

שימור תנע בהתנגשות לא מצחית



ציוד

- מסלול שיגור משופע עם זרוע להנחת כדור המטרה
- 2 כדורי פלדה זהים בעלי קוטר 16 מ"מ
- אנך בנאים קשור בקצה מסלול השיגור
- כליבה
- פלס קטן
- גיליון נייר לבן
- נייר פחם
- סרגל באורך 30 cm
- סרגל משולש

מטרות הניסוי

- אישוש שימור התנע הווקטורי בהתנגשות דו-ממדית בין שני כדורים בעלי מסות שוות.
- בדיקת האופי האלסטי של ההתנגשות בין כדורי פלדה.

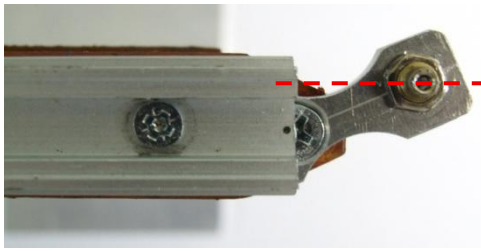
תיאור המערכת ורקע עיוני

כדור המטרה מונח על הבורג בזרועה של מסלול השיגור. הכדור השני משוחרר מראשו של מסלול השיגור, צובר מהירות תוך כדי ירידתו ומתנגש בכדור המטרה. מיד לאחר ההתנגשות נע כל כדור בכיוון אחר, כשלכל אחד תנע משלו. כל אחד מהכדורים נופל על השולחן ומסמן נקודה במקום פגיעתו על הנייר המכוסה בנייר פחם. אם מהירויות הכדורים מיד לאחר ההתנגשות, \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 , תהיינה אופקיות, ההעתקים האופקיים שהם עוברים פרופורציוניים למהירויות אלה היות שהכדורים נופלים מאותו גובה. לכן אפשר לראות את ההעתקים האופקיים כמייצגים את המהירויות של הכדורים מיד לאחר ההתנגשות.

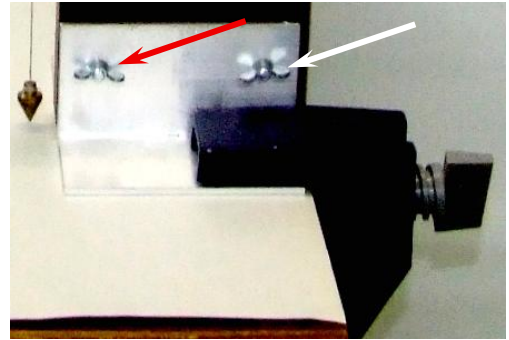
מאחר שמסות שני הכדורים שוות, אזי אותם ההעתקים אופקיים מייצגים לא רק את המהירויות, אלא גם את התנעים של הכדורים מיד לאחר ההתנגשות (מדוע?).

ביצוע הניסוי

1. שימו נייר לבן על השולחן, הניחו על הנייר את מסלול השיגור (באמצע) והידקו את המסלול לשולי השולחן באמצעות כליבה (איור 1).
2. הניחו פלס על המסילה בסמוך לזרוע עליה יונח כדור מטרה, שחררו את הברגים בתחתית המתקן (הם מסומנים בחיצים באיור 1) ואיזנו את המסילה. הידקו את הברגים בעדינות כדי לא להפר את האיזון.



איור 2



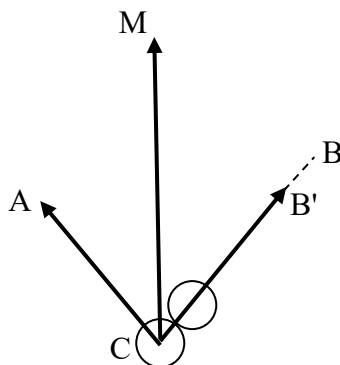
איור 1

3. סמנו על הנייר הלבן את הנקודה המצויה בדיוק מתחת לאנך הבנאים; סמנו אותה באות C.
4. הטו הצידה את הזרוע. על מנת שהכדור המשוגר לא יפגע בזרוע, מרכזו של הזרוע צריך להימצא בהמשך שולי המסילה (המבט מלמעלה מוצג באיור 2).
5. הניחו את נייר הפחם על הנייר הלבן, עם הצד הפעיל כלפי מטה.
6. שחררו את אחד הכדורים שלוש פעמים (הכדור השני לא מונח על הזרוע בשלב זה). שימו לב! הכדור ישוחרר תמיד מהמקום בו הוא צמוד לעוצר בראש מסלול השיגור. עקבות הכדור יסומנו על הנייר הלבן כמקבץ של שלוש נקודות קרובות. סמנו על נייר בעפרון נקודה אחת המייצגת בצורה הטובה ביותר את המקבץ וסמנו אותה באות M.
7. הניחו על הזרוע את אחד הכדורים (נקרא לו כדור מטרה) ושחררו מראש המסילה את הכדור השני (הכדור הפוגע). חזרו על פעולה זו מספר פעמים – עבור כל אחד משני הכדורים יסומן מקבץ נקודות על הנייר הלבן. הרימו את נייר הפחם וסמנו בכל המקבץ את הנקודה המייצגת אותו. סמנו ב- A_1, B_1 את נקודות המייצגות של הכדור הפוגע ושל כדור המטרה בהתאם.
8. חזרו על הפעולות המתוארות בסעיף (7) פעמיים נוספות, כאשר בכל פעם תסובבו את הזרוע החוצה בזווית קטנה. סמנו את הנקודות המייצגות של המקבצים ב- A_2, B_2 בשיגור השני וב- A_3, B_3 בשיגור השלישי.

