסלול

PABCDP היא בהכרח אפס.

האם טענתו של רועי נכונה? הסבירו.

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

אחת המטרות העיקריות בשאלה, פרט להערכה של ידע תוכן במגוון הקשרים באלקטרוסטטיקה (שדה חשמלי, פוטנציאל חשמלי, קווים שווי פוטנציאל, שימור אנרגיה ועבודת כוח חיצוני), הייתה עבודה כמותית והסקות שונות המבוססות כולן על ייצוג של קווים שווי פוטנציאל עבור מערכת הכוללת יותר מחלקיק אחד (כאן המערכת פשוטה – דיפול חשמלי, ניתן לבנות עקרונית שאלות דומות עם מערכות מסובכות יותר).

מטרה נוספת הייתה בחינת יכולותיהם של התלמידים לנסח הסברים פשוטים (סעיפים א' - ב') המבוססים על ייצוג זה, ועליו בלבד.

מאפייני השאלה :

- שאלה המבוססת על ייצוג מוכר אך לא מאוד נפוץ, בפרט בכל הנוגע לחישובים כמותיים. כמעט כל הנתונים בשאלה מופיעים אך ורק בתרשים, ויש להסיק אותם ממנו.
- זו שאלה מתפתחת (מפת פוטנציאל ← מטענים ← חישוב פוטנציאל ושדה ← חישוב מהירות ותאוצה) הדורשת מהתלמיד מעקב זהיר אחר הגדלים שחישב עד סעיף מסוים, כדי שיוכל להתקדם הלאה.
- השאלה מתייחסת למושגים בסיסיים כגון שדה ופוטנציאל אך בעקיפין (תאוצה, מהירות), כך שעל התלמידים לבנות אסטרטגיה לפתרון.
- בשאלה מושם דגש על סעיפי הסבר : מידע על מטענים, עוצמת השדה, עבודת כוח חיצוני.

תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
א	תלמידים נתקלו בקשיים לנסח טיעון אודות המטענים המבוסס על ייצוג הקווים שווי הפוטנציאל. כתוצאה מכך היו טיעונים שגויים או חלקיים, בפרט נטייה לבסס את הטיעון על פוטנציאל של אחד המטענים (כל מטען עם קווי הפוטנציאל ב"צד" שלו) ולא על סופרפוזיציה של שניהם.
ב	- התעלמות רבה מהקשר בין צפיפות קווים שווי פוטנציאל לעוצמת השדה - תלמידים רבים מאוד שגו כאשר ביססו את תשובתם על מרחקים מהמטענים – על אף שהמרחקים אינם נתונים. - בעיות בניסוח הסברים (נ.מ.ק), בפרט הסקה מתוך התרשים.
ג	תלמידים התעלמו מכך שהפוטנציאל בנקודה A נתון – בעיות בהסקה מתרשים.
ד	ניסיון לחשב מבלי להתייחס לפוטנציאל כלל (באמצעות שדה אחיד, תנועה שוות אוצה)
ה	- ניסיונות לחשב תאוצה ישירות מתוך פוטנציאל. - תלמידים רבים התייחסו לשדה של אחד המטענים (לרוב, הקרוב יותר ל – A) בלבד.
ו	- קריאה לא זהירה של השאלה – התעלמות מהדרישה "בהכרח" - בעיות בניסוח הסבר (נ.מ.ק), בפרט בכל הקשור לעבודה במסלול סגור, ולזיהוי האם הכוח משמר או לא.

מיפוי מיומנויות :

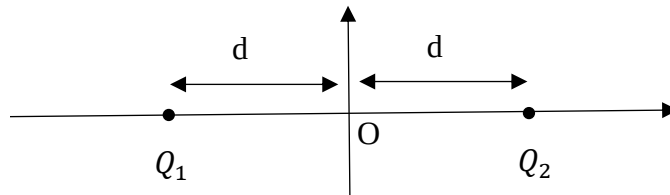
תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א, ד, ה
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	כל השאלה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	א, ד, ו
	הסקה מתרשים	כל השאלה
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ג, ד
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	ג, ד, ה
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	א
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	א, ב, ו
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ו
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	א, ב, ו

הערה : שאלות רבות ברוח זו נמצאות בקמפוס IL.

2. שני מטענים נקודתיים Q_1 ו- Q_2 , נמצאים על הציר האופקי, כל אחד במרחק d מראשית הצירים O.

המטענים קבועים במקומם. המטען Q_1 חיובי והמטען Q_2 ניתן לשינוי.

הכיוון החיובי של הציר האופקי מוגדר ימינה, כמתואר בתרשים.



מודדים את גודל השדה החשמלי E_O בראשית הצירים ומתקבלות התוצאות הבאות:

$E_O [10^5 \text{ N/C}]$	$Q_2 [\mu\text{C}]$
47	1
34	2
26	3
20	4
9	5

א. שרטטו גרף של E_O כפונקציה של Q_2 .

ב. (1) על פי הגרף, האם Q_1 ו- Q_2 הם שווים סימן או שונים סימן? הסבירו תשובתכם.

(2) רשמו ביטוי לגודל השדה E_O כתלות ב- d, Q_1, Q_2, k .

ג. העבירו בגרף קו מגמה וחשבו על פיו:

(1) את המרחק d .

(2) את גודל המטען Q_1 .

ד. נסמן ב- A את נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי.

(1) מה ניתן לומר על הקשר בין Q_1 ל- Q_2 בנקודה זו? נמקו בקצרה.

(2) עבור נקודה זו, חשבו את תאוצתו (גודל וכיוון) של חלקיק שמטענו $q = -2nC$,

ומסתו $m = 10^{-16} \text{ kg}$ המשוחרר ממנוחה מנקודה על ציר ה- y, הנמצאת בגובה $2d$ מעל

ראשית הצירים.

ה. איזו תנועה יבצע החלקיק לאחר שחרורו? הסבירו את תשובתכם.

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

המטרה העיקרית של השאלה היא להעריך שרטוט גרף והסקה מננו. בתחום התוכן היא מצומצמת יחסית (חוק קולון ושדה חשמלי). ניתן להרחיבה לנושאים נוספים : לדוגמא לשאול בסעיף ד' על מהירות החלקיק בעוברו בראשית הצירים, וכך לכלול בה את נושא הפוטנציאל החשמלי.

