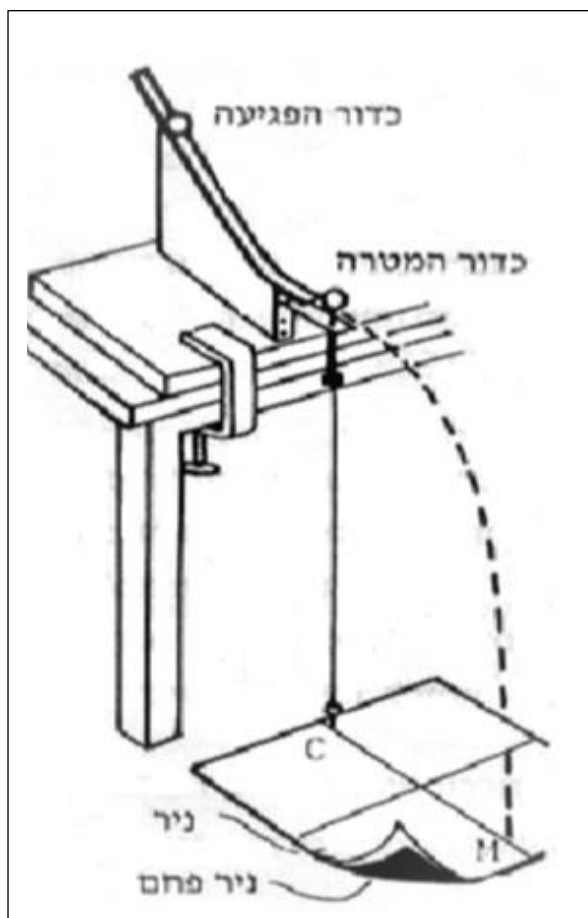




התנגשות בשני מימדים

ניסוי זה עוסק בבדיקת אופיו הווקטורי של חוק שימור התנע. במהלך הניסוי תבצע התנגשויות אלסטיות בין כדורים בעלי מסות שוות ובעלי מסות שונות. מניתוח תנועת הכדורים יהיה עליך להסיק חוק המקשר בין התנעים של הכדורים לפני ההתנגשות ולאחריה.



רשימת הציוד

- מסלול שיגור משופע.
- 2 כדורי פלדה שקוטרם כ-1.6 ס"מ
- גולת זכוכית.
- אנך בנאים.
- כליבה.
- גליון נייר לבן בגודל של 50 ס"מ * 50 ס"מ.
- ניירות קופי בגודל של 50 ס"מ * 50 ס"מ.
- סרגל באורך מטר.
- עפרונות (טושים) בצבעים שונים.
- נייר דבק.

ביצוע הניסוי

העמד את מסלול השיגור סמוך לשפתו של השולחן והדקו לשולחן באמצעות כליבה. התקן את הבורג שבקצה התחתון של המסילה בקו ישר עם מסלול השיגור. שחרר כדור פלדה מנקודה כלשהי על המסלול ובדוק האם הכדור פוגע בבורג או עובר מעליו, שנה את גובהו של הבורג באופן שהכדור יעבור ממש מעל ראשו. השחל את החוט אליו מחובר אנך הבנאים לחור המצוי בבורג המשמש כציר להזזת הזרוע שבקצה התחתון של המסילה. התאם את אורך החוט כך שקצהו של אנך הבנאים ימצא סמוך מאוד לרצפה.

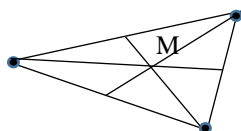


הנח על הרצפה, סמוך לאנך גליון נייר לבן והדבק אותו אליו בעזרת הנייר הדביק. על הנייר הנח מספר ניירות קופי כך שהם יכסו את הנייר. הקפד על כך שצד הדיו יהיה כלפי מטה. סמן על הנייר את הנקודה המצויה בדיוק מתחת לאנך הבנאים (נקודה C).

קבע נקודה על המסלול **ממנה תשחרר במהלך כל ניסוי את הכדור** (נקודה בגובה 25 ס"מ היא בחירה טובה). שחרר את הכדור. הכדור יתגלגל על המסילה ובסופו של דבר יפגע ברצפה, כשהוא מותיר סימן בנקודת הפגיעה (הסימן נוצר על ידי נייר הקופי). שים לב לא לאבד את הכדור, אפשר לחסום את התנועה שלו עם סרגל ארוך.

