

תלמידים מיישמים את חוקי ניוטון - הלכה למעשה

משה פרידמן - חמד"ע - מרכז להוראת מדעים, ת"א-יפו

תקציר: המאמר מתאר בפירוט פעילות מעבדה בתחנות עבודה שנערכה בכיתות י"א בחמד"ע. בתחנות נעשה שימוש במערכת ("SP") Smart Pulley של Pasco הכוללת גף שער אור ומחשב אישי. אופי הפעילות, החורג מן השיגרה, מעניק לה ערך דידקטי מיוחד.

מילות מפתח: תחנות עבודה, ("SP") Smart Pulley.

הפעילות עליה אני מדווח כאן נעשתה בכיתות י"א בחמד"ע בשנת הלימודים תשנ"ז, לקראת סיום הפרק הדין ביישום חוקי ניוטון. מן הראוי לציין שבחמד"ע לומדים תלמידים רבים, מבתי ספר שונים בתל אביב. מדובר כאן בפעילות שהתבצעה במעבדה, אלא שהאופן בו הופעלו התלמידים ועיתוי ההפעלה חורגים מהשיגרה ועל כן יש להם, לדעתי, ערך דידקטי מיוחד. בפעילות זו נחלקו תלמידי הכיתה לפי הגרלה לחמש קבוצות והציוד בכיתה חולק לחמש תחנות שתוכננו והוכנו בעוד מועד. ליד כל תחנת עבודה הונח כרטיס הנחיות שכלל את פרטי המשימה המוטלת על התלמידים.

משך הזמן שהוקצב לפעילות היה כשלוש שעות.

העקרונות המנחים העיקריים בתכנון הפעילות היו:

1. כל פעילות כוללת ניסוי פשוט שלא נעשה במסגרת הלימוד השוטף.
2. ההנחיות נוסחו בקיצור רב, ולא ניתנו הנחיות ביצוע מפורטות.
3. התלמידים עבדו בקבוצה ובתום הפעילות הוגש סיכום כתוב של התרגיל.
4. במקרה הצורך ניתן להתייעץ עם המורה במהלך הפעילות. בטרם תפורטנה המשימות ותחנות העבודה, אני מוצא לנכון להעיר שתי הערות:

א. ספר הלימוד המקובל בכיתותינו במקצוע המכניקה הוא הספר "מכניקה ניוטונית" 1. חשוב לציין עובדה זו כדי להסב את תשומת ליבו של הקורא לכך שבעת ביצוע הפעילות התלמידים סיימו, או בכיתות מסוימות עמדו לסיים את פרק ד' הדין בהוראת החוק השני של ניוטון. נושא התנועה הבליסטית טרם נדון עד השלב הזה.

ב. בתחנות השונות נמדדו אורכים, זמנים ותאוצות. למדידת התאוצה השתמשנו במערכות "SP" (Smart Pulley) של Pasco 2 וב-V-Scope 3. מערכת ה-"SP" כוללת גלגלת מחולקת לגזרות אחידות שקופות ואטומות לסירוגין, שער אור (Photo Gate) ומחשב אישי.

תוכנת ה-"SP" פשוטה, ידידותית ומאפשרת ייצוג גרפי תנועה שונים-העתק, מהירות, ותאוצה-כתלות בזמן, על פי בחירת המשתמש.

מערכות המדידה מוכרות לתלמידינו מפעילויות קודמות. מן הראוי להעיר שמערכות מדידה אלה, אף שהן נוחות, אינן הכרחיות וכל מיכשור אחר עשוי להוות להם תחליף, הכל על פי הציוד המצוי במעבדה. לדוגמה, בחלק מהפעילויות ניתן להשתמש בסרגל ושעון עצר, וכדומה. נוסף על הציוד בכל תחנה, היו בכיתה מאזניים שדיוקם 0.01 g.