מאפייני השאלה :

- השאלה מחייבת הסקה מגרף על כיווני שדות חשמליים (כיוון זהה או מנוגד), ומכאן הסקה לגבי תרשים ומשוואות הכוחות וכן סימני המטענים. החישובים הכמותיים בסעיפים הבאים מבוססים על הסקה זו.
- חישוב הגדלים המבוקשים אינו נפרד לחלוטין – הגודל המחושב מנקודת החיתוך תלוי בפרמטר המחושב מתוך השיפוע.
- השאלה כוללת סיטואציה המוצגת רק בטקסט ומחייבת את התלמיד להסיק מהי צורת המערכת בבואו לפתור את הסעיף (סעיף ד'). עם זאת מבנה המערכת המבוקש פשוט.

שאלה זו טרם נבדקה ולכן אין תובנות מתשובות תלמידים.

מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	ב, ד
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ד
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ד
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ד
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	
	הסקה מתרשים	ב
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	ג
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	ג
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	ד
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ב, ד
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	ב
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	ד
הסבר	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ב, ד, ה
	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

3. לרשות תלמיד שתי נורות:

נורה A עליה רשום: $12V, 36W$, ונורה B עליה רשום: $12V, 18W$.

א. האם ניתן לחבר את הנורות בטור זו לזו כך ששתיהן יאירו בעוצמה מלאה? הסבירו תשובתכם.

ב. התלמיד בונה את המעגל בתרשים 1. למקור המתח התנגדות פנימית $r = 1\Omega$ וכא"מ ε לא ידוע.

בתחילה המפסק MN פתוח. סמנו את הטענה הנכונה והסבירו את תשובתכם:

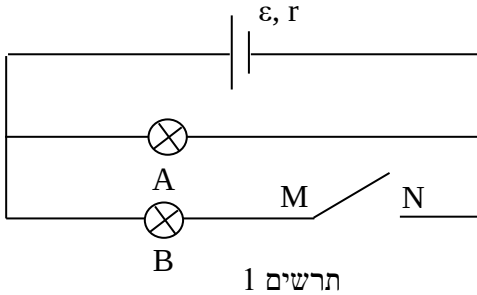
(1) המתח על המפסק (בין M ל-N) הוא 0.

(2) המתח על המפסק הוא ε .

(3) המתח על המפסק גדול מ- ε .

(4) המתח על המפסק קטן מ- ε .

סוגרים את המפסק MN. המעגל מתואר בתרשים 2.

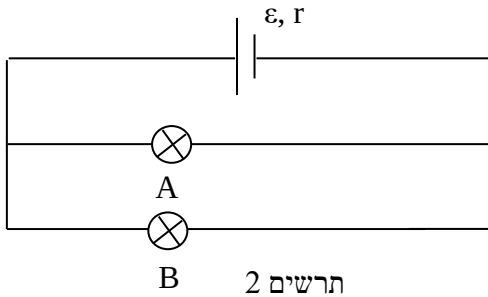


ג. חשבו את ההתנגדות של כל נורה ואת ההתנגדות השקולה של המעגל. (ללא ההתנגדות הפנימית של הסוללה).

ד. נתון כי במצב זה שתי הנורות מאירות בעוצמה מלאה.

(1) חשבו את הכא"מ של מקור המתח.

(2) חשבו את ההספק המושקע על ידי מקור המתח.



מחברים במקביל לנורות נגד משתנה CD כמתואר בתרשים 3.

בתחילה המגע הנייד P של הנגד המשתנה מחובר לנקודה C.

ה. בחרו את הטענה הנכונה ונמקו את תשובתכם.

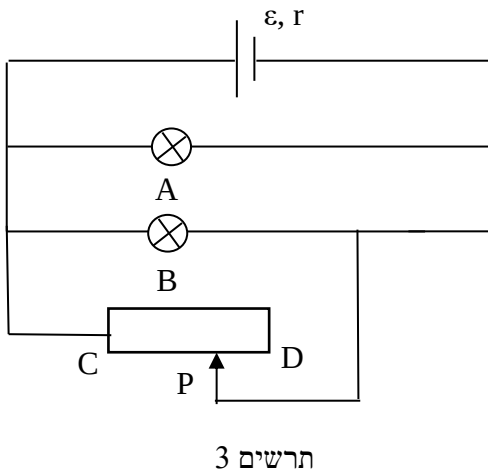
במצב זה, המתח על הנורה A:

(1) הוא אפס.

(2) קטן מהמתח שהיה עליה בתרשים 2 (לפני חיבור הנגד המשתנה), אך גדול מאפס.

(3) שווה למתח שהיה עליה בתרשים 2 (לפני חיבור הנגד המשתנה).

(4) גדול מהמתח שהיה עליה בתרשים 2 (לפני חיבור הנגד המשתנה).



מעבירים את המגע הנייד P לנקודה כלשהיא על הנגד המשתנה (בין C ל D).

ו. במצב זה קבעו מהי האפשרות הנכונה עבור כל אחד מהגדלים הבאים, והסבירו את תשובותיכם.

(1) בהשוואה לערכו במעגל בתרשים 2 (לפני חיבור הנגד המשתנה), **ההספק המושקע ע"י מקור**

המתח : גדל / קטן / לא משתנה / לא ניתן לדעת

(2) בהשוואה לערכה במעגל בתרשים 2 (לפני חיבור הנגד המשתנה), **נצילות המעגל** :

גדלה / קטנה / לא משתנה / לא ניתן לדעת

שימו לב כי ההספק המנוצל מוגדר כהספק של כל המרכיבים במעגל החיצוני (נורות + נגד משתנה).

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

לשאלה מספר מטרות עיקריות. בתחום התוכן היא נועדה להיות "רחבת יריעה" להעריך מגוון גדול של תתי נושאים במעגלי זרם : כא"מ ומתח הדקים, מפסקים, נורות, חיבורים בטור ובמקביל כולל חיבור פוטנציומטרי, קצר, הספק ונצילות. פרט לכך, יש בה דגש רב על ניתוח איכותי והסברים (4 מ – 6 סעיפים). מטרה נוספת הייתה להציג לתלמידים שאלה ובה סיטואציות שונות רבות, ולהעריך את יכולתם להבחין מה השתנה ומה לא, ואת השפעותיו של כל שינוי. בדומה לשאלות רבות במעגלי זרם, נדרשת גם כאן היכולת לשלב מידע מטקסט עם תרשימי המעגלים.

