

מבוא למורה:

- הפעילות המוצעת כאן מיועדת לתלמידים שאין להם ניסיון בחקר בעזרת גיליון אלקטרוני.
- הפעילות מורכבת משלושה חלקים מרכזיים: א. הזמנה לחקר המתייחסת להנעת עגלה בעזרת החיכוך, ב. פעילות חקר בעזרת גיליון המשותפת לכל הכיתה, ג. חקר פתוח המתבסס על הממצאים של ב'. משך זמן המומלץ להפעלה הוא 8-10 שעות, במהלך לימודי החוק השני של ניוטון.
- אם לתלמידים יש ניסיון בביצוע חקר בעזרת גיליון אלקטרוני, ניתן לבצע רק את חלק א' וחלק ג' של הפעילות, כאשר השאלה הנחקרת בחלק ב' משולבת בחקר הפתוח של חלק ג'.
- כדי לתת מענה לשאלות חקר נוספות, התלמידים יכולים להוסיף כותרות בעמודות נוספות וכן פרמטרים (למשל, אורך העגלה).
- דוגמאות לשאלות שניתן לחקור בשלב החקר הפתוח:

מהו הקשר בין גודל המהירות ההתחלתית של בול העץ על העגלה, V_{A0} , לבין זמן התנועה של בול העץ על העגלה t ?

מהו הקשר בין גודל המהירות ההתחלתית של בול העץ על העגלה, V_{A0} , לבין המהירות המשותפת של בול העץ והעגלה V_{AB} ?

כיצד משפיעה מסתו של בול העץ על המהירות המשותפת אליה מגיעים בול העץ והעגלה, במהלך תנועת בול העץ על פני העגלה?

כיצד משפיעה מסתו של בול העץ על זמן התנועה של בול העץ על העגלה, במהלך תנועת בול העץ על פני העגלה?

כיצד משפיעה מסתה של העגלה על המהירות המשותפת אליה מגיעים בול העץ והעגלה, במהלך תנועת בול העץ על פני העגלה?

כיצד משפיעה מסתה של העגלה על זמן התנועה של בול העץ על העגלה, במהלך תנועת בול העץ על פני העגלה?

כיצד משפיע מקדם החיכוך בין בול העץ לעגלה על המרחק שיעבור בול העץ עד עצירתו ביחס לעגלה, במהלך תנועת בול העץ על פניה?

כיצד משפיע מקדם החיכוך בין בול העץ לעגלה על המרחק אותו תעבור העגלה עד שבול העץ יעצור יחסית לעגלה, במהלך תנועת בול העץ על פניה?

מהו הקשר בין אורך העגלה לבין מקדם החיכוך שבין בול העץ לעגלה שיבטיח שבול העץ לא יפול מן העגלה מעבר השני?

לתלמידים שלמדו תנע ואנרגיה

מהו הקשר בין התנע של בול העץ לבין התנע של העגלה, במהלך תנועת בול העץ על פני העגלה?

מהו הקשר בין מקדם החיכוך שבין בול העץ לעגלה לבין העבודה שמבצע כוח החיכוך הפועל ביניהם?

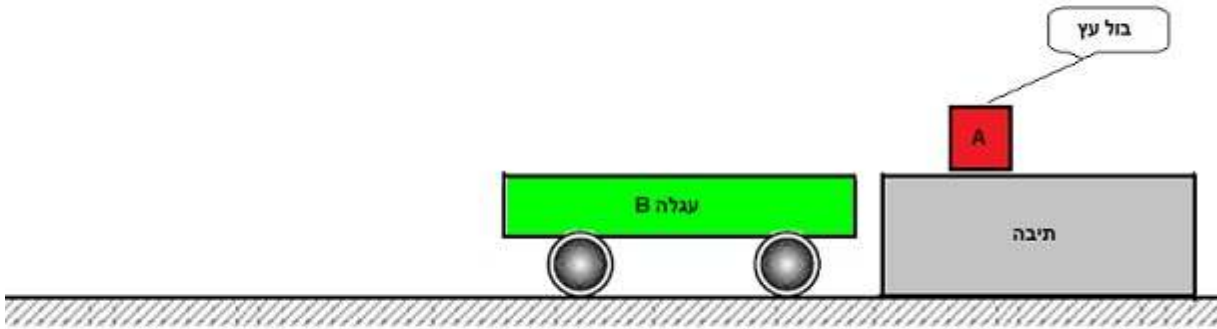
מענה לשאלות חקר אלה אפשרי אך דורש עבודה רבה (בחירת בולי עץ שונים, מציאת מקדם החיכוך בין כל אחד מבולי העץ לבין העגלה, מדידת זמן התנועה של בול העץ ביחס לעגלה בכל מקרה וכו'). הפעילות הנוכחית מדגימה כיצד ניתן לקבל מענה לחלק מן השאלות באמצעות הגיליון האלקטרוני.

