

שימור תנע בהתנגשות לא מצחית



מטרות הניסוי

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

רשימת הציוד

מסלול שייגור משופע עם זרוע ותומך להנחת כדור המטרה, 2 כדורי פלדה זהים בעלי קוטר 16 מ"מ, אנך בנאים תפוס בקצה מסלול השיגור, כליבה, פלס, גיליון נייר לבן, נייר העתקה, סרגל באורך 30 cm, סרגל משולש, עפרונות וטושים בצבעים שונים.

תיאור המערכת ורקע עיוני

הכדור שמשוחרר מראשו של מסלול השיגור צובר מהירות תוך כדי ירידתו, כך שברגע שלפני ההתנגשות עם כדור המטרה הוא בעל תנע מסוים.

כדור המטרה מונח על הבורג שבזרועו של מסלול השיגור.

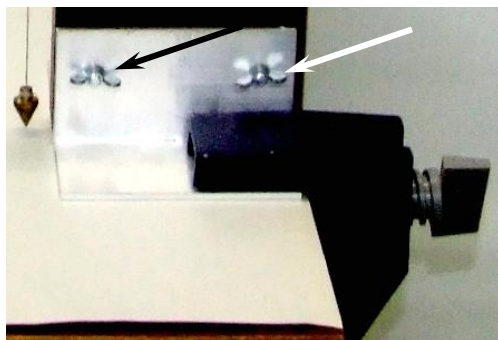
מיד לאחר ההתנגשות נע כל כדור בכיוון אחר, כשלכל אחד תנע משלו. כל אחד מהכדורים נופל על השולחן ומסמן נקודה במקום פגיעתו על הנייר המכוסה בנייר העתקה. אם מהירויות הכדורים לאחר ההתנגשות תהיינה אופקיות, ההעתקים האופקיים שהם עוברים פרופורציוניים למהירויות הכדורים מיד אחרי ההתנגשות, \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 , היות 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. שים נייר לבן על השולחן, הנח על הנייר את מסלול השיגור (באמצע) והדק את המסלול באמצעות כליבה לשולי השולחן (תרשים 1).

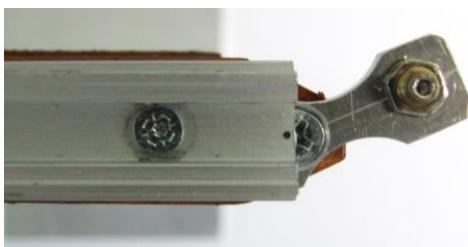
2. הנח פלס על המסילה, שחרר את ברגים בתחתית המתקן (המסומנים בחיצים בתרשים 1) ואזן את המסילה.



תרשים 1

חזק את הברגים בעדינות כדי לא להפר את האיזון.

3. סמן על הנייר הלבן את הנקודה המצויה בדיוק מתחת לאנך הבנאים סמן אותה באות C.
4. שים את נייר ההעתקה על הנייר הלבן בעת הצורך, באופן שלא יסומנו נקודות מיותרות בזמן הקפיצות של הכדורים.
5. הטה את הזרוע הצידה כך, שמרכזו יהיה בהמשך שולי המסילה (המבט מלמעלה מוצג בתרשים 2) כדי שהכדור המשוגר לא יפגע בזרוע:



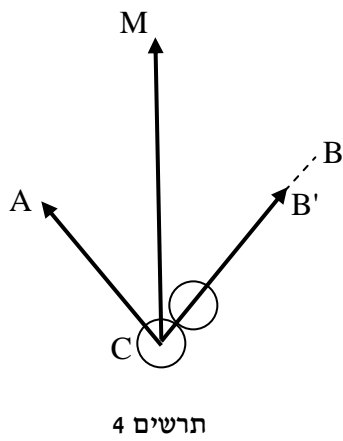
תרשים 2

6. הנח את נייר ההעתקה על הנייר הלבן, עם הצד הפעיל כלפי מטה.
7. שחרר את אחד הכדורים 3 פעמים. שים לב! הכדור הפוגע ישוחרר תמיד כשהוא צמוד לעוצר שבחלק המשופע של מסלול השיגור. עקבות הכדור יסומנו על הנייר הלבן כמקבץ של שלוש נקודות קרובות. סמן על נייר זה בעפרון נקודה אחת המייצגת בצורה הטובה ביותר את המקבץ וסמן אותה באות M.
8. הנח על הזרוע את הכדור השני (כדור מטרה) ושחרר מחדש את הכדור הפוגע. חזור על הניסוי מספר פעמים. כל אחד משני הכדורים יסמן מקבץ נקודות על הנייר הלבן. קח בתור נקודת פגיעה נקודה מתאימה בתחום כל מקבץ. סמן ב- A_1, B_1 את נקודות הפגיעה של כדור הפוגע ושל כדור המטרה בהתאמה.
9. חזור על הסעיף 4 פעמיים נוספות כשבכל פעם אתה מסובב את הזרוע החוצה בזווית קטנה. עבור כל זווית הרם את נייר ההעתקה וסמן על הנייר הלבן את נקודות הפגיעה של שני הכדורים – הכדור הפוגע וכדור המטרה. סמן את הנקודות 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.