מאפייני השאלה :

- מבנה השאלה סטנדרטי וכולל בעיקרו ניתוח של מעגלי זרם נתונים.
- שאלה ארוכה יחסית ועמוסה, אם כי תמציתית הן מבחינת ה"סיפור" והן מבחינת החישובים הנדרשים בה.
- מציגה סיטואציות רבות : חיבור טורי, חיבור מקבילי עם ענף פתוח / סגור, חיבור פוטנציומטרי. כמו כן מגוון נושאים רחב כמפורט למעלה.
- דגש רב על סעיפי הסבר בניתוח המעגלים (א', ב', ה', ו'). חלק מההסברים מבוסס על שילוב מספר טענות.

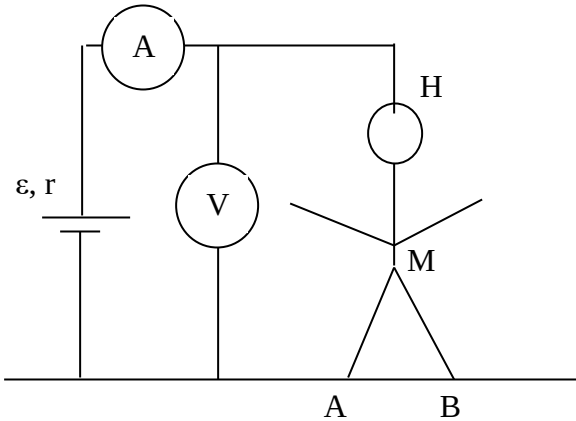
תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
ב	• תלמידים רבים טועים בניתוח המעגל ומתייחסים למפסק כאילו שולט בהפסקת הזרם לכולו • ניכרים קשיים בהבנת מתח על מפסק פתוח • בעיות בנימוקים, בפרט בשילוב של טענות : מתח על מפסק, האם המתח על הענף הוא הכא"מ • בעיות בניסוח הסבר (נ.מ.ק)
ד	מספר תלמידים התקשו לשלב בין נתון ההארה של הנורות לזרם הכולל במעגל
ה	• ניכר חוסר תשומת לב או הבנה של משמעות חיבור המגע לנקודה C – יצירת קצר • בעיות בהבנת משמעות של קצר לגבי מתחים במעגל • בעיות בניסוח הסבר (נ.מ.ק)
ו	• ניכרו קשיים בקישור בין שינויי התנגדות כוללת, זרם, מתח הדקים להספק ונצילות. • עלו תפיסות שגויות רבות, בפרט ניסיונות לחשב נצילות ללא התייחסות למתח הדקים. • תלמידים ניסו להסיק מנוסחאות בהן שני גורמים משתנים יחדיו בכיוונים הפוכים. • בעיות בניסוח הסבר (נ.מ.ק)

מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	כל השאלה
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה	ה
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	כל השאלה
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ב, ה, ו
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ב, ה, ו
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה: הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	כל השאלה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	ב, ג, ד, ה, ו
	הסקה מתרשים	כל השאלה
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה: התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	א, ג, ד
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	א, ב, ה, ו
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ב, ו
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

4. ידוע כי קיים קשר בין כמות תאי השומן בגוף האדם לבין ההתנגדות החשמלית של הגוף, ועל כן ניתן למדוד את ריכוז השומנים בגוף על ידי מדידת ההתנגדות החשמלית שלו. בתרשים מתואר מכשיר המבצע מדידה זו. האדם עומד על משטח מוליך המחובר למקור מתח (בכא"מ נמוך ε והתנגדות פנימית r). קצהו השני של מקור המתח מחובר לראשו של האדם (הידיים אינן מחוברות למכשיר כלל).



הזרם הכולל והמתח בין רגלי האדם וראשו נמדדים על ידי אמפרמטר וולטמטר אידיאליים. הניחו כי לכל אחת מרגלי האדם (AM ו-BM) וכן לפלג גופו העליון (HM) התנגדות זהה R .

- שרטטו את המעגל החשמלי המתאים לאדם המחובר למכשיר, כולל מכשירי המדידה.
- חשבו את ההתנגדות R אם האמפרמטר מורה על זרם $0.5A$ והוולטמטר על מתח של $3V$.
- נתון כי במצב זה (הוראת האמפרמטר $0.5A$, הוראת הוולטמטר $3V$), נצילות המעגל היא $\eta = 0.6$. חשבו את הכא"מ ε ואת ההתנגדות הפנימית r של מקור המתח.
- האם הוראת הוולטמטר תגדל, תקטן או לא תשתנה במידה ובמקום לחבר את אחד מקצות המכשיר לראשו של האדם (נקודה H), יחברו אותו לשתי ידי (האדם מצמיד את כפות ידיו זו לזו ואוחז את קצה החוט בכפות ידיו הצמודות)? רגלי האדם עדיין עומדות על המשטח AB כמקודם.
- הניחו כי הידיים מתחילות במרכז הגוף (הנקודה M) והתנגדות כל יד גם היא R . הסבירו את תשובתכם! הקפידו על הסבר מלא.

מסתבר כי עקב המבנה השונה של הרגל (AM, BM) ושל פלג הגוף העליון (HM), לשני חלקי גוף אלה התנגדויות סגוליות ρ_1 (רגל) ו- ρ_2 (גוף עליון כולל הראש) שונות.

הניחו כי כל אחד מחלקי גוף אלה (AM, BM, HM) הינו נגד בעל שטח חתך A . בכדי למצוא את ההתנגדויות הסגוליות נערכו מדידות במכשיר למספר נבדקים שגובהם הכולל L הוא קבוע, כאשר לכל נבדק אורך רגל שונה X . המכשיר חובר באופן המקורי – לשתי רגלי הנבדקים ולראשם.

ה. פתחו ביטוי להתנגדות הכוללת של האדם R_{tot} כפונקציה של A, L, X, ρ_1, ρ_2 והראו כי היא

תלויה ב- X באופן ליניארי.

ו. ביצעו סדרת מדידות במכשיר לאנשים שגובהם L זהה, ואורכי הרגליים שלהם X שונים מנבדק

אחד לאחר. בכל המדידות ערכו של המתח בוולטמטר היה זהה.

נתון כי הגדלים A, ρ_1, ρ_2 זהים עבור כל הנבדקים.

מה ניתן להסיק, אם בכלל, על הקשר בין ρ_1 ל- ρ_2 ? הסבירו בקצרה.

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

שאלה בעלת מבנה שונה מעט מהסטנדרט, בו על התלמיד להסיק מתוך סיפור ותרשים השאלה מהו המעגל החשמלי, לפני שהוא מנתח היבטים שונים שלו. לשאלה מספר מטרות, בראשן הסקה מתוך טקסט ותרשים, וכן פיתוח ביטוי לגודל פיזיקלי (התנגדות) וחקירה שלו. בתחום התוכן השאלה עוסקת במידול פשוט של מערכת וייצוגה כמעגל חשמלי, כא"מ ומתח הדקים, נצילות, ותלות התנגדות בממדי המוליך.

