

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על-יסודיים  
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים  
מועד הבחינה: קיץ תשע"ד, 2014  
מספר השאלון: 656,036201  
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל-5 יח"ל

## פ י ז י ק ה מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

### הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעתיים וחצי (150 דקות).
- ב. מבנה השאלון ומפתח-ההערכה: בשאלון זה שני פרקים.
- |           |   |               |   |                           |   |            |
|-----------|---|---------------|---|---------------------------|---|------------|
| פרק ראשון | — | מכניקה        | — | $25 \times 3$             | — | 75 נקודות  |
| פרק שני   | — | אופטיקה וגלים | — | $12 \frac{1}{2} \times 2$ | — | 25 נקודות  |
|           |   |               |   | סה"כ                      | — | 100 נקודות |
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון.  
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

### ד. הוראות מיוחדות:

- ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
- בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירושו הסימן. לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי-רשום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה או אי-רשום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
- כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית  $g$  או קבוע הכבידה העולמי  $G$ .
- בחישובך השתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לתאוצת הנפילה החופשית.
- כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטקס לא יאפשרו ערעור מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).  
רשום "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. רישום טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

**בהצלחה!**

/המשך מעבר לדף/

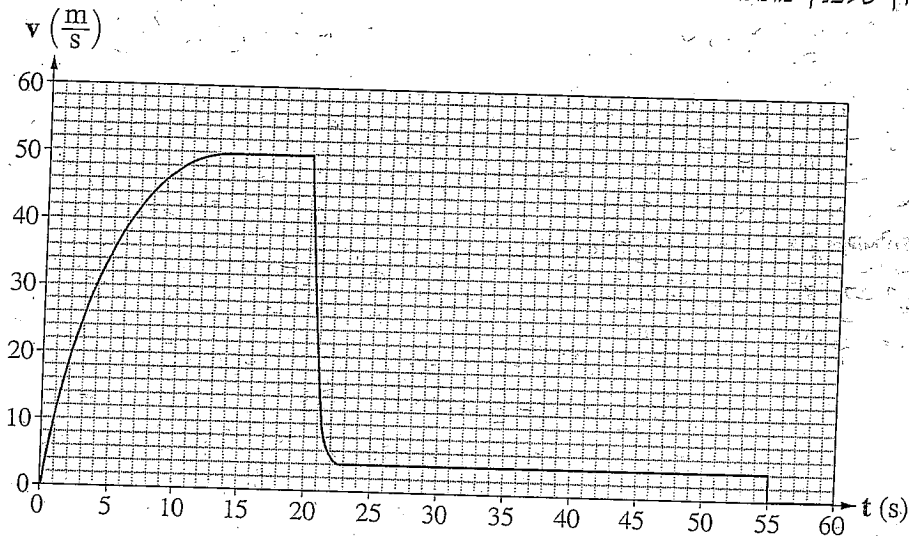
## השאלות

### פרק ראשון – מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה – 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. צנחן קפץ ממטוס ברגע  $t = 0$ . בתוך כדי נפילתו הוא פתח את המצנח: הצנחן והמצנח ייחשבו גוף אחד שייקרא: "הצנחן". הגרף שלפניך מתאר את גודל הכיב האנכי של מהירות הצנחן כפונקציה של הזמן.



- א. תאר במילים את תנועת הצנחן בפרק הזמן  $0 \leq t < 20$  s. בתשובתך התייחס לגודל הכיב האנכי של מהירות הנפילה של הצנחן, ולגודל של תאוצתו. (6 נקודות)
- ב. ציין את הסיבה לשינוי הפתאומי בגודל הכיב האנכי של המהירות בפרק הזמן  $20 \text{ s} < t < 22 \text{ s}$ . (3 נקודות)
- ג. הסבר איך היית מחשב בעזרת הגרף את המרחק האנכי שעבר הצנחן מרגע  $t = 0$  עד הרגע שהמצנח נפתח (אין צורך לחשב מרחק זה). (3 נקודות)
- ד. הראה מתוך הגרף שהגודל של תאוצת הנפילה החופשית בגובה שהצנחן קפץ ממנו הוא  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . בקירוב. (5 נקודות)
- על הצנחן פועלים בתוך כדי נפילתו שני כוחות: כוח הכובד והתנגדות האוויר.
- ה. עבור כל אחד משני הכוחות קבע אם הוא גדל, קטן או נשאר קבוע בפרק הזמן  $0 \leq t < 20$  s. הסבר את קביעותיך. (5 נקודות)
- ו. מסת הצנחן היא  $m = 80 \text{ kg}$ . בפרק הזמן  $0 \leq t < 55$  s, קבע את הגודל המרבי (המקסימלי) של הכוח השקול שפעל על הצנחן, ואת גודלו המזערי (המינימלי) של כוח זה. הסבר את קביעותיך. (3 נקודות)
- המשך בעמוד 3/

2. תפקיד המנוע במכונית הוא לסובב את גלגלי המכונית.