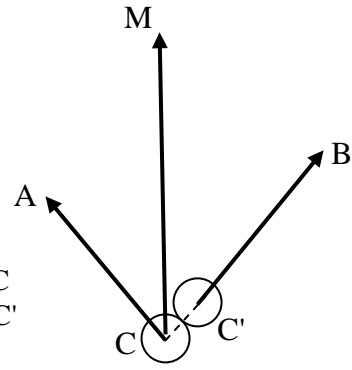
1. חבר את הנקודות C ו-M. הווקטור \overline{CM} שקיבלת הוא העתקו האופקי של הכדור ששוחרר מראש המסילה מרגע שעזב את המסילה ועד שפגע בשולחן במקרה שלא התקיימה התנגשות.
2. חבר את נקודות הפגיעה של הכדור הפוגע עם הנקודה C. הווקטורים $\overline{CA_1}, \overline{CA_2}, \overline{CA_3}$ שקיבלת הם ההעתקים האופקיים של הכדור הפוגע אחרי כל אחת מההתנגשויות.
3. חבר את נקודות הפגיעה של הכדור הנפגע עם הנקודה C. כדי שההעתק האופקי של כדור זה לאחר ההתנגשות ועד פגיעתו בשולחן יתחיל מנקודה C, יש לחסר מן הקטע CB קטע BB' שאורכו שווה לקוטר הכדור – 16mm (ראה תרשימים 3 ו-4, המתארים במבט על את הווקטורים השונים המתקבלים על גיליון הנייר הלבן). כך תקבל לדוגמה לאורך הקו CB_1 את הווקטור $\overline{CB_1}$ שהוא ההעתק של כדור המטרה.



תרשים 4

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

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



תרשים 3

ניתוח התוצאות

1. תאר במילים את תנועת הכדורים מרגע עוזבם את מסלול השיגור ועד פוגעים בשולחן.
2. הסבר 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. סרטט בדף הניסוי מערכת צירים קרטזיים שראשיתה בנקודה C וציר ה- x בכיוון הווקטור \overline{CM} . העזר בסרגל המשולש כדי להוסיף ציר y.
4. היעזר בסרגל משולש ובנה את רכיבי הווקטורים \overline{CA} ו- $\overline{CB'}$ בשני הצירים. מדוד את אורכי הרכיבים לאורך כל אחד מהצירים. היטלים אלה מייצגים את רכיבי הווקטורים \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 .
5. בדוק האם בכל אחד משני הצירים מתקיים הקשר התיאורטי בין הרכיבים של וקטור המהירות \vec{v} רגע לפני ההתנגשות לבין הרכיבים של וקטורי המהירויות \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 לאחר ההתנגשות.
6. חשב 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

- שמור את גיליון הנייר הלבן עם תוצאות הניסוי כדי לצרף אותו לדו"ח המעבדה.
- החזר את שני כדורי הפלדה ואת גולת הזכוכית לבקבוק הפלסטיק.
- פרק את המערכת.
- החזר את כל חלקי המערכת למגש ואת המגש לעגלה.

שאלות סיכום

1. מדוע בשעת הניסוי 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 גם כן m. מהו התנאי לכך שהזווית הנוצרת בין וקטורי ההעתק של הכדורים, לאחר ההתנגשות, תהיה ישרה ?
3. לו בוצע ניסוי זה על הירח (עם אותם כדורים, אותה מסילה ושולחן באותו הגובה) האם המרחק CM בסעיף 3 של ביצוע הניסוי היה גדול יותר, קטן יותר או שווה לזה שקיבלת בניסוי זה ? נמק.
4. על הכדורים הנופלים פועל כוח חיצוני – משקלם. 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 בשעה שכיוון תנועתו הוא אופקי ?
6. לו ביצעת את הניסוי מספר רב של פעמים, כאשר בכל פעם אתה משנה את זווית הפגיעה, היית מקבל מספר רב של פגיעות בשולחן. מהו בקירוב המקום הגיאומטרי של כל נקודות הפגיעה ? הסבר.