מאפייני השאלה :

- השאלה מבוססת על מיפוי ומידול של מערכת פיזיקלית פשוטה לכדי מעגל חשמלי (סעיף א'). לשם כך נדרשים ניתוח והבנה של נתונים בטקסט וכן (ובעיקר) של תרשים.
- בשאלה 3 סיטואציות שונות : חיבור ראש האדם למעגל, חיבור ידי האדם למעגל, התנגדות שונה של חלקי הגוף. במעבר בין הסיטואציה הראשונה לשנייה יש לבצע מידול של המעגל החדש ולהסיק ממנו אודות השינויים בגדלים פיזיקליים (מתח הדקים, באמצעות בחינת השינויים בהתנגדות ובזרם). בסיטואציה השלישית יש לקשר בין ממדי נגדים במעגל להתנגדות הכוללת, עבור התנגדויות סגוליות שונות.
- סעיפים ה' ו' – ו' מתייחסים לפיתוח ביטוי פרמטרי וחקירתו במקרה פרטי. סעיף ו' מהווה הסקה מתוך קשר ליניארי – התאפסות השיפוע במידה ואין תלות במשתנה. זוהי חקירת קשר ליניארי בין משתנים, המבוצעת בהקשר מוכר מעט פחות מחישובי שיפוע ונקודת חיתוך בשאלות ניסוי / גרף.

תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
א	מספר תלמידים התקשו בשרטוט מעגל חשמלי נכון
ד	- מספר תלמידים התקשו בשרטוט המעגל החשמלי הנכון לסיטואציה בסעיף זה, בפרט ניכר חוסר הבנה שהחיבור בידיים הוא מקביל. - עלו קשיים בהסקה על השינוי במתח ההדקים מתוך השינוי בהתנגדות הכוללת - עלו בעיות בניסוח הסבר (נ.מ.ק)
ה	מרבית התלמידים פתחו קשר נכון בים ההתנגדות הכוללת, הסגולית וממדי חלקי הגוף. עם זאת עלו קשיים בהבאת הביטוי לכדי קשר ליניארי כתלות ב- X . מספר תלמידים התעלמו מדרישה זו בשאלה, או שלא הצליחו לבצע זאת על אף שהביטוי להתנגדות היה נכון.
ו	- תלמידים רבים לא הצליחו להסיק מתוך הביטוי שפיתחו מה המשמעות של אי תלות במשתנה X, זאת על אף שמבחינה מתמטית – המסקנה נובעת מהביטוי מיידיית. הדבר עשוי להצביע על נתק בין פיתוח ביטוי לבין מתן משמעות שתאפשר חקירה שלו במרחב הפרמטרים. - עלו גם בעיות בניסוח הסבר (נ.מ.ק). בפרט, תלמידים לא טרחו להסביר כלל, גם לא במשפט, את הפיתוח המתמטי שעשו בסעיף זה ומהיכן הוא נובע.

מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	א, ד
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א, ד, ה
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	א
	בחינת והתייחסות למקרי קצה / מקרים פרטיים	
	מעבר בין ייצוגים	ה
	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ד, ה
זיהוי סיטואציה	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ד
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ה
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	כל השאלה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	א
	הסקה מתרשים	א
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ב, ג
	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	ה
ביטוי מתמטי / חישוב	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	ו
	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ד
הסבר	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ד
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

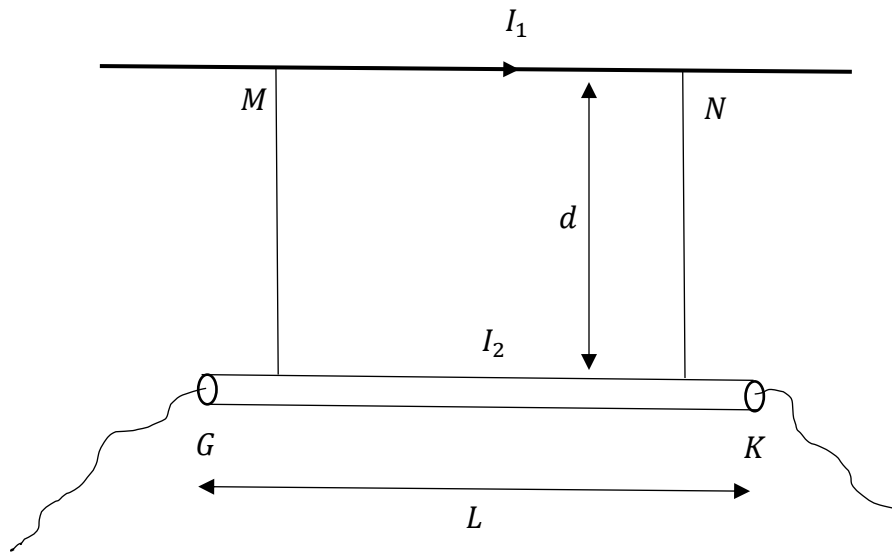
5. נתונה המערכת המתוארת בתרשים :

תיל דק ישר וארוך נושא זרם I_1 שכיוונו ימינה. על תיל זה תולים תיל מוליך ישר נוסף GK. החוטים המחברים את התילים הם מבודדים. התילים מקבילים זה לזה.

אורך התיל GK הוא $L = 40 \text{ cm}$.

המרחק בין התילים הוא $d = 4 \text{ cm}$.

התיל GK מחובר בחוטים דקים למקור מתח חשמלי, כך שזרם בו זרם I_2 הניתן לשינוי. ניתן להזניח את השדות המגנטיים של החוטים המחברים את התיל GK למקור המתח.



במערכת זו מבצעים סדרת מדידות של המתחויות באחד החוטים כתלות בזרם I_2 .

הניחו כי המתחויות בחוטים שוות זו לזו.

נסמן את מסתו של התיל GK ב- m .

תוצאות מדידות המתחויות כתלות בזרם I_2 נתונות בטבלה הבאה :

$T [10^{-5} \text{ N}]$	$I_2 [\text{ A}]$
7.85	8
7.5	16
7.25	24
7.05	32
6.8	40

א. על פי המדידות בטבלה, קבעו מהו כיוון הזרם I_2 . הסבירו תשובתכם.