- א. מכונית מתחילה בנסיעה. מהו הכוח החיצוני שפועל על המכונית בכיוון תנועתה, וגורם להגדלת מהירותה? ציין מה מפעיל את הכוח הזה. (4 נקודות)
- ב. כאשר יש קרח על הכביש, המכונית אינה יכולה להגיע לתאוצה שהייתה מגיעה אליה אילו לא היה קרח על הכביש. הסבר מדוע. (4 נקודות)
- ג. מכונית נוסעת במהירות שגודלה  $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  ונבלמת. בזמן בלימתה גלגליה נעצרים, והמכונית מחליקה עד לעצירה מוחלטת.

(1) חשב את המרחק שתעבור המכונית מתחילת הבלימה ועד לעצירתה בשני מצבים:

— יש קרח על הכביש, ומקדם החיכוך הקינטי הוא  $\mu_k = 0.1$ .

— אין קרח על הכביש, ומקדם החיכוך הקינטי הוא  $\mu_k = 0.8$ .

(2) על סמך תשובותיך על תת-סעיף (1) הסבר מדוע סוגרים לתנועה כבישים שהצטבר עליהם קרח.

(8 נקודות)

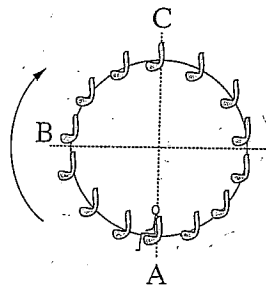
- ד. מכונית שמסתה  $1,000 \text{ kg}$  נעה קדימה. ברגע מסוים הכוח הפועל על מכונית בכיוון תנועתה הוא  $1,200 \text{ N}$ , והשקול של כל כוחות החיכוך הפועלים על המכונית בכיוון המנוגד לכיוון תנועתה הוא  $400 \text{ N}$ .  
חשב את תאוצת המכונית ברגע זה. (3 נקודות)

מלבד הכוח שכתבת בתשובתך על סעיף א, על מכונית נוסעת פועלת גם התנגדות אוויר. התנגדות האוויר גדלה ככל שמהירות המכונית גדלה.

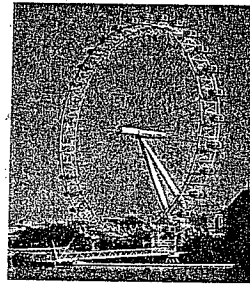
- ה. הכוח הפועל על מכונית בכיוון תנועתה מקנה לה תאוצה, וכך לכאורה מכונית יכולה להגיע לכל מהירות אם רק תאיץ די זמן. הסבר מדוע, בכל זאת, לכל מכונית יש מהירות מרבית (מקסימלית), והיא אינה יכולה לעבור מהירות זו בנסיעתה לאורך כביש אופקי. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. לרגל חגיגות תחילת האלף השלישי נבנה בלונדון פארק שעשועים ובו גלגל-ענק שקוטרו 120 m, הנקרא "העין הלונדונית". גודל מהירות הסיבוב של הגלגל-ענק הוא קבוע, וסיבוב אחד שלו נמשך 20 דקות. לפניך תצלום של הגלגל-ענק ותרשים המתאר את האירוע הנדון בשאלה.