חזור על שחרור הכדור פעמיים נוספות וודא שהנך מקבל מקבץ טוב של פגיעות ברצפה. סמן בעפרון צבעוני את הנקודה המייצגת בצורה הטובה ביותר את המקבץ וציינה באות **M**. חבר אותה עם הנקודה המסומנת מתחת לאנך (C). הקטע שהתקבל הוא העתק האופקי של הכדור מרגע עוזבו את המסילה ועד פוגעו ברצפה.

הערה: כדי לקבוע את הנקודה M בצורה אופטימלית, ניתן לצייר משולש שקודקודיו הם 3 נקודות הפגיעה. נקודה M תהיה נקודת המפגש של התיכונים במשולש.



חלק א': התנגשות בין מסות שוות

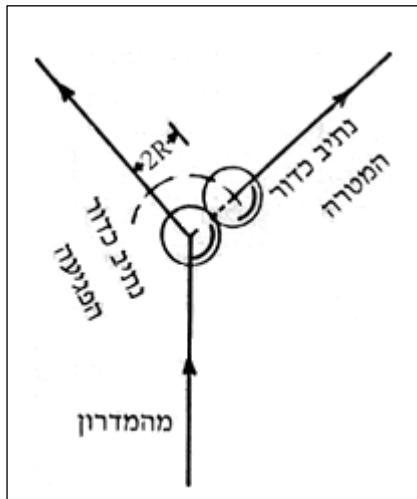
ביצוע הניסוי

סובב את הזרוע שבקצה התחתון של המסילה בזווית לא גדולה, והנח על הבורג המצוי בזרוע את כדור הפלדה השני. שחרר את הכדור הראשון בדיוק מאותה הנקודה ששיחררת אותו בפעמים הקודמות. הכדורים יתנגשו, ובעת פגיעתם בריצפה, יסומנו שוב נקודות הפגיעה שלהם על הדף הלבן על ידי נייר הקופי שמעליו. חבר את נקודת הפגיעה בריצפה של הכדור הפוגע עם הנקודה המסומנת מתחת לאנך.



הקטע שקיבלת הוא המרחק האופקי שעבר כדור זה מרגע ההתנגשות ועד פגיעתו ברצפה.

חבר את נקודת הפגיעה בריצפה של הכדור הנפגע עם הנקודה המסומנת מתחת לאנך.



כדי לקבל את המרחק האופקי שעבר כדור זה מרגע ההתנגשות ועד פגיעתו בריצפה יש לחסר מן הקטע שסומן, קטע באורך השווה לקוטר הכדור. התבונן בתרשים כדי להסביר מדוע יש לעשות זאת.

חזור על הניסוי פעמיים נוספות כשבכל פעם אתה מסובב בזווית קטנה את הזרוע התומכת בכדור הנפגע. הקפד לשחרר את הכדור הפוגע בדיוק מאותה נקודה ממנה שוחרר בשלבים הקודמים של הניסוי.

חזור על פעולת הסימון של המרחקים האופקיים שעברו הכדורים לאחר ההתנגשות. בכל ניסוי השתמש בצבע אחר לסימון.

ניתוח הניסוי

1. תאר במילים את תנועת הכדורים מרגע עוזבם את מסלול השיגור ועד פוגעם ברצפה.
2. מה תוכל לומר על זמני התנועה של הכדורים מרגע עוזבם את מסלול השיגור ועד פוגעם ברצפה? נמק!
3. הסבר מדוע הקטע MC מייצג את מהירות הכדור הפוגע ברגע שלפני ההתנגשות.
4. מה מייצגים המרחקים האופקיים (הציר האופקי והאנכי במישור הרצפה) שעברו הכדורים בעקבות ההתנגשות?
5. הראה כי הקטע MC שווה לסכום הווקטורי של שני המרחקים האופקיים שעברו הכדורים כתוצאה מן ההתנגשות.
6. מהו, אם כן, הקשר בין מהירות הכדור המתנגש \vec{v} לפני ההתנגשות ובין המהירויות \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 של הכדורים אחר ההתנגשות?