ב. האם קיימת נקודה בה השדה המגנטי הכולל של שני התילים מתאפס? אם כן, ציינו היכן (מעל התיל העליון, בין התילים, מתחת לתיל GK)?... נמקו תשובתכם.

ג. (1) שרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על התיל GK ורשמו את משוואת הכוחות עליו.

(2) פתחו ביטוי של המתוחות T כתלות בפרמטרים I_2, I_1, m, d, L ובקבועים פיזיקליים ידועים.

ד. שרטטו גרף של המתוחות T כתלות בזרם I_2 , והעבירו את קו המגמה המתאים ביותר.

ה. חשבו באמצעות הגרף את:

(1) הזרם I_1

(2) המסה m של התיל GK.

ו. נניח כי במקום התיל הנושא את הזרם I_1 מציבים סילונית ארוכה ("אינסופית") ומזרימים בה זרם I_1 .

מתחת לסילונית תולים בחוטים מבודדים את התיל GK כמקודם ומזרימים בו זרם I_2 . האם במערכת זו

המתוחות בחוטים תושפע מעוצמת הזרם I_2 ? הסבירו.

(הערה: נושא השדה המגנטי מחוץ לסילונית והתאפסותו עבור סילונית "אינסופית" הוצג לתלמידים ועל כן

מופיע בשאלה זו, מבלי שנכלל בהכרח בתוכנית הלימודים)

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

שאלה בעלת מבנה סטנדרטי בכוחות מגנטיים בין תילים, המבוססת על שרטוט גרף ליניארי והסקה של גדלים פיזיקליים ממנו.

מטרה עיקרית בשאלה, פרט לתחום התוכן (כוח מגנטי, סילונית) הייתה להציג בפני התלמידים נושא של שרטוט גרף שבו, במידה והגרף מתחיל מראשית הצירים, לא ניתן לשרטטו בקנה מידה גדול ומדויק מספיק. מכאן שעל הגרף להתחיל (בציר האנכי) בנקודה אחרת. תת נושא זה בתכנון שרטוט גרף היווה קושי לתלמידים כשנדון בכיתה, ונראה היה שלא הוטמע ולא הוערך דיו.

מאפייני השאלה :

- השאלה מבוססת על שרטוט גרף, כך שהגרף (עם קנה מידה מתאים ומדויק מספיק) אינו אמור לכלול את ראשית הצירים, אלא להתחיל מערך גדול מאפס בציר האנכי. ניתנה לכך הנחיה בעל פה בתחילת הבחינה.
- קביעת כיוון הזרם בסעיף א' מקדימה את שרטוט הגרף ומהווה הסקה מתוך מגמת נתונים בטבלה (מתיחות נחלשת כשהכוח המגנטי גדל).
- סעיף ו' מתייחס לשדה מגנטי מחוץ לסילונית "אינסופית" (מתאפס), נושא שנדון ומוערך יחסית מעט.

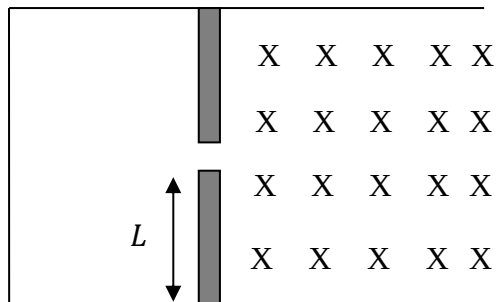
תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
א	מספר תלמידים הסיקו כי הכוח המגנטי על התיל GK פועל כלפי מטה, על אף הסתירה עם נתון החלשות המתיחות – הסקה שגויה מתוך נתונים.
ד	• תלמידים רבים התקשו מאוד בבחירת קנה מידה מתאים לגרף, על אף ההנחיה לשרטטו לא מראשית הציר האנכי. תלמידים מסוימים בחרו להתעלם מכך, ואחרים שרטטו בקנה מידה קטן מדי אפילו אם התחילו את הגרף מנקודה מתאימה. • עלה מספר קטן של בעיות ידועות בשרטוט גרפים וקווי מגמה, כגון אי שמירה על קנה מידה
ה	• מספר תלמידים בחרו נקודות מדידה (מהטבלה) בחישוב השיפוע • במספר מקרים תלמידים התעלמו מהיחידות הנתונות בגרף בחישוב השיפוע ו / או נקודת החיתוך
ו	• ברוב מוחלט של התשובות היה ניתוח שגוי של הסיטואציה, שכלל בעיקר התייחסות לשדה בתוך סילונית אף שנתון כי התיל נמצא מחוצה לה. • עלו בעיות בניסוח הסברים (נ.מ.ק), אם כי עיקרן נגע לנכונות ההסבר, ולא לניסוח עצמו.

מיפוי מיומנויות :

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	א
	בניית מודל, כולל הנחות פישוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה / מקרים פרטיים	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ו
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ו
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ו
	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	ג, ד, ו
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	א (טבלה)
	הסקה מתרשים	
	שרטוט גרף כמותי ליניארי	ד
ייצוג גרפי	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	ד
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ב, ג
ביטוי מתמטי / חישוב	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	ג
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
הסבר	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	א, ו
	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

6. בשרטוט מתוארת מערכת בת שני שלבים, בה מואצים תחילה חלקיקים ממנוחה בהפרש פוטנציאלים V . לאחר מכן נכנסים החלקיקים לאזור בו שורר שדה מגנטי אחיד B שכיוונו לתוך הדף. מטען החלקיקים הוא q . החלקיקים נעים בשדה המגנטי עד לפגיעתם בלוח צילום שאורכו הוא L , ראו תרשים.



- א. (1) מהו סוג התנועה של החלקיקים בשדה המגנטי? נמקו!
 (2) הוסיפו לתרשים מסלול של חלקיק טעון שלילית. הסבירו את תשובתכם בקצרה.
 ב. פתחו ביטוי לאנרגיה הקינטית של החלקיקים בעת פגיעתם בלוח הצילום. השתמשו בפרמטרים הנתונים בשאלה, או בחלקם. הסבירו את שיקוליכם.
 ג. (1) פתחו ביטוי למסה המרבית של חלקיקים שיפגעו בלוח הצילום.
 (2) מהי המסה המרבית עבור הנתונים:

$$V = 1000V, q = 3.2 \cdot 10^{-19}C, B = 0.1T, L = 0.16m$$

- ד. כדי לאפשר לחלקיקים לנוע בקו ישר באזור השדה המגנטי הוסיפו באזור זה שדה חשמלי.
 (1) מהו כיוון השדה החשמלי הדרוש? נמקו.