עיבוד תוצאות המדידות

עיבוד התוצאות מתבצע על הנייר הלבן עם הנקודות המסומנות עליו.

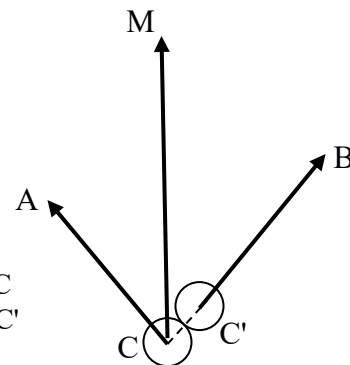
1. חברו את הנקודות C ו-M. הווקטור \vec{CM} שהתקבל הוא העתקו האופקי של הכדור ששוחרר מראש המסילה מרגע שעזב את המסילה ועד שפגע בשולחן, כשכדור המטרה לא הונח על הזרוע.
2. עבור כל סדרות המדידות שביצעתם, חברו נקודה C עם הנקודות המייצגות את מקבצי נקודות הפגיעה של הכדור הפוגע (A_3, A_2, A_1) . הווקטורים $\vec{CA_3}, \vec{CA_2}, \vec{CA_1}$ הם ההעתקים האופקיים של הכדור הפוגע אחרי ההתנגשויות בזוויות הטיית הזרוע שונות.
3. חברו נקודה C עם הנקודות המייצגות את המקבצי נקודות הפגיעה של כדור המטרה. על מנת שההעתק האופקי של כדור זה יתחיל מנקודה C, יש לחסר מהווקטורים $\vec{CB_3}, \vec{CB_2}, \vec{CB_1}$ קטע $B'B$ שאורכו שווה לקוטר הכדור – 16mm (ראו איורים 3 ו-4 במבט על את הווקטורים השונים המתקבלים על גיליון הנייר הלבן). כך תקבלו לדוגמה לאורך הקו CB_1 את הווקטור $\vec{CB'_1}$ שהוא ההעתק האופקי של מסלול כדור המטרה.



איור 4

C - היטל המרכז של הכדור הפוגע
 C' - היטל המרכז של כדור המטרה

$$B'B = CC' = 2R$$



איור 3

ניתוח התוצאות

1. תארו במילים את תנועת הכדורים מרגע שהם עזבו את מסלול השיגור ועד פגיעתם בשולחן.
2. הסבירו מדוע ההעתקים האופקיים של הכדורים מייצגים את המהירויות השונות של הכדורים: \overline{CM} מייצג את מהירות הכדור הפוגע רגע לפני ההתנגשות ואילו \overline{CA} ו- $\overline{CB'}$ מייצגים את המהירויות של הכדורים מיד אחרי ההתנגשות.
3. סרטטו בדף הניסוי מערכת צירים קרטזית שראשיתה בנקודה C וציר ה- x בכיוון הווקטור \overline{CM} . היעזרו בסרגל המשולש כדי להוסיף ציר y.
4. בהיעזר בסרגל משולש בנו את רכיבי הווקטורים \overline{CA} ו- $\overline{CB'}$ בשני הצירים. מדדו את אורכי הרכיבים לאורך כל אחד מהצירים; היטלים אלה מייצגים את רכיבי הווקטורים של מהירויות הכדורים אחרי התנגשותם, \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 .
5. בדקו האם בכל אחד משני הצירים מתקיים הקשר התיאורטי בין הרכיבים של וקטור המהירות \vec{v} של הכדור הפוגע רגע לפני ההתנגשות לבין הרכיבים של וקטורי המהירויות \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 לאחר ההתנגשות.
6. חישוב את היחס בין האנרגיה הקינטית של מערכת הכדורים אחרי ההתנגשות לאנרגיית הכדור הפוגע לפני ההתנגשות. האם ההתנגשות בין הכדורים הייתה, בקירוב טוב, אלסטית ?

בסיום הניסוי

- שמרו את גיליון הנייר הלבן עם תוצאות הניסוי כדי לצרף אותו לדו"ח המעבדה.
- החזירו את שני הכדורים לבקבוק הפלסטיק.
- פירקו את המערכת.
- החזירו את כל חלקי המערכת מגש, ואת המגש - לעגלה.

שאלות סיכום

1. מדוע יש לדאוג שההתנגשות בין שני הכדורים תתרחש רק אחרי שהכדור המתגלגל במסלול השיגור עזב את המסילה ?
2. בניסוי זה משחררים כדור שמסתו m, והוא פוגע בכדור מטרה שמסתו זהה. מהו התנאי לכך שהזווית הנוצרת בין וקטורי ההעתק של הכדורים, לאחר ההתנגשות, תהיה ישרה ?
3. לו בוצע ניסוי זה על הירח (עם אותם כדורים ואותו המתקן עם המסילה), האם הווקטור \overline{CM} שהתקבל בסעיף (1) של עיבוד תוצאות המדידות היה גדול יותר, קטן יותר או שווה לזה שקיבלתם בניסוי זה ? נמקו.
4. על הכדורים הנופלים פועל כוח חיצוני – משקל. מדוע בכל זאת אנו מצליחים להראות בניסוי זה את קיומו של חוק שימור התנע ?
5. מדוע חייבים להקפיד על כך שההתנגשות בין הכדורים תתרחש כאשר הכדור המתגלגל במסילה פוגע בכדור השני כשכיוון תנועתו הוא אופקי ?
6. לו ביצעתם את הניסוי מספר רב של פעמים, כאשר בכל פעם משנים את זווית הפגיעה, הייתם מקבלים מספר רב של פגיעות בשולחן. מהו בקירוב המקום הגיאומטרי של כל נקודות הפגיעה ? הסבירו.