הפעילות מבוססת על "חיכוך כאינטראקציה" – פעילות חקר שפותחה על-ידי ד"ר דורותי לנגלי. ההנחיות לבניית הטבלה ניתנו בהעזר בפעילות מס' 8 – חבל מחליק משולחן-פתרון נומרי של משוואות התנועה – מכניקה ניוטונית, פעילויות לכרכים א' ו' ב', מאת עדי רוזן, עמ' 156-161.

מעשה בבול עץ ועגלה

הזמנה לחקר

לרשותכם תיבה המהודקת לשולחן, עגלה ובול עץ קטן. התיבה והעגלה הן בנות גובה זהה. המשטח העליון של התיבה חלק בעוד שהמשטח העליון של העגלה מחוספס.



1. ביצוע תצפית

- הניחו את העגלה בצמוד לתיבה.
- הניחו את בול העץ על התיבה.
- דחפו את בול העץ כך שינוע על התיבה ויעבור אל העגלה. עקבו אחר המתרחש.
- חזרו על הפעולה האחרונה מספר פעמים ועקבו אחר המתרחש.
- תארו את התופעות בהן צפיתם, לפחות בשני אופנים שונים (מילולי, תרשים, גרף וכדומה).

2. שאלות 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.

הקשר בין מקדם החיכוך לבין זמן התנועה של בול העץ יחסית לעגלה

בשלב זה, עליכם לענות על שאלת החקר הבאה: בהזנחת החיכוך בין העגלה לשולחן, מהו הקשר בין גודל מקדם החיכוך μ בין בול העץ לעגלה לבין זמן התנועה של בול העץ A על העגלה B?

העלאת השערה

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

בניית טבלה בגיליון האלקטרוני לבדיקת שאלת החקר

לרשותכם מחשב שבו מותקנת התוכנה גיליון אלקטרוני (Microsoft Office Excel). כדי לענות על שאלת החקר, נניח שהעגלה ארוכה דייה ונבנה בגיליון טבלה שתאפשר לנו לעקוב אחרי מהירות בול העץ ומהירות העגלה צעד אחרי צעד בזמן. לשם כך נחלק את התנועה של כל אחד מהם לצעדי זמן קטנים dt ונניח שבכל צעד זמן dt , כל גוף נע במהירות קבועה.

- בנו טבלה שבה תייחדו למשתנים הזמן, מהירות העגלה ביחס לשולחן ומהירות בול העץ ביחס לשולחן את העמודות C, D, E.

	F	E	D	C	B	A
1		V_B	V_A	t	כותרות:	שורת
2					התחלה:	תנאי
3					נוסחאות:	שורת
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

- בשורת הכותרות הקלידו בכל אחת מן העמודות כותרת המתאימה למשתנה (למשל t למשתנה הזמן).

- בשורת תנאי ההתחלה הקלידו בתאים המתאימים ערכים שיקבעו שבתחילת התנועה העגלה במנוחה ומהירותו של בול העץ לפי בחירתכם ובלבד שלא תעלה על 10m/s.
- שורת הנוסחאות תאפשר לנו לבנות את גרף המהירות של כל גוף צעד אחרי צעד בזמן. כתבו במילים מהי המשמעות של כל אחת מן הנוסחאות הבאות:

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

$$V_{A n+1} = V_{A n} + a_A * dt \quad \circ$$

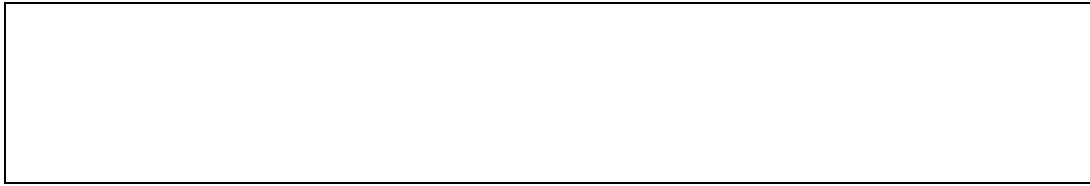
$$V_{B n+1} = V_{B n} + a_B * dt \quad \circ$$