(2) הביעו את גודל השדה החשמלי E באמצעות הפרמטרים: V, q, B, m ,

כאשר m היא מסת החלקיקים. הסבירו את שיקוליכם

- ה. למערכת הוכנסו 3 חלקיקים:

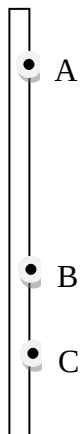
- **אלקטרון**: מטענו שלילי.
- **פרוטון**: מטענו חיובי וזהה בגודלו למטען האלקטרון. מסתו גדולה ממסת האלקטרון.
- **פוזיטרון**: מטענו חיובי וזהה בגודלו למטען האלקטרון, מסתו זהה למסת האלקטרון

נתון כי שלושת החלקיקים נכנסו לשדה המגנטי במהירות זהה.

בתרשים מוצגות העקבות שהותירו החלקיקים בלוחות הצילום.

קבעו על פי התרשים איזה חלקיק פגע בכל אחת מהנקודות A, B, C: הסבירו.

שימו לב כי נקודת הכניסה של החלקיקים לשדה המגנטי אינה מוצגת בתרשים.



ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

שאלה בעלת מבנה סטנדרטי בתנועת חלקיקים בשדה מגנטי.

השאלה נועדה לכסות מגוון נושאים רחב : כוח לורנץ וכלל יד ימין הראשון, תנועה מעגלית בשדה מגנטי, האצה בשדה חשמלי ולאחריה תנועה בשדה מגנטי, התאפסות עבודת הכוח המגנטי, בורר מהירויות.

מטרת נוספת של השאלה הייתה להציג בפני התלמידים שאלה פרמטרית כמעט לחלוטין, הכוללת פיתוח ביטויים ושאלות הסבר איכותיות. בשאלה גם נדרש ניתוח והסקה משולבים מתרשים וטקסט (סעיף ה').

מאפייני השאלה :

- שאלה פרמטרית ברובה המוחלט. הדורשת שילוב בין ביטויים המתקבלים משימור אנרגיה בשדה חשמלי וביטויים הקשורים לתנועה מעגלית בשדה מגנטי.
- ריבוי יחסי של סיטואציות : תנועה בשדה מגנטי, בורר מהירויות, תנועת מספר חלקיקים שונים בשדה.
- סעיף ב' מנוסח באופן לא מפורש : על התלמידים להסיק כי הוא מכוון לעבודת הכוח המגנטי.
- סעיף ו' משלב הסקה מטקסט ותרשים.

תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
כללי	רובם המוחלט של התלמידים פתר נכונה את כל סעיפי השאלה
ב	עלו מספר מקרים (לא רב) שבו תלמידים לא הקפידו על שרטוט חצי מעגל ושרטטו קו עקום פרבולי כלשהו. זאת אף אם התייחסו מפורשות לחצי מעגל בתשובה מילולית.
ג	מספר תלמידים לא הקפידו על שימוש בפרמטרים הנתונים בלבד
ד	• תלמידים לא מעטים טענו כי הפיכת מטען החלקיק תהפוך את כיוון השדה החשמלי שמצאו – הפרידו בין חלקיק טעון חיובית לטעון שלילית • בקביעת כיוון השדה החשמלי תלמידים השתמשו באופן לא מפורש במטען חיובי להסבר טענתם, מבלי להבהיר זאת.
ה	• עלו מספר בעיות ניסוח (נ.מ.ק), אם כי יחסית – באופן מועט

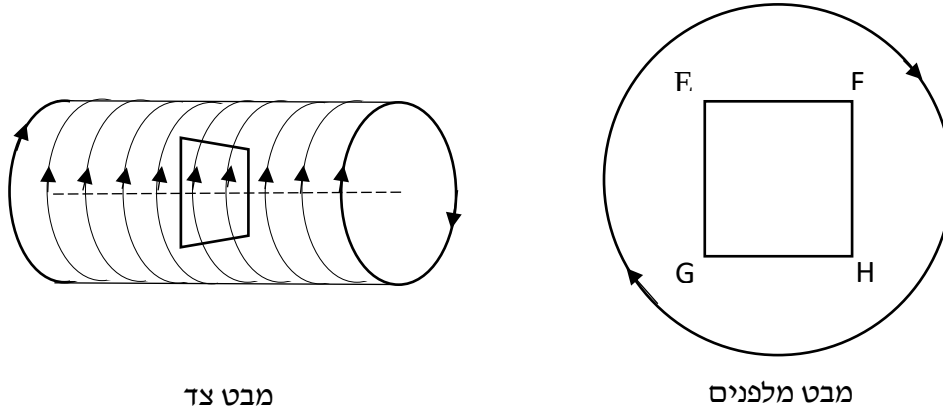
מיפוי מיומנויות:

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	ב, ג, ד
	בניית מודל, כולל הנחות פשוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה / מקרים פרטיים	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ד, ה
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ד
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ד, ה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	
	קריאה מלאה : הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	ה
	הסקה מתרשים	
ייצוג גרפי	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	
	מקרי קצה וסימטריה : התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
ביטוי מתמטי / חישוב	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	ב, ג, ד
	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	ג, ד
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	
הסבר	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ה
	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	ה
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	

7. אור ונוגה, שני תלמידי מגמת פיזיקה, ביצעו ניסוי בכא"מ מושרה.

הם לקחו סילונית ארוכה מאוד וחיברו אותה בטור למקור מתח ולנגד משתנה, כדי שיוכלו לשלוט בעוצמת הזרם ולשנות אותו כתלות בזמן. את עוצמת הזרם בסילונית הם מדדו באמצעות אמפרמטר.

בתוך הסילונית, סמוך למרכזה, הם מיקמו כריכה ריבועית מוליכה קטנה EFHG. ציר הסילונית עובר במרכז הכריכה, והיא ניצבת אליו, כמתואר בתרשים א'. הזרם בסילונית הינו עם כיוון השעון כמתואר בתרשים א'.



תרשים א'

נתון:

מספר הכריכות בסילונית $N = 500$, אורך הסילונית $L = 0.25 \text{ m}$.