7. מהו, אם כך, הקשר בין התנע הכולל של הכדורים ברגע שלפני ההתנגשות והתנע שלהם מיד לאחריה?
8. הראה כי ההתנגשות בין הכדורים היתה, בקירוב טוב, אלסטית.

חלק ב': התנגשות בין מסות שונות

שקול את כדור הפלדה וגולת הזכוכית וחשב את יחס המסות שביניהם. רשום את תוצאות

המדידה:
$$\frac{m_{\text{זכוכית}}}{m_{\text{פלדה}}} = \text{-----}$$

סובב את הזרוע שבקצה התחתון של המסילה בזווית לא גדולה, והנח את גולת הזכוכית על הבורג המצוי בזרוע זו.

הערה: אם החלטת להחליף את גליון הנייר יהיה עליך לחזור על פעולת שחרור הכדור ללא התנגשות כדי לקבוע מחדש את מקום הנקודה M.

שחרר את כדור הפלדה בדיוק מאותה נקודה ששיחררת אותו בפעמים הקודמות. כדור הפלדה יתנגש בגולת הזכוכית, ובעת פגיעתם ברצפה יסומנו נקודות הפגיעה שלהם על דף הנייר.

חבר את נקודות הפגיעה בריצפה עם הנקודה C המסומנת מתחת לאנג'. חסר מן הקטע המחבר את נקודת הפגיעה של כדור הזכוכית בריצפה עם הנקודה C, קטע השווה באורכו לקוטר כדור הזכוכית (כפי שעשית בחלק הקודם של הניסוי). חזור על הניסוי פעמיים נוספות כשבכל פעם אתה מסובב בזווית קטנה את הזרוע התומכת בגולת הזכוכית, וחזור על פעולת הסימון של המרחקים האופקיים שעברו כדור הפלדה וגולת הזכוכית.

ניתוח הניסוי

1. מה תוכל לומר הפעם על זמני התנועה של הכדורים מרגע עוזבם את מסלול השיגור ועד פגיעתם בקרקע?
2. מה מייצגים המרחקים האופקיים שעברו הכדורים בעקבות ההתנגשות?
3. האם גם בניסוי זה ניתן לומר שמהירות הכדור המתנגש \vec{v} לפני ההתנגשות שווה לסכום הווקטורי של המהירויות \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 של הכדורים אחר ההתנגשות?
4. מדוד את אורך הקטע המייצג את המהירות u_2 של גולת הזכוכית וכפול אורך זה



5. ביחס m_2 / m_1 - מסת גולת הזכוכית, m_1 - מסת כדור הפלדה). הקצה על הקטע המייצג את u_2 קטע באורך השווה לתוצאה שקיבלת. מה הקשר בין קטע זה, הקטע המייצג את u_1 , והקטע המייצג את v ?
הראה שהתוצאה שקיבלת נובעת מחוק שימור התנע.

שאלות

- א. האם מותר להשתמש בנוסחה $v = \sqrt{2gh}$ כדי לחשב את מהירות הכדור המתגלגל בקצה המסילה, כאשר h הוא הגובה ממנו הוא שוחרר? נמק.
- ב. לו בוצע הניסוי שביצעת על הירח (עם אותם כדורים, אותה מסילה ושולחן באותו הגובה) האם נקודת הפגיעה של הכדור בריצפה הייתה רחוקה יותר, קרובה יותר או במרחק שווה לנקודת האנך בהשוואה למרחקה כשהניסוי מבוצע על פני כדור הארץ? נמק!
- ג. על הכדורים הנופלים פועל כוח חיצוני - משקלם. מדוע בכל זאת אנו מצליחים להראות בניסוי זה את קיומו של חוק שימור התנע?
- ד. מדוע חייבים להקפיד על כך שההתנגשות בין הכדורים תתרחש כאשר הכדור המתגלגל במסילה פוגע בכדור השני בשעה שכיוון תנועתו הוא אופקי?
- ה. לו ביצעת את חלק א' של הניסוי מספר רב של פעמים, כאשר בכל פעם אתה משנה את זווית הפגיעה, היית מקבל מספר רב של פגיעות בריצפה. מהו המקום הגיאומטרי של כל נקודות הפגיעה? הסבר!
- ז. מה הזווית בין הכיוונים המייצגים את \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 בחלק א' של הניסוי (חדה/ישרה/קהה)? ומה בחלק ב'?