- הגדלים הפיזיקאליים הקובעים את גודלה של התאוצה של כל אחד משני הגופים, אינם משתנים במהלך התנועה. גדלים אלה נקראים "פרמטרים" (שימו לב שגם המהירויות התחיליות של הגופים וגם גודל הצעד הם פרמטרים). בחרו ערכים לפרמטרים הנדרשים לחישוב התאוצה של כל אחד מן הגופים וחשבו את התאוצות. בחרו גם ערך לגודל צעד הזמן (בס"ג של מאיות שניה).
- הציבו בשורת הנוסחאות את הנוסחאות המתאימות לערכי הפרמטרים שבחרתם.
- שכפלו את סדרת התאים C3, D3, E3 לאורך מספר שורות. כיצד תקבעו עד לאיזו שורה יש לשכפל תאים אלה?
- באותה מערכת צירים הציגו גרפים של מהירות בול העץ ומהירות העגלה כתלות בזמן. האם ה"סיפור שמספרים הגרפים" הגיוני מבחינה פיזיקאלית? הסבירו

- כתבו כעבור כמה זמן מתחילת התנועה של בול העץ על העגלה מגיע בול העץ למנוחה יחסית לעגלה. הסבירו כיצד מצאתם ערך זה.

- שנו כל פעם פרמטר אחר, עדכנו את שורת הנוסחאות ועקבו אחרי הגרפים המתקבלים. תארו את מסקנותיכם.

- תארו מהם הצעדים שעליכם לבצע על מנת לענות על שאלת החקר



שימו לב, ניתן לקצר את משך זמן החקירה על ידי כינוי הפרמטרים של ההדמיה בשמות. לשם כך הקדישו לפרמטרים מלבן שקודקודיו הם A6 ו B10 כמתואר למטה:

F	E	D	C	B	A	
	V_B	V_A	t	כותרות:	שורת	1
				התחלה:	תנאי	2
				נוסחאות:	שורת	3
						4
				פרמטרים	רשימת	5
				dt	0.1	6
				M_A	0.3	7
				M_B	1.5	8
				g	9.8	9
				μ	0.25	10
						11

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

הרצת ההדמייה

- שנו את גודל מקדם החיכוך ל 0.2 על ידי הקדלת 0.2 בתא A10 ואשרו (Enter). מה קורה לגרפים של מהירויות בול העץ והעגלה?
- כעבור כמה זמן פוסקת תנועת בול העץ יחסית לעגלה במקרה זה?
- הריצו את ההדמייה עבור ערכים נוספים של מקדמי חיכוך ומצאו את זמן התנועה המתאים.

עיבוד הממצאים והסקת מסקנות

- הציגו גרפים שנותנים מענה לשאלת החקר שלכם.

- הסיקו מסקנות המתייחסות לקשר שבין תוצאות הניסוי לבין שאלת החקר. האם השערותכם הייתה נכונה? אם לא, מהי לדעתכם הסיבה לחוסר ההתאמה? ציינו את הקשר שבין המסקנות שהסקתם ובין עקרונות ומושגים בפיזיקה.
- הסיקו מסקנות נוספות העולות מממצאי ההדמייה שביצעתם.

מה יקרה אם...

- א. כיצד היו משתנות תוצאות ההדמיה שלכם, אם בכלל, אם הייתם מניחים שהתנועה מתרחשת על פני הירח? נמקו.
- ב. הציעו שאלות חדשות העולות ממצאי ההדמייה שביצעתם.

דיווח

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

מימוש החקר**שאלת החקר**

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

העלאת השערה

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

עדכון הגיליון לבדיקת שאלת החקר וההשערה

היעזרו במה שלמדתם בשלב הקודם כדי לתכנן את חקירת השאלה שהצעתם ע"י קביעת:

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

הרצת ההדמייה

הריצו את ההדמייה בהתאם לתכנון

עיבוד הממצאים והסקת מסקנות

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

שיתוף החקר**דיווח ודיון**

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

מה למדנו?

- ציינו שני דברים אותם למדתם בתחום התוכן ושני דברים אותם למדתם בתחום החקר. התייחסו גם להצגות שהציגו חבריכם.

עבודה נעימה!