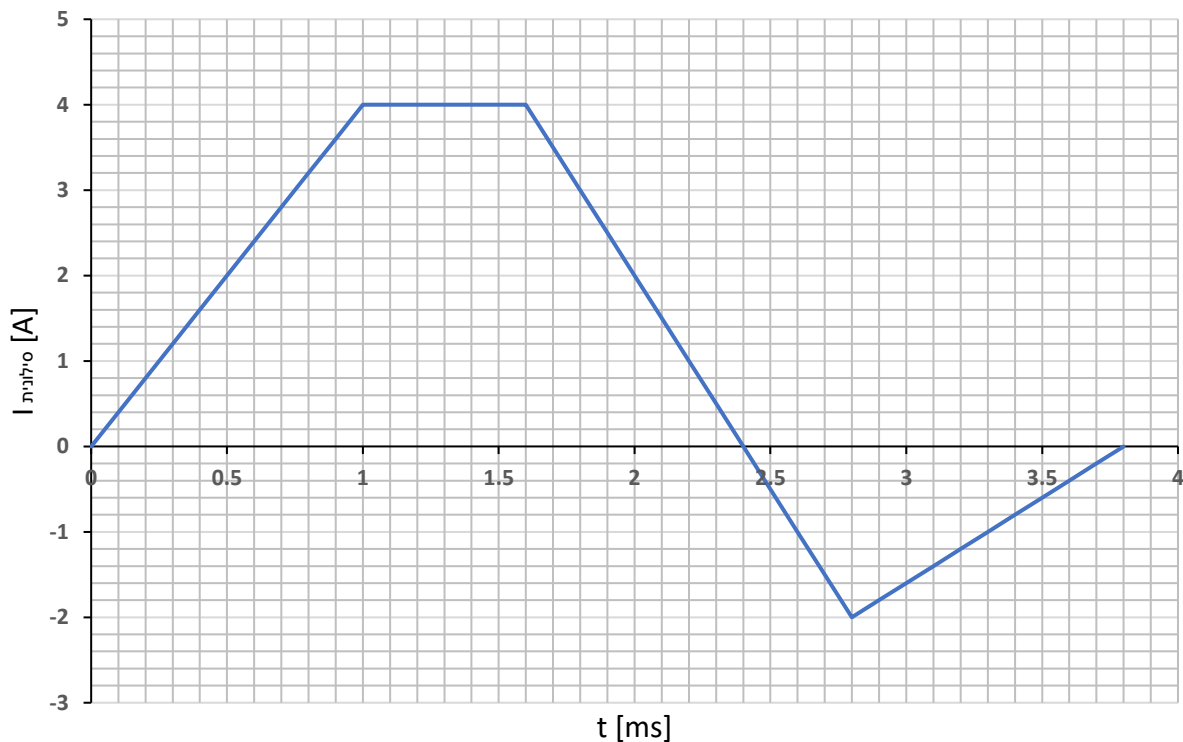
אורך צלע הכריכה $a = 0.05 \text{ m}$, התנגדות הכריכה $R = 0.5 \Omega$.

התלמידים ביצעו מספר ניסויים:

ניסוי 1:

התלמידים שינו את הזרם בסילונית כתלות בזמן. הוריית האמפרמטר מתוארת בגרף שבתרשים ב'. שימו לב ליחידות הזמן. זרם שלילי פירושו הפיכת כיוון הזרם בסילונית, כלומר זרם כנגד כיוון השעון.

זרם בסילונית כתלות בזמן



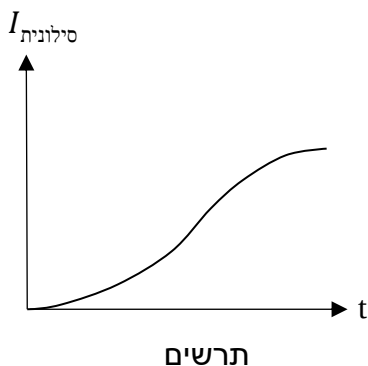
תרשים ב'

- א. חשבו את עוצמת הזרם המושרה בכריכה בכל אחד מפרקי הזמן המתוארים בגרף.
 ב. קבעו את כיוון הזרם בכריכה בכל אחד מפרקי הזמן (עם או נגד כיוון השעון)? נמקו.

ג. חשבו את הכוח המגנטי (גודל וכיוון) הפועל על הצלע EF של הכריכה בפרק הזמן $0 \leq t \leq 1 \text{ ms}$

ניסוי 2:

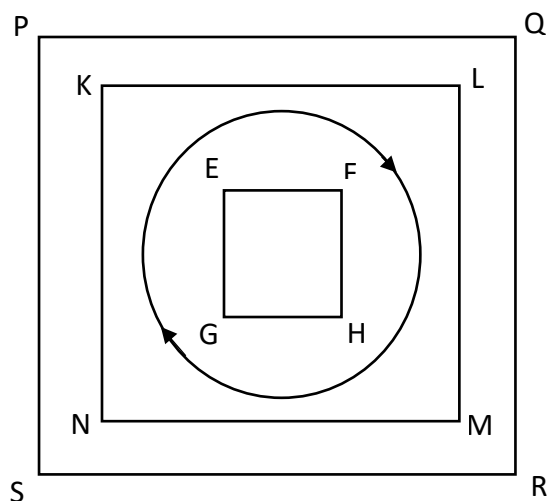
- התלמידים חזרו על הניסוי בשנית והגדילו את הזרם בסילונית. הוריית
 האמפרמטר בניסוי זה מתוארת בתרשים ג'.
 ד. אור טען כי הזרם המושרה בכריכה ילך ויגדל מפני שהגדלת הזרם
 בסילונית מגדילה את השדה המגנטי שלה.
 האם טענתו נכונה? **הסבירו!**



ניסוי 3 :

אור ונוגה מיקמו, שתי כריכות נוספות, שתייהן מחוץ לסילונית, כמתואר בתרשים ד'. כל הכריכות נציבות לציר הסילונית.

לכריכה KLMN צלע באורך b ולכריכה PQRS צלע באורך c . נתון : $c > b > a$.



תרשים

לאחר מיקום הכריכות הם הגדילו את הזרם בסילונית בקצב קבוע.

נניח כי ברגע מסוים t מתפתח בכל כריכה כא"מ מסוים (שונה מאפס). נסמן :

ε_1 - גודל הכא"מ המושרה המתפתח בכריכה EFHG

ε_2 - גודל הכא"מ המושרה המתפתח בכריכה KLMN

ε_3 - גודל הכא"מ המושרה המתפתח בכריכה PQRS

ה. בחרו את הטענה הנכונה מבין הטענות הבאות והסבירו תשובתכם.

