

## שרשרת מחליקה משולחן

### הזמנה לחקר

לרשותכם מספר שרשרות וחבלים בעלי צפיפויות ואורכים שונים. שימו לב: הנכם עומדים לבצע תצפית על נפילת השרשרות. אנא הקפידו להניח על הרצפה משטח ספוג, כך שבנפילתן, השרשרות תפגענה בו ולא ישירות ברצפה.

#### 1. ביצוע תצפית

- פרשו שרשרת לכל אורכה על השולחן כך שקצה השרשרת יתלכד עם קצה השולחן. אחזו בקצה השרשרת המתלכד עם קצה השולחן, משכו בזהירות קטע קצר מן השרשרת ועיזבו.
- חיזרו על הפעולה הקודמת, והקפידו בכל פעם לעזוב את השרשרת כך שחלקה המשתלשל מטה שונה.
- חיזרו על הפעולה עם שרשרות/חבלים שונים.
- תארו את התופעות בהן צפיתם, לפחות בשני אופנים שונים (מילולי, תרשים, גרף וכדומה).

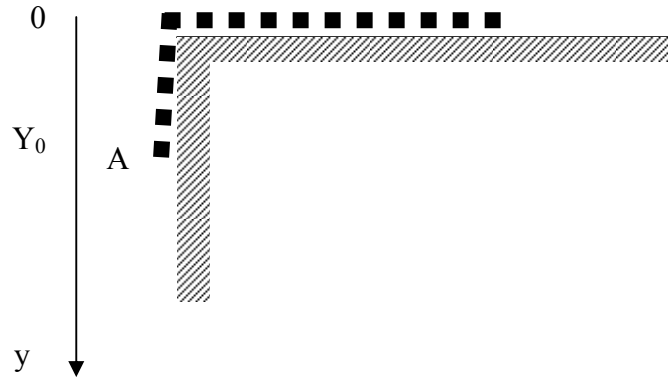
#### 2. שאילת שאלות

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

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

### מימוש החקר שלב א

3. מענה על השאלות ששאלתם ניתן לקבל על ידי ניתוח תיאורטי של תנועת השרשרת.



בפעילות הנוכחית, נתונה לנו שרשרת באורך  $L$ , ומסה  $m$ . נניח שאין חיכוך בין השרשרת לשולחן. נפתח הדמיה של תנועת השרשרת באמצעות הגיליון האלקטרוני, נתאר את התפתחותה צעד אחר צעד בזמן וננסה לענות על השאלות הבאות:

#### שאלת החקר הראשונה

הקבוצה שלכם מתבקשת לחקור את השאלה הבאה: מהו הקשר בין מיקום הקצה  $A$  של השרשרת לבין הזמן שחלף מרגע העזיבה ועד לרגע שכל השרשרת מתנתקת מן השולחן?

#### שאלת החקר השנייה

הקבוצה שלכם מתבקשת לחקור את השאלה הבאה: מהו הקשר בין מהירות השרשרת לבין הזמן שחלף מרגע העזיבה ועד לרגע שכל השרשרת מתנתקת מן השולחן?

#### שאלת החקר השלישית

הקבוצה שלכם מתבקשת לחקור את השאלה הבאה: מהו הקשר בין הכוח השקול הפועל על השרשרת לבין הזמן שחלף מרגע העזיבה ועד לרגע שכל השרשרת מתנתקת מן השולחן?

#### ב. העלאת השערה

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

**4. בניית מודל למענה על שאלת החקר**

- לרשותכם מחשב שבו מותקנת התוכנה גיליון אלקטרוני (Microsoft Office Excel).
- הכינו גיליון אלקטרוני שיאפשר לעקוב אחרי התפתחות תנועת השרשרת
  - א. קבעו את המשתנים של ההתרחשות.

	K	J	I	H	G	F	E					עמודה
												המשתנה
												יחידות
												סמל
												ערך התחלתי

- ב. הניחו שעוזבים את השרשרת כאשר הקצה A שלה נמצא מרחק  $y_0$  מתחת לראשית הצירים (ראו איור). קבעו את גודל צעד הזמן ואת הפרמטרים של ההתרחשות (אל תשכחו לכנות את הפרמטרים בשמות "הוספה", "שם", "יצירה", "עמודה ימנית").

D	C	B	A	עמודה	שורה
					7
ערך	סמל	יחידות	המשתנה	צעד הזמן	8
					9
					10
					11

- ג. בנו את המנגנון החישובי של תנועת השרשרת. לשם כך

- כתבו ביטוי לתאוצה ההתחלתית של השרשרת
- הזמן יקבע לפי הנוסחה  $t_{n+1} = t_n + dt$
- המהירות תחושב לפי  $v_{n+1} = v_n + 0.5 \cdot (a_n + a_{n+1}) \cdot dt$
- ומיקומה של נקודה A תחושב לפי  $x_{n+1} = x_n + v_n \cdot dt + 0.5 \cdot a_n \cdot dt^2$

- שכפלו את הנוסחאות לאורך מספר שורות

### 3. עיבוד הממצאים והסקת מסקנות

- הציגו גרפים שנותנים מענה לשאלת החקר שלכם. אם יש צורך, הוסיפו שורות גיליון.
- התבוננו בהתפתחות משתני ההתרחשות. בדקו אם ההתפתחות היא הגיונית מבחינה פיזיקאלית. לפי הצורך, שנו צעד הזמן, הפרמטרים ותנאי ההתחלה.
- אילו מבין הפונקציות המוצעות לקו מגמה נראית לכם מתאימה לגרף שיצרתם? הסבירו את תשובתכם.
- הסיקו מסקנות המתייחסות לקשר שבין תוצאות הניסוי לבין שאלת החקר. האם השערתכם הייתה נכונה? אם לא, מהי לדעתכם הסיבה לחוסר ההתאמה? ציינו את הקשר שבין המסקנות שהסקתם ובין עקרונות ומושגים בפיזיקה.
- הסיקו מסקנות נוספות העולות מממצאי ההדמייה שביצעתם.