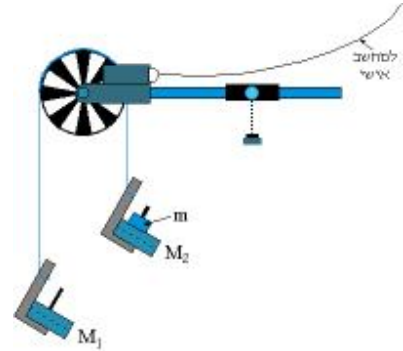
להלן מובא פרוט התחנות על ציודן וכרטיסי המשימה הנלווים.

תחנה מס' 1: מכונת Atwood (תרשים 1)

הציוד: מכונת Atwood מצוידת ב SP

נתון: $M = 50g = 2M = 1M$

m מסה לא ידועה; ($M > m$)



תרשים 1

כרטיס המשימה:

- הפעל את המערכת ומדוד את התאוצה.
- על סמך הנתונים והמדידה חשב את m.
- מדוד את m במאזניים והשווה עם הערך שחישבת.

תחנה מס' 2 Grand-Atwood (תרשים 2)

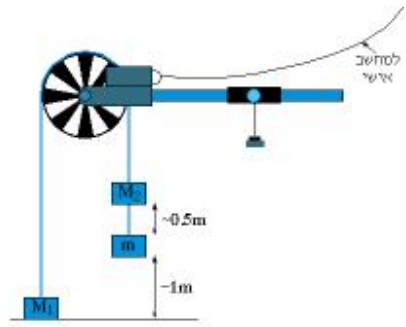
הציוד: מכונת Atwood גדולה במיוחד*

מידות מקורבות מופיעות בתרשים 2

$g50=2M=1M$

$m=15g$

* המערכת מצוידת ב SP ובסרגל.



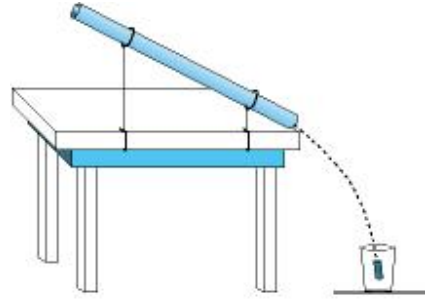
תרשים 2

כרטיס המשימה :

- א. המסות השונות במערכת נתונות.
- ב. מבלי להפעיל את המערכת, עליך לחשב תוך כמה זמן תגיע המסה $2M$ אל הרצפה, אם המערכת תשוחרר ממנוחה. במצב מנוחה המסה M נוגעת ברצפה. אתה זכאי למדוד אורכים שונים במערכת.
- ג. הצג חישוב מפורט בפני המורה.
- ד. הפעל את המערכת ומדוד את הזמן שתואר בבי.
- ה. השווה את תוצאת המדידה עם הערך שחישבת.

תחנה מס' 3 - פגיעה במטרה בניסיון אחד!!! (תרשים 3)

- * הציוד : צינור אלומיניום באורך של כ 1.5 מטר;
- * סרגל ארוך;
- * מעמדים שיאפשרו להציב את הצינור ;
- * גליל קטן עשוי פלסטיק (לדוגמה שרוול "בננה" שפורק מתייל ממערכת חשמל).
- * כוס המשמשת כמטרה.



תרשים 3

כרטיס המשימה:

- א. קבע את מקדם החיכוך בין הגליל לצינור; הנח שמקדמי החיכוך הסטטי והקינטי שווים.
 - ב. הצב את הצינור בזווית של 45° , כך שקצה הצינור מונח בקצה השולחן-ראה תרשים 3.
 - ג. בצע מדידות וחישובים מתאימים שיאפשרו לך לקבוע את המקום המדויק שבו יש להניח את הכוס כך שהגליל ייכנס לכוס אם היא תשחרר מהקצה העליון של הצינור.
- רמז: תן דעתך לאופי תנועת הגליל מרגע שעזב את הצינור. מה סוג תנועתו בציר האנכי?