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 \quad (1)$$

$$\varepsilon_1 < \varepsilon_2 < \varepsilon_3 \quad (2)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 < \varepsilon_3 \quad (3)$$

$$\varepsilon_1 < \varepsilon_2 = \varepsilon_3 \quad (4)$$

ניתוח השאלה :

תיאור ומטרות :

זו שאלת מתכונת. לשאלה מספר מטרות. בתחום התוכן – הערכה של מגוון נושאים בכא"מ מושרה : חוקי פאראדיי ולנץ, כוח מגנטי מושרה, חוק פאראדיי עם קצב שינוי לא אחיד (שימוש בנגזרת), שדה בתוך ומחוץ לסילונית.

מטרות עיקריות נוספות נוגעות להערכת מיומנויות הסקה מגרף ליניארי למקוטעין, מיומנויות ניתוח שאלה ארוכת טקסט ורבת ייצוגים (3 תרשימים, 2 גרפים), וכן מיומנויות הנוגעות לריבוי סיטואציות (3 סיטואציות שונות בשאלה).

גם בשאלה זו, בדומה לשאלה 5, נבחן נושא פחות נפוץ בהערכה – שדה של סילונית מחוצה לה.

מאפייני השאלה :

- שאלה ארוכת טקסט עם ייצוגים רבים, המכילה מידע משולב מטקסט ותרשימים.
- שאלה עם 3 סיטואציות שונות – ריבוי מקרים.
- מבוססת על ניתוח והסקה מגרף ליניארי. בפרט – הפיכת כיוון השדה החיצוני (מעבר מתחום חיובי לשלילי בגרף) אשר אינה משנה את כיוון הזרם המושרה.
- הכא"מ המושרה נידון בהקשר של סילונית, שהינו פחות נפוץ.

תובנות מתשובות תלמידים :

סעיף	טעויות נפוצות, תפיסות לא מקובלות מדעית וקשיים בפתרון
כללי	נתגלעו קשים בכל סעיפי השאלה
א	• תלמידים התייחסו לשפוע גרף הזרם בסילונית כאילו הוא שווה לכא"מ, במקום להשתמש בו לחישוב השטף כתלות בזמן. הדבר מרמז על הנחה אוטומטית כאילו "שפוע הגרף מייצג תמיד כא"מ", מבלי לבחון באיזה גרף מדובר. • תלמידים התעלמו מכך שהכריכה EFGH היא כריכה בודדת, והכפילו את שדה הסילונית במספר כריכותיה כדי לקבל את השטף. הדבר עשוי לרמז על מתן משמעות לקוי לנוסחת הכא"מ בדף הנוסחאות, בה מופיע מספר הכריכות N, מבלי להתייחס לשאלה לאיזה גוף (כריכה או סילונית) מתייחסת השאלה. • תלמידים התעלמו מיחידות הזמן בציר האופקי בגרף (ms) והתייחסו לזמן כאילו נתון בשניות.
ב	• תלמידים הניחו כי כיוון הזרם המושרה הפוך תמיד לכיוון הזרם בסילונית – משמעות שגויה של חוק לנץ – התייחסות לגודל הפיזיקלי ולא לשינוי בו. • גם התשובה ההפוכה נכחה, אם כי עבור מספר מועט יחסית של תלמידים. אלה הניחו כי כיוון הזרם המושרה זהה תמיד לכיוון הרם בסילונית.
ג	• מספר תלמידים לא ענו על סעיף זה למרות היותו טכני בעיקרו. • תלמידים בלבדו בין הזרם המושרה והזרם בסילונית בהצבה בנוסחה לכוח המגנטי.

	מאחר והשדה המגנטי משתנה בזמן, גם הביטוי לכוח המגנטי תלוי בזמן והוא ביטוי פרמטרי כתלות ב t . רוב מוחלט של התלמידים התעלם מכך וחישב את הכוח המגנטי עבור הזמן הספציפי $t = 1 \text{ ms}$.
ד	מספר רב יחסית של תלמידים טעו והסיקו כי הטענה נכונה, עקב תלות הכא"מ בזרם בסילונית והעלייה בגרף – פירוש מוטעה לייצוג הגרפי של חוק פאראדיי.
ה	תלמידים קישרו את השטף לשטח הכריכה, ולא לשטח האפקטיבי בו קיים השדה, כלומר התעלמו מכך שהשדה מחוץ לסילונית אפס.

מיפוי מיומנויות:

תחום	מיומנות	סעיף
מידול	פירוק בעיה לתת בעיות	
	זיהוי משתנים ופרמטרים בבעיה	כל השאלה
	בניית מודל, כולל הנחות פישוט	
	בחינת והתייחסות למקרי קצה / מקרים פרטיים	
	מעבר בין ייצוגים	
זיהוי סיטואציה	זיהוי שינוי בסיטואציה ומהות השינוי (כאשר אינה מפורשת)	ד, ה
	זיהוי הגדלים המשתנים והלא משתנים בעת שינוי הסיטואציה	ד, ה
	זיהוי החוקים התקפים והרלוונטיים לסיטואציה, ובידול מאלה ששימשו לסיטואציות קודמות (אי החלה אוטומטית של אותו סט חוקים על כל המקרים)	ד, ה
קריאת והבנת טקסט ותרשים	הסקת נתונים מטקסט	כל השאלה
	קריאת טקסט ארוך, הבחנה בין עיקר וטפל	כל השאלה
	קריאה מלאה: הבחנה בכל הנתון / נדרש / נשאל	כל השאלה
	שילוב הסקה מטקסט עם תרשים / גרף, מתן משמעות לייצוג אחד באמצעות אחרים	א, ב, ד, ה
	הסקה מתרשים	ה
ייצוג גרפי	שרטוט גרף כמותי ליניארי	
	הסקה מגרף ליניארי (צורה, שיפוע, נקודות חיתוך, שטח מתחת לגרף)	א, ב
	שרטוט גרף איכותי	
	הסקה מגרף לא ליניארי (כולל בחירת גרף מבין אפשרויות)	ד
	מקרי קצה וסימטריה: התנהגות אסימפטוטית, התאפסות מסימטריה וכו'	
ביטוי מתמטי / חישוב	שימוש בחוקים / נוסחאות מתאימות לחישוב גודל פיזיקלי	א, ג
	פיתוח ביטוי, הצגת ביטוי כקשר ליניארי בין משתנים	
	בחינה והסקה ממקרי קצה / מקרים מיוחדים	ה
הסבר	קישור בין נתונים, ומידע פיזיקלי רלוונטי (נ.מ.ק)	ד, ה
	ניסוח הסבר המבוסס על קשר בין מספר טענות	
	שימוש בייצוגים שונים (טקסט, תרשים, גרף) להסבר / פתרון	