תרשים



(צילום: Credo)

תצלום

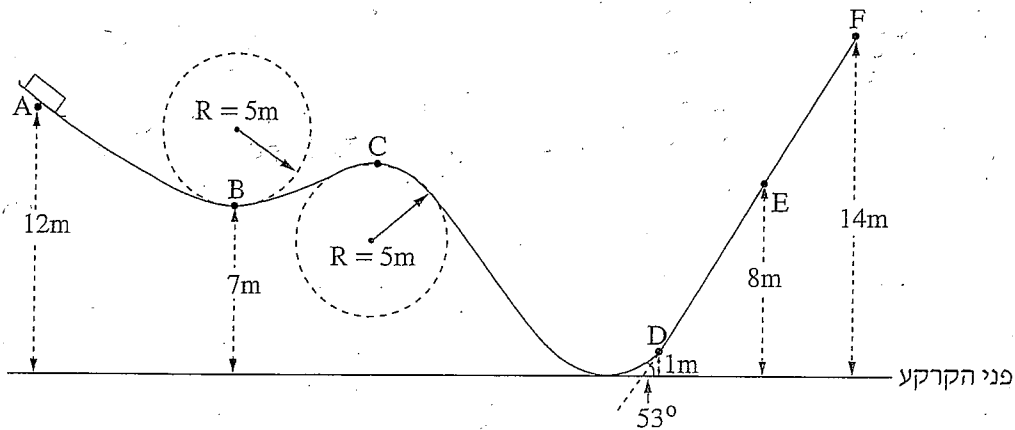
- על אחד הכיסאות של הגלגל-ענק יושב ילד. מסת הכיסא עם הילד  $M = 120 \text{ kg}$ . ראה במערכת "כיסא + הילד" גוף נקודתי, וענה על סעיפים א-ה.
- א. האם בזמן שהגלגל מסתובב התאוצה של המערכת "כיסא + ילד" שווה ל-0? נמק. (5 נקודות)
- ב. (1) קבע מה הם הכוחות הפועלים על המערכת "כיסא + ילד" כאשר הגלגל מסתובב.  
 (2) העתק למחברתך את הטבלה שלפניך. הוסף לטבלה שורה עבור כל אחד מן הכוחות שכתבת בתת-סעיף (1), והשלם בה את הנתונים המתאימים לפי הכותרות.  
 שים לב: הגלגל-ענק מסתובב בכיוון השעון. הנקודות A, B ו-C מסומנות בתרשים.

שם הכוח	כיוון הכוח		
	בנקודה A	בנקודה B	בנקודה C

- (3) הוסף לטבלה שבמחברתך שורה עבור הכוח השקול, והשלם בה את הנתונים המתאימים. (5 נקודות)

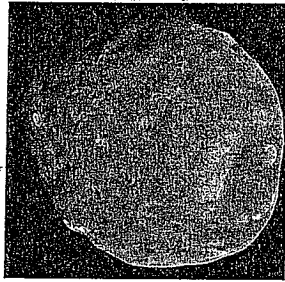
- ברגע  $t = 0$  המערכת "כיסא + ילד" נמצאת בנקודה B. והיא נעה כלפי מעלה.
- ג. סרטט במחברתך גרף מקורב של המקום האנכי של המערכת "כיסא + ילד" כפונקציה של הזמן, במשך סיבוב שלם אחד של הגלגל. (5 נקודות)
- ד. חשב את שינוי האנרגיה המכנית של מערכת "כיסא + ילד" (ביחס לכדור הארץ), בפרק הזמן  $0 < t < 0.375T$ . הוא זמן המחזור של סיבוב הגלגל-ענק. (5 נקודות)
- ה. קבע אם העבודה הכוללת הנעשית על המערכת "כיסא + ילד" בפרק הזמן המצוין בסעיף ד היא חיובית, שלילית או שווה לאפס. נמק את קביעתך. (5 נקודות)  
 /המשך בעמוד 5/

4. מסלול החלקה, הבנוי מקטעים ישרים ומקשתות של מעגלים ברדיוס 5m, מכוסה שלג, לכן הוא נחשב חסר חיכוך. על המסלול, בנקודה A, נמצאת מזחלת שמסתה 35 kg (ראה תרשים). גיל, שמסתו 65 kg, התיישב במזחלת כשהיא במנוחה.