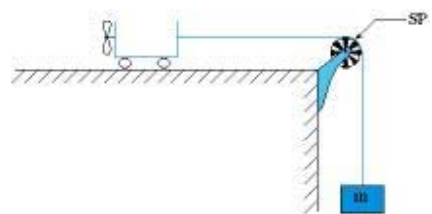
ומה סוג התנועה בציר האופקי?

- ד. בצע!! האם פגעת?? אם לא, מה לדעתך הסיבה?

תחנה מס' 4 - גרירה על ידי מכונת מונעת במאוורר

הציוד:

- * מכונת מונעת במאוורר של PASCO;
- * "SP"
- * מגבהים המשמשים להטיית השולחן;

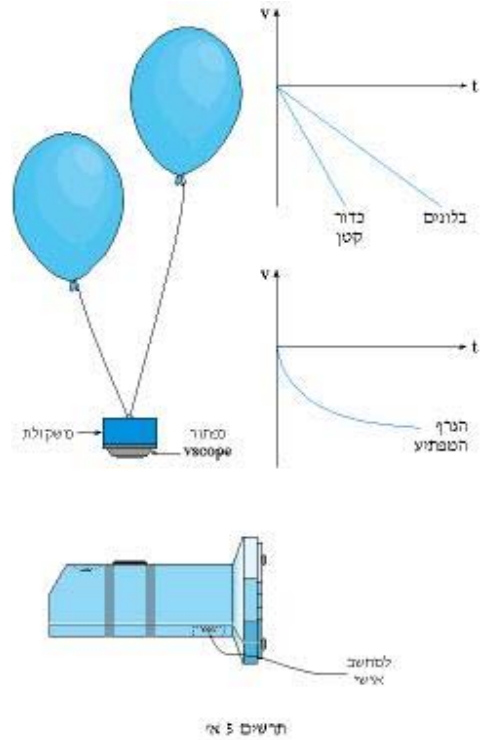


תרשים 4

כרטיס המשימה:

- א. מדוד את תאוצת המכונית על שולחן אופקי
 כשהיא גוררת מסה $m=40g$;
- ב. הטה את השולחן בזווית קטנה $\alpha = 8^\circ - 4^\circ$;
- ג. הקטן את המסה הנגררת כך שעתה $m=20g$;
- ד. **חשב** מה תהיה עתה תאוצת המכונית ;
- ה. הפעל ובדוק האם החישוב תואם את המציאות.

תחנה מס' 5 - ניסוי בבלונים שמולאו בהליום



הציוד:

- * 2 בלונים מלאים בהליום אליהם קשורה משקולת כך שהבלונים אינם ממריאים;
- * 2 בלונים ריקים + משקולת זהה למתואר בסעיף הקודם;
- * V-Scope
- * משקולות שונות

כרטיס המשימה:

- א. מדוד את מסת שני הבלונים הריקים יחד עם המשקולת;
- ב. מדוד את מסת הבלונים המלאים יחד עם המשקולת;
- ג. שרטט את ווקטורי הכוחות הפועלים על הבלונים המלאים.

הערה: כאן דרושה התערבות **קצרה** של המורה המסביר מעט על טיבו של כוח העילוי שחלק מהתלמידים נתקלו בו כאן לראשונה.

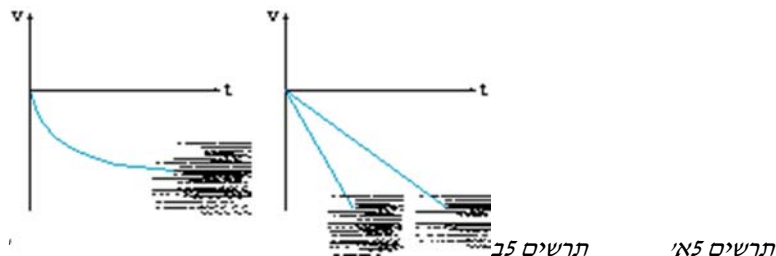
ד. סרטט גרף איכותי $v(t)$, של מהירות הבלונים כתלות בזמן, כאשר יוצנחו הבלונים מגובה של כ- 2 מטר מעל הרצפה. סרטט במערכת צירים זו גם את הגרף המתאים לנפילת כדור קטן מאותו גובה.

