

שימור תנע בהתנגשות פלסטית

א. מטרת הניסוי

חקירת התנגשות פלסטית ובדיקת קיום חוק שימור התנע בהתנגשות זו.

ב. רקע תיאורטי

התנע של גוף מוגדר כמכפלת מסת הגוף במהירותו. לכן אם מסת הגוף m ומהירותו \vec{v} , התנע שלו, אשר מסומן באות P , הוא:

$$(1) \quad \vec{P} = m\vec{v}$$

התנע הוא גודל ווקטורי אשר מכוון בכיוון מהירות הגוף. יחידת גודל זה במערכת היחידות SI היא kg m/s .

כאשר שני גופים 1 שמסתו m_1 ו-2 שמסתו m_2 , מתנגשים, ומתקיים ששקול הכוחות הפועלים על כל אחד מהם הוא הכוח המופעל עליו מהגוף האחר (כלומר הכוחות הפועלים על שני הגופים הם כוחות אינטראקציה בלבד), התנע של שני הגופים נשמר בתהליך ההתנגשות, כלומר מתקיים:

$$(2) \quad m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

כאשר \vec{v}_1 ו- \vec{v}_2 הן מהירויות שני הגופים 1 ו-2 לפני ההתנגשות, ו- \vec{u}_1 ו- \vec{u}_2 הן מהירויות שני הגופים 1 ו-2 אחרי ההתנגשות.

הגודל $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$ הוא התנע הכולל של שני הגופים לפני ההתנגשות והגודל $m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$ הוא התנע הכולל של שני הגופים אחרי ההתנגשות. לכן על פי הקשר (2) התנע נשמר בהתנגשות, ולכן קשר זה נקרא חוק שימור התנע.

כאמור חוק שימור התנע מתקיים כאשר הכוחות היחידים המשפיעים על שני הגופים במהלך ההתנגשות הם כוחות אינטראקציה (פעולה ותגובה) אשר, על פי החוק השלישי של ניוטון, שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.

הגדרה: מערכת שבה הכוחות הפועלים בין הגופים שבה הם כוחות אינטראקציה בלבד, נקראת מערכת סגורה.

על פי הגדרה זו, נקבל שחוק שימור התנע מתקיים כאשר המערכת סגורה.

הגדרה: התנגשות חזיתית היא ההתנגשות שבה הגופים המתנגשים נעים לפני ואחרי ההתנגשות על אותו קו ישר.

במקרה שההתנגשות חזיתית, ניתן לבחור ציר בתנועה הקו שלאורכו נעים שני הגופים. במקרה זה, ניתן לרשום את חוק שימור התנע באופן הבא:

$$(3) \quad m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

כאשר המהירויות בקשר זה הן מהירויות הגופים לאורך ציר התנועה. יש לשים לב שלמהירויות אלה יש סימנים במקרה זה. אם הגוף נע בכיוון החיובי של הציר מהירותו תהיה חיובית, ואם הוא נע בכיוון השלילי של הציר מהירותו תהיה שלילית.

אם נתון שהגוף 2 היה במנוחה לפני ההתנגשות, ונתון שההתנגשות היא פלסטית (כלומר שני הגוף נצמדים זה לזה אחרי ההתנגשות), נקבל במקרה זה ש- $u_1 = u_2$. אם נסמן מהירות משותפת זו ב- u

, נקבל מהקשר (3):

$$(4) \quad (m_1 + m_2)u = m_1 v_1 + 0$$

מקשר זה נקבל:

$$(5) \quad u = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

כאשר v_1 היא מהירות הגוף הראשון לפני ההתנגשות. בניסוי זה נבדוק את קיומו של הקשר האחרון בהתנגשות פלסטית.

ג. מכשור וציוד

(1) מסילת פאסקו (או מסילת אוויר) שבקצוות שלה יש שני מחסומים כפי שמתואר באיור 1.



איור 1

(2) שתי עגלות שהחיכוך בהן בקירוב טוב זניח. לעגלות אלה מודבק, בצד הקדמי שלהן, סקוטש דו צדדי, כך שהן נצמדות זו לזו כשהן מתנגשות.