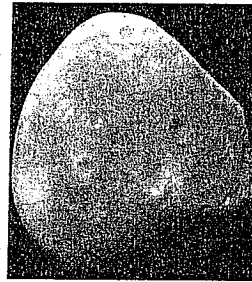
- א. המזחלת שוחררה ממנוחה והיא נעה לאורך המסילה בלי להתנתק ממנה. חשב את גודל מהירותה בנקודה B. (4 נקודות)
- ב. האם תשובתך לסעיף א הייתה משתנה אילו נער אחר, שמסתו שונה מזו של גיל, היה מתיישב במזחלת? נמק. (4 נקודות)
- במזחלת מותקנים מאזני קפיץ, שהמשטח העליון שלהם מקביל למסלול בזמן התנועה. גיל יושב על המאזניים, רגליו באוויר והן אינן נשענות על המזחלת.
- ג. מה צריך להיות הגובה של נקודה C מעל פני הקרקע, כדי שגיל יהיה חסר משקל כאשר הוא חולף בנקודה זו? פרט את חישוביך. (6 נקודות)
- ד. חשב מה מורים המאזניים (ביחידות גיוטון) כאשר המזחלת חולפת בנקודה E. (6 נקודות)
- ביום חם פחתה כמות השלג לאורך הקטע DF, ובקטע זה היה חיכוך בין המסלול למזחלת. בעקבות החיכוך המזחלת נעצרה (רגעית) בנקודה E.
- ה. חשב את הגודל של כוח החיכוך שפעל על המזחלת בקטע DE. (5 נקודות)

5. בשנת 1877 התגלו שני ירחים המקיפים את כוכב הלכת מאדים: פובוס (Phobos) ודימוס (Deimos).



(NASA)

פובוס



דימוס

זמן המחזור של פובוס בתנועתו סביב מאדים,  $T_P$ , הוא 0.3189 יממות ארציות, ורדיוס מסלולו הוא  $r_P = 9.377 \cdot 10^6 \text{ m}$ .

זמן המחזור של דימוס סביב מאדים,  $T_D$ , הוא 1.262 יממות ארציות.

א. (1) חשב את רדיוס המסלול של דימוס (אפשר להזניח את השפעת הירחים זה על זה).

(2) נתון: זמן מחזור הירח של כדור הארץ בתנועתו סביב כדור הארץ,  $T_m$ ,

הוא 27:3 יממות.

האם על פי נתון זה, הנתונים שבפתיח וחוקי קפלר בלבד, אפשר לחשב את

רדיוס המסלול של הירח בתנועתו סביב כדור הארץ? אם כן – חשב אותו;

אם לא – הסבר מדוע אי אפשר לחשב.

(8 נקודות)

הנח שצורתו של כוכב הלכת מאדים היא כדורית וצפיפותו אחידה.

ב. חשב את מסת כוכב הלכת מאדים, על פי נתוני השאלה בלבד. פרט את חישוביך.

(6 נקודות)

חללית קטנה שמסתה 53 kg נשלחה לחקור את מאדים, וריחפה ללא נוע בגובה 20 m

מעל נקודה מסוימת על פני מאדים. הנח שכוכב הלכת מאדים אינו מסתובב סביב צירו.

מטאורואיד שמסתו 1.3 kg נע במהירות קבועה שגודלה  $12.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  וכיוונה מקביל לקרקע

המאדים, פגע בחללית וחדר לתוכה.

לאחר ההתנגשות שני הגופים האלה נעו כגוף אחד (נכנה אותו "גוף מורכב") ופגעו בקרקע המאדים.

הרדיוס של כוכב הלכת מאדים הוא  $R = 3.4 \cdot 10^6 \text{ m}$ .

ג. חשב את גודל המהירות של הגוף המורכב מיד אחרי ההתנגשות. (4 נקודות)

ד. כמה זמן אחרי ההתנגשות פגע הגוף המורכב בקרקע המאדים? (7 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

**פרק שני – אופטיקה וגלים** (25 נקודות)

ענה על שתיים מהשאלות 6-8.

(לכל שאלה –  $12\frac{1}{2}$  נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. יאיר יושב במכונית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה־G.P.S).

בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.

א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו או

לעבר המפה? נמק. (3 נקודות)

לאחר שיאיר הדליק את הנורה הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה

את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון.

ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון. ( $3\frac{1}{2}$  נקודות)

יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. בתוך קרון הרכבת דלק אור,

ומחוץ לרכבת שרר חושך. יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת.

חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר.

אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית.

ג. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו?

פרט את תשובתך. (3 נקודות)

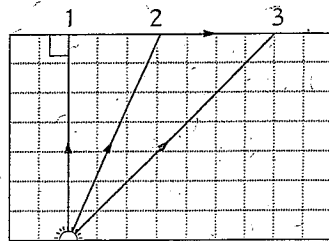
ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את

כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

(3 נקודות)

7. מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה) העשויה מחומר שקוף. המנסרה נמצאת באוויר.