התלמידים מציגים בדרך כלל גרף כמתואר בתרשים א'.

ה. בצע את הניסוי, באמצעות ה-V-Scope.

נוצר גרף "מפתיע" המתואר בתרשים ב'.

נסה להסביר.



הערה:

לעיתים קרובות מתקשים התלמידים לתת הסבר לתופעה בה פועל כוח שעוצמתו גדלה כאשר מהירות הגוף גדלה. המורה יכול להשלים את המלאכה בקלות יחסית לאחר שהתלמידים התוודעו אל התופעה ה"מפתיעה".

סיכום:

א. הפעילות זימנה אירוע שבו ראו התלמידים את כוחם של חוקי ניוטון במערכות "אמיתיות". תוצאות יישום החוקים נבדקו הלכה למעשה, בשונה מהמצב בו התלמיד בודק אם תוצאות חישוביו מתאימות לרשום בסוף הספר.

ב. התלמידים נדרשים בפעילות זו לסדרה שלמה של מיומנויות יסוד מבלי שמנחים אותם בצורה מפורטת כיצד בדיוק עליהם לפעול. לדוגמא:

בפעילות מס' 3 אין הנחיות כיצד למדוד את מקדם החיכוך, התלמיד "בונה" לעצמו את המודל והשיקולים הפיזיקליים המתאימים.

ג. מצאתי שהתלמידים גילו עניין רב מאד בביצוע פעילות זו ויותר מתלמיד אחד מצאו לנכון להעיר הערות כגון:

"מעניין מאד" או "זה היה שיעור הפיזיקה הטוב ביותר השנה". אני כמובן מסרב לראות בהערה זו ביקורת לשיעורי פיזיקה אחרים בכיתתי.

"וואו" הבוקע מהכיתה כאשר גליל הבננה נוחת הישר לתוך הכוס בתחנה מס' 3 לא ניתן להמחשה כאן. חבל, הייתם נהנים מזה.

ועוד הערה: מורה עמית שצפה בתלמידה שביצעה ניסוי זה, תיאר בפני את שעבר על תלמידה שעמלה קשה על מציאת מקומה של כוס "המטרה": כשגליל הבננה צנח

לתוך הכוס אפשר היה לראות על פני התלמידה שזה הרגע בו השתכנעה שחוקי ניוטון זה לא "סתם", זה באמת "עובד" כדברי העמית.

ד. אני רואה בפעילות מרעננת זו הזדמנות בלתי רגילה לביסוס מושגים ולסיכום נושא. מן הראוי, שאנו המורים, נקדיש מחשבה במגמה לפתח מאגר תרגילים מסוג זה לסוגיות פיזיקליות נוספות.

שלמי תודה

תודתי נתונה לעמיתים רבים וטובים מקרב חברי צוות חמד"ע שעזרו רבות בארגון פעילות זו. תודה מיוחדת לדנה ואנדריי.

כן יבואו על הברכה חברי הצוות הטכני שלמה וששון שאצלם אפשר למצוא "עכשיו" כל ציוד והמון רצון טוב תמיד.

מראי מקום

1. רוזן, ע. וקרקובר, ז., מיכניקה ניוטונית, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות, תשנ"ה.

Pasco Scientific Catalog, pp.28-31, 1994.2.

3. רוזן, מ. וליפמן, א., V-scope, "אוסילוסקופ" לתנועה, תהודה (2), 14, 1991.