(3) משקולות, 0.1–0.3kg כל אחת.

(4) רשם זמן, ספק מתח, סרגל ארוך.

(5) מאזניים.

(6) חוטי חשמל.



ד. הניסוי (בניית המערכת וביצוע המדידות)

(1) הדק את רשם הזמן בקצה המסילה, וחבר אותו לספק המתח. השאר את הספק כבוי.

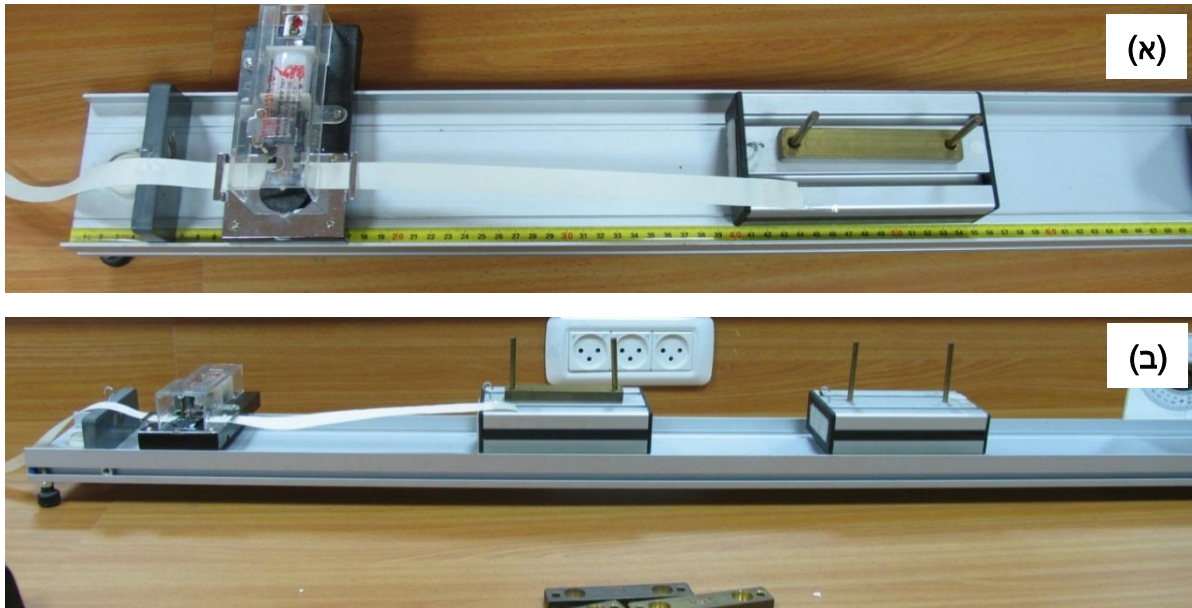
(2) מדוד את המסה של כל אחת משתי העגלות ורשום את הערכים.

(3) חבר סרט נייר לאחת העגלות (שנסמן אותה ב-1). העבר את סרט הנייר מהמקום המיועד לכך ברשם הזמן, והנח את העגלה 1 במקום הקרוב לרשם הזמן (ראה איור 1א - מבט מלמעלה).

(4) הנח את העגלה השנייה (שנסמן אותה ב-2) באמצע המסילה (ראה איור 1ב - מבט מהצד).

(5) הפעל את רשם הזמן והקנה לעגלה 1 מהירות על ידי דחיפה קלה. העגלה 1 נעה ומתנגשת בעגלה 2 ונצמדת אליה. שתי העגלות נעות לאחר ההתנגשות כגוף אחד עד שמתנגשות בקצה המסילה. הפסק את ספק המתח. נתק את סרט הנייר מהעגלה ורשום עליו את המסות של העגלות 1 ו-2.