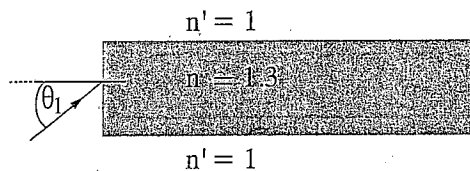
בתרשים 1 מוצג חתך של המנסרה המקביל לשתיים מדופנות. המנסרה, וכן מוצג בו מהלך של שלוש קרניים 1, 2, 3, שמקורן במקור האור. זווית השבירה של קרן 2 היא  $90^\circ$  בקירוב.



תרשים 1

- א. העתק את תרשים 1 למחברתך והשלם בו במדויק את המשך המהלך של קרן 1 ושל קרן 3. הסבר את שיקוליך (5  $\frac{1}{2}$  נקודות)
- ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית) למעבר אור מן החומר השקוף לאוויר. (3 נקודות)

אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסדי אנרגיה. בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו  $n = 1.3$ , וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה  $\theta_1$ .



תרשים 2

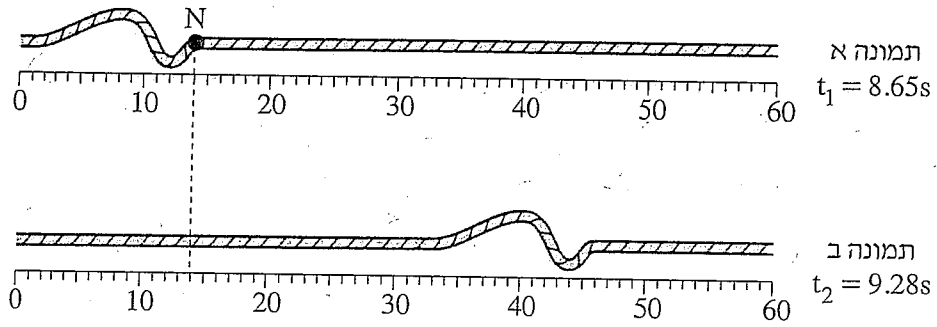
- ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה  $\theta_1$  צריכה להיות קטנה מ-  $57^\circ$  כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר. הסבר מדוע. בתשובתך היעזר בתרשים.

(4 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

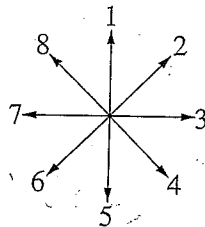


8. בתרשים 1 מוצגות שתי תמונות של חבל, שלאורכו מתקדמת הפרעה (פולס). בתמונה א מוצגת ההפרעה בהגע  $t_1 = 8.65s$ , ובתמונה ב מוצגת ההפרעה ברגע  $t_2 = 9.28s$ . מתחת לכל תמונה מוצג סרגל המכויל בסנטימטרים.



תרשים 1

- א. (1) מהו כיוון ההתקדמות של הפרעה (ימינה, שמאלה, מעלה או מטה)?  
 (2) מהו סוג הפרעה (אורכית, רוחבית או אחרת)? נמק.  
 (4 נקודות)
- ב. היעזר בתרשים 1 וחשב את מהירות ההתקדמות של הפרעה. ( $2\frac{1}{2}$  נקודות)
- ג. N היא נקודה על החבל. קבע איזה מבין החצים המסומנים בתרשים 2 מתאר נכון את כיוון התנועה של הנקודה N, רגע לאחר  $t_1$ . (2 נקודות)



תרשים 2

- ד. קצה החבל קשור בנקודה קבועה למוט אנכי שאינו נראה בתמונות. ההפרעה מתקדמת לאורך החבל לעבר קצהו הקשור, והיא חוזרת לכיוון שהגיעה ממנו. כאשר הפרעה חוזרת היא מתהפכת בכיוון מעלה-מטה.  
 סרטט במחברתך תרשים מקורב של הפרעה המוחזרת. (2 נקודות)
- ה. במקרה אחר קצה החבל קשור לטבעת החופשייה לנוע מעלה-מטה לאורך המוט האנכי. סרטט במחברתך תרשים מקורב של הפרעה המוחזרת במקרה זה. (2 נקודות)

**בהצלחה!**