

התנתג משתמר והניסוי משתמר

מאת: אשר כץ

תיכון עירוני א, חיפה.

בחוברת זו מתאר אשר כץ דרכים לשיפור הניסוי של התנגשות בשני ממדים ומביא הצעה לניסוי לצורך חקירת זריקה אופקית.

התנגשות בשני ממדים

מטרת הניסוי היא להראות, כי התנע של מערכת שני כדורים אינו משתנה כתוצאה מהתנגשות ביניהם.

תיאור הניסוי מופיע בעמוד 80 של חוברת העזר למורה "נסויים לבית-הספר התיכון" בהוצאת המחלקה להוראת מדעים של מכון ויצמן למדע. הניסוי מתבצע באמצעות "מסלול שגיור" משופע. מסלול השיגור מוברג לשולחן. כדור מתגלגל במורדו של המסלול ולאחר שעבר את החלק האופקי ולא התנגש בכדור אחר, הוא נופל על הרצפה ומשאיר סימן על דף ניר המודבק לרצפה כשמעליו או מתחתיו נמצא ניר העתקה.

אם הכדור מתנגש לאחר עוזבו את מסלול השיגור בכדור אחר, הנמצא ברמת הכדור הפוגע ומוזז במקצת אופקית ממישור התנועה של הכדור הפוגע, יפלו שניהם וישאירו סימנים במקומות שונים על הניר.

היות ובכל מקרה נופלים הכדורים מאותו גובה, זמן הנפילה שלהם זהה, והמרחקים האופקיים שהכדורים עוברים, נמצאים ביחס ישר למהירויותיהם האופקיות. התלמיד יכול לתאר את וקטור מהירות הכדור הפוגע לפני ההתנגשות ואת וקטורי המהירות של שני הכדורים אחרי ההתנגשות. אם מסות הכדורים שוות יתארו אותם קטעים את התנעים המתאימים. התלמיד יוכל אז למצוא את התנע השקול של שני הכדורים אחרי ההתנגשות ולהשוותו עם תנע הכדור הפוגע לפני ההתנגשות.

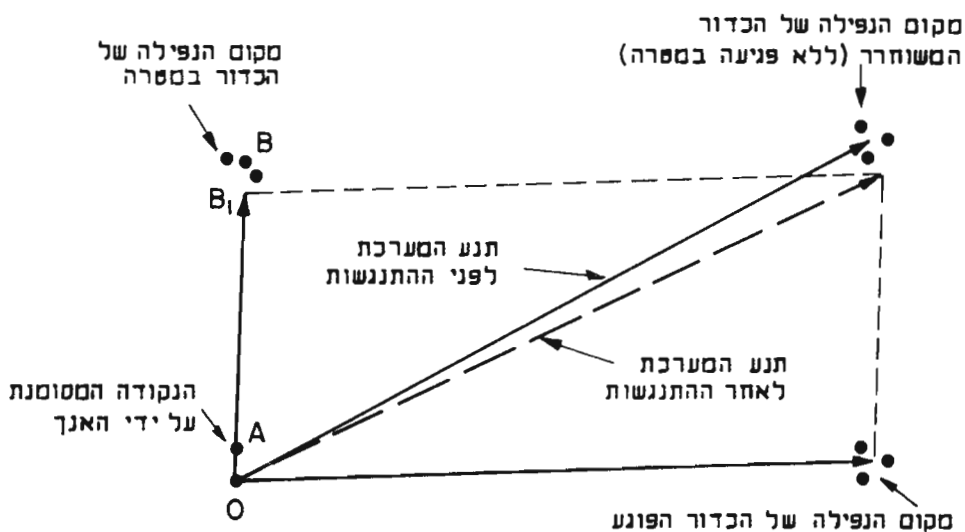
בצוע הניסוי בדרך המקובלת אינו נוח ואינו מדויק:

- (א) כשמסלול השיגור מחובר אל לוח השולחן כל המדידות והסרטוטים נעשים על הרצפה, דבר שאינו נוח ביותר. הכדורים נופלים במרחקים גדולים יחסית מהשולחן וזה לפעמים מקשה בגלל חוסר כלי הנדסה מתאימים. התלמידים מעדיפים להעביר את הניר לשולחן ולשרטט עליו ואז אין אפשרות לחזור על אותו ניסוי, אם יש צורך בכך.
- (ב) למסלול השיגור מחובר חוט ובקצהו משקולת לצורך קביעת מקום ההתנגשות, אך האנך מראה את קצה המסלול ולא את מקום ההתנגשות. אומנם הכדורים מתנגשים במרחק לא רב מקצה המסלול אך כל כדור מתחיל את תנועתו לאחר ההתנגשות ממקומו הוא וכדאי שהתלמיד יבין ויידע לשחזר את מצבם של הכדורים ברגע ההתנגשות.

