



חקירת צניחה חופשית

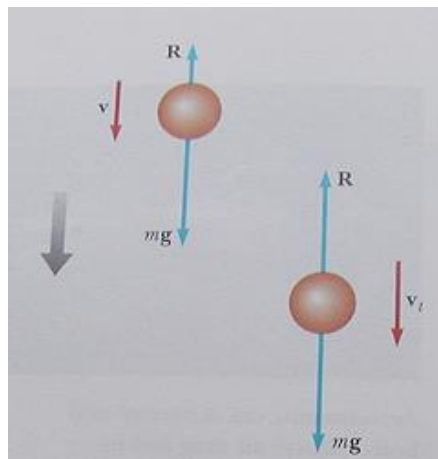
פעילות חקר

צנחנית קופצת ממטוס, מתמרנת באוויר בשביל הכיף ואז היא פותחת את המצנח ונוחתת. תאר את הכוחות שפועלים על הצנחנית.



פתרון: כשהצנחנית פוסעת החוצה מהמטוס, אין לה מהירות בכיוון האנכי. כוח הכובד מאיץ אותה מטה. כשהמהירות בכיוון מטה גדלה, הגרר R -הכוח בו האוויר מתנגד גדל גם הוא. הגרר מכוון למעלה, דבר שמגביל את מהירות הצנחנית. הכוח R תלוי במהירות-מכאן שברגע מסוים כוח הכובד mg ומשתווים בגודלם. במצב זה, הצנחנית אינה מאיצה יותר והיא צונחת במהירות קבועה v_f .

כעת היא פותחת את המצנח, דבר שמגדיל באופן דרסטי את כוח הגרר R . כתוצאה מפתחת המצנח, הכוח השקול והתאוצה מכוונים למעלה בכיוון הנגדי למהירות. עתה, המהירות בכיוון מטה קטנה באורח חד ולכן הגרר R קטן אף הוא... בשלב מסוים הגרר R וכוח הכובד מתאזנים שוב - במהירות v_f חדשה, קטנה יותר מהקודמת, כך שמתאפשרת נחיתה בטוחה.



[בניגוד לאמונה הרווחת, ווקטור המהירות של הצנחנית אינו מופנה כלפי מעלה אף פעם במשך הצניחה. ייתכן שצפית בסרט ווידאו שבו הצנחן נראה "משוגר למעלה כמו טיל" בעת פתיחת המצנח. למעשה, פתיחת המצנח האטה את הצנחן בעוד שהצלם-צנחן אף הוא- המשיך ליפול במהירות גבוהה].

מטרת הפעילות

קביעת הקשר בין כוח התנגדות האוויר לבין המהירות הסופית בנפילת צלוחיות.

הציוד הנדרש

- 8 צלוחיות נייר
- חיישן התנועה
- ממשק PASCO
- מאזניים אלקטרוניות

רקע תיאורטי

תלותו של כוח התנגדות האוויר במהירות הוא קשר אמפירי, כלומר מבוסס על תצפית ולא על מודל תיאורטי. מתברר שצלוחית נייר שנופלת מגיעה מהר מאוד למהירות קבועה v_f , בדומה לצנחן. בניסוי נעקוב אחרי צלוחיות נייר שהוצמדו יחד, בעת שהן נופלות באוויר. בהיותן צמודות, שטח הפנים לערימת צלוחיות דומה לשטח הפנים של צלוחית בודדת.



גודלו של כוח התנגדות האוויר תלוי במהירות v . התוצאות הניסיוניות מצביעות על קשר מהסוג:

$$(1) \quad F = k \cdot v^n$$

כאשר n ו- k הינם פרמטרים התלויים בצורת הגוף, במהירותו ובתכונות התווך בו נע הגוף. בניסוי הנוכחי הערך הצפוי של המעריך הוא $n=2$.



כשצלוחית נופלת במהירות הסופית, v_f , כוח התנגדותך האוויר, \vec{F} , מאזן את כוח הכובד. מכאן שגודלו של כוח התנגדות האוויר על צלוחית יחידה הנופלת במהירות הסופית הוא:

$$(2) \quad F_1 = mg$$

על שתי צלוחיות צמודות יפעל כוח שגודלו $2mg$ וכך הלאה.