### 4. מה יקרה אם...

הציעו שאלות חדשות העולות ממצאי ההדמייה שביצעתם

### שיתוף החקר שלב א'

#### 5. דיווח ודיון

הציגו לפני תלמידי הכיתה את הפעילות שביצעתם בעזרת מצגת, פוסטר, דגם וכדו'. התייחסו בהצגתכם גם לקשיים איתם נאלצתם להתמודד במהלך הפעילות, הציגו גם את השאלות החדשות שעלו מתוך הממצאים שלכם.

### מימוש החקר שלב ב

בפעילות החקר שביצעתם עד עכשיו מצאתם את הקשרים בין מיקום, מהירות ותאוצת השרשרת כתלות בזמן שחלף מרגע שחרורה.

בשלב זה נענה על שאלות המתייחסות לזמן ההחלקה של השרשרת על השולחן ולמהירותה ברגע שהיא מתנתקת מן השולחן.

### שאלת החקר הראשונה

הקבוצה שלכם מתבקשת לחקור את השאלה הבאה: כיצד משפיע האורך ההתחלתי של החלק האנכי של השרשרת על זמן תנועתה על השולחן?

### שאלת החקר השנייה

הקבוצה שלכם מתבקשת לחקור את השאלה הבאה: מהו הקשר בין האורך ההתחלתי של החלק האנכי של השרשרת לבין מהירותה ברגע שהיא ניתקת מן השולחן?

### שאלת החקר השלישית

הקבוצה שלכם מתבקשת לחקור את השאלה הבאה: כיצד משפיעה המסה ליחידת אורך של השרשרת על זמן תנועתה על השולחן?

### שאלת החקר הרביעית

הקבוצה שלכם מתבקשת לחקור את השאלה הבאה: מהו הקשר בין המסה ליחידת אורך של השרשרת לבין מהירותה ברגע שהיא ניתקת מן השולחן?

### העלאת השערה

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

### תכנון איסוף הממצאים

- איזה מידע צריך לאסוף כדי לענות על שאלת החקר?
- כיצד תשתמשו בגיליון האלקטרוני לביצוע החקר הנדרש?

### עיבוד הממצאים והסקת מסקנות

- הריצו את ההדמייה עבור סדרת ערכים של המשתנה החופשי שבחרתם.
- הציגו את תוצאות המדידות בגרף ובאופן נוסף (מילולי, טבלה, תרשים)
- אילו מבין הפונקציות המוצעות לקו מגמה נראית לכם מתאימה לגרף שיצרתם? הסבירו את תשובתכם.
- הסיקו מסקנות המתייחסות לקשר שבין תוצאות הניסוי לבין שאלת החקר. האם השערתכם הייתה נכונה? אם לא, מהי לדעתכם הסיבה לחוסר ההתאמה? ציינו את הקשר שבין המסקנות שהסקתם ובין עקרונות ומושגים בפיזיקה.
- הסיקו מסקנות נוספות העולות מממצאי הניסוי שלכם.

### מה יקרה אם

הציעו שאלות הנוגעות לתנועת השרשרת על השולחן אם החיכוך בין השרשרת לשולחן אינו זניח.

### שיתוף החקר שלב ב'

#### דיווח ודין

הציגו לפני תלמידי הכיתה את הפעילות שביצעתם בעזרת מצגת, פוסטר, דגם וכדו'. התייחסו בהצגתכם גם לקשיים איתם נאלצתם להתמודד במהלך הפעילות. כמו כן הציגו את השאלות עליהן חשבתם למקרה שבו החיכוך בין השרשרת לבין השולחן אינו זניח.

### מה למדנו?

- הכינו דיווח בכתב, הכולל את כל שלבי הפעילות ואת הרקע המדעי המתאים.
- ציינו שני דברים אותם למדתם בתחום התוכן ושני דברים אותם למדתם בתחום החקר. התייחסו גם להצגות שהציגו חבריכם.

### עבודה נעימה!

הערות למורה

- א. מימוש החקר – שלב ב' הינו אופציונאלי
- ב. בכיתות שלתלמידיהן אין ניסיון בבניית מודל חישובי בעזרת גיליון אלקטרוני, ניתן לבצע יחד כהזמנה לחקר את שלב א' ואת שלב ב' לבצע כחקר מודרך
- ג. אופציה לחקר פתוח- בניית מודל חישובי לתנועת השרשרת כאשר מקדם החיכוך בינה לבין השולחן אינו אפס. (שאלת חקר אפשרית-מהו הקשר בין החלק התלוי הנדרש להתחיל בתנועת השרשרת לבין מקדם החיכוך)
- ד. הפעילות נבנתה על בסיס פעילות מס' 8 – חבל מחליק משולחן-פתרון נומרי של משוואות התנועה – מכניקה ניוטונית, פעילויות לכרכים א' ו ב', מאת עדי רוזן, עמ' 156-161