כדי להקל על ביצוע הניסוי יש לחבר את מסלול השיגור 20-50 ס"מ מעל לשולחן. זאת אפשר לעשות על ידי קידוח חור בלוח האנכי של מסלול השיגור והברגתו אל מצמד סטנדרטי המחובר אל כן המוברג אל לוח השולחן. את המתקן מאזנים בעזרת כדור, המונח על החלק האופקי של המסלול, וברגע שנמצא כי הכדור אינו זז לצד זה או אחר מחזקים היטב את בורג המצמד.

רצוי לשים משני צידי לוח העץ של מסלול השיגור טבעות מתכת על מנת למנוע מעיכת העץ על ידי הכורג. כשהמסלול נמצא כ-30 ס"מ מעל לשולחן נופלים הכדורים במרחקים עד 40 ס"מ ממקום ההתנגשות.

חוט האנך צריך להיות קשור אל התומך שעליו נמצא כדור המטרה. אם תסומן הנקודה שמעליה נמצא כדור המטרה (לפי האנך) ויסומנו מקומות הנפילה של הכדורים, ניתן לבנות את וקטורי התנע, כפי שזה נראה בתרשים 1 המתאר את התוצאות של אחד הניסויים כשכל המרחקים מוקטנים פי $3/8$.



תרשים 1: תאור וקטורי לחשוב התנע הכולל של המערכת לפני ההתנגשות ולאחריה. שים לב להזזת הראשית ביחס לנקודה המסומנת ע"י האנך.

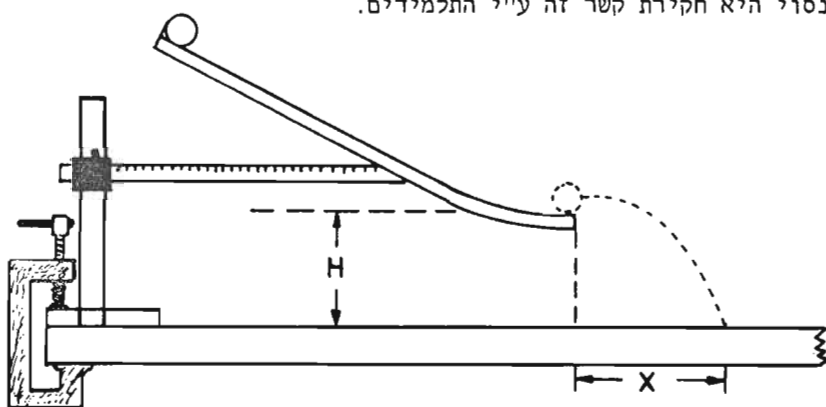
נקודה O נמצאת על המשך AB במרחק סכום הרדיוסים של שני הכדורים. OD - וקטור התנע ההתחלתי. OC הוא וקטור התנע של הכדור הפוגע לאחר ההתנגשות. הקטע AB מייצג את וקטור התנע של כדור המטרה לאחר ההתנגשות והוא מיוצג ע"י הקטע OB_1 לצורך החבור הגראפי של הוקטורים.

מנסוי זה מגיע התלמיד למסקנה שתנע המערכת לפני ההתנגשות שווה לתנע אחרי ההתנגשות. רצוי לבצע ניסוי גם עם כדורים שונים כאשר יחס המסות נתון. (למשל כדורי פלדה בעלי מסות ביחס 1:2). במקרה זה המרחקים האופקיים שעברו הכדורים בזמן נפילתם, מייצגים את מהירויותיהם אך רק המרחק שעבר הכדור בעל מסת יחידה (לפי בחירת התלמיד) מתאר גם את התנע. כדי לבנות את הקטע המייצג את התנע של הכדור השני יש לכפול את מהירותו במסה כלומר לשנות את הקטע המתאר את המרחק שעבר על-פי יחס המסות. שוב ייווכח התלמיד שהתנע נשמר. בשלב שלישי אפשר להציע לתלמיד תרגיל נוסף והוא מציאת מסתו של כדור זכוכית מתוך מסתו הידועה של כדור פלדה ובהסתמך על חוק שימור התנע.