(6) חזור על אותה המדידה מקודם מספר פעמים, כך שבכל פעם יש להוסיף לעגלה 1 משקולת, לחבר לה סרט נייר חדש, ולדחוף את העגלה לאחר הפעלת רשם הזמן. בסוף כל מדידה יש לרשום על סרט הנייר השייך לאותה מדידה את הערכים של מסות העגלות 1 ו-2 (מסת העגלה 2 נשארת קבועה במהלך הניסוי).



איור 1

ה. ניתוח ועיבוד התוצאות

(1) בכל אחד מסרטי הנייר, בחר נקודה בחלק השייך לשלב שלפני ההתנגשות. סמן נקודה זו ב- $x = 0$, והכן טבלה המתארת את מיקום שאר הנקודות שאחריה כפונקציה של הזמן, וזאת ביחס לנקודה $x = 0$. שים לב שיש שני שלבי תנועה. הראשון לפני ההתנגשות והשני אחרי ההתנגשות. המרחק בין כל שתי נקודות עוקבות בשלב שלפני ההתנגשות גדול יותר מהמרחק בין כל שתי נקודות עוקבות אחר ההתנגשות. יש לדאוג שהטבלה תכלול נקודות בשני השלבים. אם קשה להכין טבלה אחת רציפה הכוללת את המיקום כפונקציה של הזמן בשני השלבים, הכן שתי טבלאות: אחת המתארת את המיקום כפונקציה של הזמן לפני ההתנגשות והשנייה מתארת את המיקום כפונקציה של הזמן אחרי ההתנגשות.

(2) באמצעות הטבלאות שתקבל מהסעיף הקודם, שרטט גרפים המתארים את מיקום הנקודות (מיקום העגלה) כפונקציה של הזמן. באמצעות גרפים אלה, חשב את מהירות העגלה 1 לפני ההתנגשות (v_1) ומהירות שתי העגלות ביחד אחרי ההתנגשות (u), וזאת בכל אחד מהמדידות השונות.

(3) על סמך המהירויות שחישבת בסעיף הקודם, ועל סמך ערכי המסות הרשומים על סרטי הנייר הכן טבלה הכוללת 6 עמודות: בעמודה הראשונה רשום את מסת העגלה 1 (m_1). בעמודה השנייה רשום את מסת העגלה 2 (m_2). בעמודה השלישית רשום את מהירות העגלה 1 לפני ההתנגשות (v_1). בעמודה הרביעית רשום את מהירות שתי העגלות ביחד אחרי ההתנגשות (u). בעמודה החמישית את התנע של העגלה 1 לפני ההתנגשות ($m_1 v_1$) ובעמודה הששית את התנע של שתי העגלות אחרי ההתנגשות $(m_1 + m_2)u$:

m_1 (kg)	m_2 (kg)	v_1 (m/s)	u (m/s)	$m_1 v_1$ (kg m/s)	$(m_1 + m_2)u$ (kg m/s)

(4) באמצעות הטבלה שקיבלת בסעיף הקודם, שרטט גרף המתאר את התנע של שתי העגלות ביחד אחרי ההתנגשות $[(m_1 + m_2)u]$ כפונקציה של התנע של העגלה 1 לפני ההתנגשות $(m_1 v_1)$ וחשב את שיפוע הגרף המתקבל. מכיוון שהתנע אמור להישמר, שיפוע הגרף אמור להיות 1.

ו. שאלות הכנה

- (1) שרטט תרשים המתאר את התפלגות הנקודות המתקבלות על סרט הנייר ברשם הזמן לפני ואחרי ההתנגשות.
- (2) האם יכול להיות מצב שבו האנרגיה הקינטית נשמרת בהתנגשות פלסטית? הסבר את תשובתך.
- (3) בטא את האנרגיה הקינטית של העגלה 1 לפני ההתנגשות באמצעות הגדלים: m_1 ו- v_1 .
- (4) בטא את האנרגיה הקינטית של שתי העגלות לאחר ההתנגשות הפלסטית, באמצעות הגדלים: m_1, m_2 ו- v_1 .
- (5) בטא את ההפסד באנרגיה הקינטית בהתנגשות בניסוי זה באמצעות הגדלים m_1, m_2 ו- v_1 .