הכנת מערכת הניסוי

אתחול המערכת

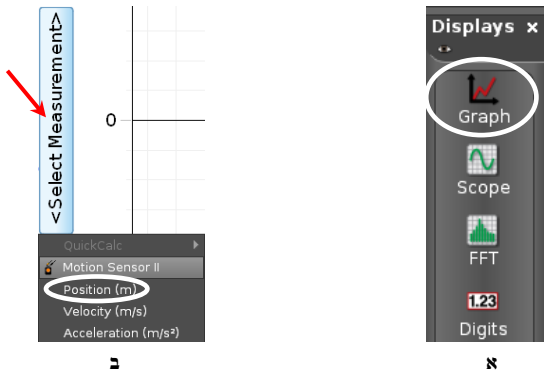
1. חבר את התקע הצהוב של חיישן התנועה לערוץ הראשון של Digital channels ואת התקע השחור – לערוץ השני. הפעל את ממשק המערכת. העבר את מחלף החיישן הנמצא בחלקו העליון, למצב "אלומה רחבה" (בסוגים שונים של חיישני התנועה, מצב "אלומה רחבה" מסומן כ-  או כ- ).
2. העלה את תוכנת Capstone ולחץ על כפתור Hardware Setup (סרגל Tools, בחלק השמאלי של המסך).



תרשים 1

הקלק על ערוץ דיגיטלי 1 בתמונת הממשק (תרשים 1) ובחר את חיישן התנועה (Motion Sensor II). סגור את Hardware Setup (לחץ שוב על כפתור Hardware Setup).

הכנת מערכת צירים "מקום כתלות בזמן"



תרשים 2

1. הקלק פעמיים על כותרת תצוגה Graph בסרגל Displays (תרשים א2) – בדף חוברת העבודה תיפתח תצוגה גרפית (מערכת צירים).
2. הקלק על כותרת הציר האנכי <Select Measurement> ובחר מקום (Position) מתוך הרשימה (תרשים ב2).

ביצוע המדידות

1. מדוד את המסה של צלוחית אחת (בדיוק המרבי האפשרי) ורשום אותה במחברתך.
2. מקם את חיישן התנועה על הרצפה (היזהר לא לדרוך על החיישן ולא להפיל עליו חפצים כבדים).
3. החזק צלוחיות אחת בדיוק מעל הסונר בגובה של כ- 2 מטרים, הרץ מדידה ושחרר את הצלוחית. בהגיעה של הצלוחית לרצפה, עצור את ההרצה.
4. חזור על סעיף 3 עם 2, 3, ..., 8 צלוחיות צמודות.

עיבוד וניתוח התוצאות

1. להצגת הגרף של ההרצה הרצויה, יש ללחוץ בסרגל הכלים של התצוגה על הכפתור שמסומן בתרשים משמאל, ולבחור את ההרצה מהרשימה.
2. על כל אחד מהגרפים שקיבלת, בחר קטע המתאים לתנועה קצובה של הצלוחיות. פעל באופן הבא: הקלק על כלי בחירה בסרגל הכלים של התצוגה – יופיע מלבן הבחירה; באמצעות הזזת צלעותיו של המלבן, התאם את רוחבו לקטע הנ"ל.
3. התאם פונקציה קווית לקטע שבחרת: לחץ על המשולש הקטן הנמצא מימין לכפתור ובחר Linear מתוך רשימת הפונקציות. מצא את מהירות הצלוחיות בקטע הנבחר ורשום אותה בטבלה:

m_T (kg)	v_f (m/s)	מס' הצלוחיות p
		1
		2
		3
		4
		5
		6
		7
		8

4. חשב ורשום בטבלה גם את ערכי m_T - המסה הכוללת של הצלוחיות הנופלות. הסבר, מדוע התבקשת למצוא את מהירות הצלוחיות רק בקטעים המתאימים לתנועתן הקצובה.
4. לפי המוסבר ברקע התיאורטי, מתקיים הקשר:

$$v_f^2 \propto m_T$$
 פתח נוסחה שמאמתת טענה זאת.
5. פתח גיליון Excel, בנה בו גרף $v_f^2(m_T)$ והצג קו מגמה ליניארי. מה מייצג שיפוע הגרף?
6. חשב על פי הגרף את הפרמטר k המופיע בביטוי (1).
7. לסיכום – מהו הקשר בין גודלו של כוח התנגדות האוויר שפעל על הצלוחיות לבין מהירותן?