כאשר גוף בנפילה חפשית נע גם בכיוון אפקי במהירות קבועה, תלוי המרחק האפקי שעבר הגוף מנקודת הנפילה עד נקודת הפגיעה, בגובה של נקודת הנפילה. אם נסמן את המרחק האופקי ב- x , את הגובה ב- H ואת המהירות האפקית ב- V_0 , אזי קל להראות כי הקשר בין המרחק האופקי לגובה נתון בבטוי:

$$x = \sqrt{2} \cdot V_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{g}} \cdot \sqrt{H}$$

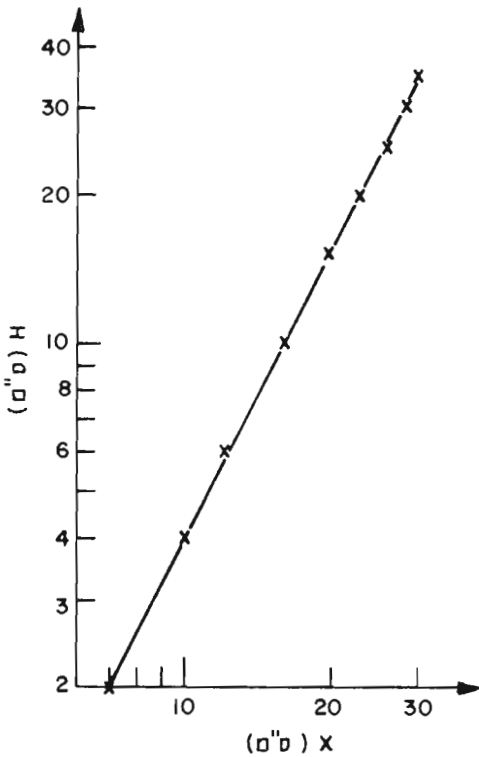
מטרת הנסוי היא חקירת קשר זה ע"י התלמידים.



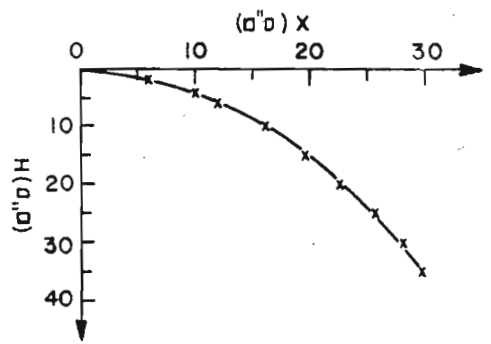
תרשים 2: מערך הניסוי לחקירת זריקה אופקית. הציוד הבסיסי הוא זה המשמש גם לניסוי של התנגשות בשני ממדים.

הנסוי מתבצע באמצעות מרזב משופע שחלקו התחתון אופקי (אפשר להשתמש ב"מסלול שיגור" המיועד במקור לנסוי התנגשות בשני ממדים המתואר בעמ' 80 של חוברת עזר למורה: "נסויים לבית הספר התיכון" בהוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן למדע). את המרזב מחברים אל כן סטנדרטי המוצמד לשולחן ע"י כליכה (תרשים 2). החיבור אל הכן מתבצע באמצעות אוזן מסתובב המאפשר כיוון המרזב. מניחים כדור על החלק התחתון של המרזב ובעזרתו מכוונים את המרזב כך שחלק זה יהיה אופקי. לאחר הכיוון יש להבריג היטב את ברגי האוזן. על השולחן יש להדביק ניר לצורך מדידת המרחק האופקי. בעת בצוע הניסוי משחררים כדור מהקצה העליון של המרזב המשופע (או מנקודה קבועה אחרת), הכדור נופל על הניר המכוסה בנייר העתקה ומסמן את מקום נפילתו. בכל ניסוי נמדד גובה הנפילה H והמרחק האופקי שעבר הכדור. כדי להקל על מדידת המרחק האופקי יש להוריד אנך מקצה המסלול (אפשר לקשור חוט באופן קבוע לעמוד הכן ובעת כל מדידה להעביר אותו מעל קצה המסלול).

כשחוזרים על הניסוי ומשחררים את הכדור עבור מספר רב של גבהים H , מקבלים מספיק נתונים לבניית המסלול, או לבניית גרף על ניר לוגריתמי של תלות המרחק האופקי בגובה. דוגמא לתוצאה אפיינית מובאת בתרשימים 3 ו-4.



תרשים 4: התוצאות המובאות בתרשים 9 משורטטות כאן על נייר לוגריתמי-לוגריתמי. הפעם מתקבל כמובן קו ישר.



תרשים 3: דוגמא אפיינית של תוצאות לחקירת הקשר בין גובה הנפילה לבין מרחק הפגיעה. הגרף מתאר כידוע פרבולה.

יצא לאור

אור וגלים מדריך למורה - חלק ב

מחיר הספר - 44 ל"י.

הוא ניתן לרכישה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות, בימים א - ה בין השעות 16 - 8; או באמצעות הזמנה בכתב שאליה תצורף המחאה על הסכום המתאים, לפקודת מכון ויצמן למדע.