



מתקף ותנע בהתנגשות דו ממדית

מטרת הניסוי

חקירת התנגשות דו ממדית, ואישוש חוק שימור התנע.

דגשים תיאורטיים

עבור גוף אחד או מערכת גופים מתקיים הקשר: $\vec{J}_{\Sigma F} = \Delta \vec{p}$ - מתקף הכוח השקול הפועל על הגוף המערכת שווה לשינוי תנע הגוף המערכת. הגדרה של מערכת סגורה - מערכת שלא פועלים עליה כוחות חיצוניים.

חוק שימור התנע של מערכת דו-גופית סגורה: $\vec{p}_{\text{total}} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$

רשימת הציוד

- שולחן אוויר עם שתי דיסקיות פלדה זהות עם הציוד הנלווה - גיליון נייר מוליך וגיליון נייר סימון. מסתה של כל דיסקית 550 גרם.
- סרגל קצר וסרגל ארוך, מד זווית.

עקרון הפעולה של שולחן האוויר

השולחן מאפשר מעקב אחר תנועה דו ממדית של דיסקיות. על גבו מונח גליון נייר מוליך חשמל, ומעליו גליון נייר רגיל, עליו נעות הדיסקיות. אוויר המוזרם אל הדיסקיות דרך הצינוריות הגמישות, נדחק בינו לבין השולחן, ומאפשר להן לרחף על כרית אוויר, וכך להקטין את החיכוך. דרך הצינוריות עוברים גם מוליכים חשמליים, המאפשרים יצירת מתח חשמלי גבוה בין תחתית הדיסקיות לשולחן. לחיצה על דוושת הרגל תביא לסדרת התפרקות חשמליות בין מרכזי הדיסקיות לשולחן, בתדירות שנקבעה מראש בעזרת בורר התדירות. כל התפרקות שכזו צורבת את גליון הנייר. התוצאה המתקבלת היא תרשים עקבות של תנועת מרכזי הדיסקיות על פני הגיליון (מצידו הפנימי).

הכנת המערכת

- ודא שלצינוריות מחוברות שתי דיסקיות פלדה (לא ממוגנטות).
- הנח על השולחן את הנייר המוליך כשצידו המוליך (השחור) מופנה כלפי מעלה, ומעליו את הנייר הרגיל. הפעל את המפוח על ידי חיבורו לחשמל. "גהץ" את הנייר מספר פעמים, על ידי העברת הדיסקיות מעליו (קפלים עלולים לגרום לחיכוך רב). בדוק שהשולחן מאוזן על ידי הנחת אחת הדיסקיות במרכזו (כל זאת נעשה, כמובן, בלא הפעלת המתח).
- התאמן מספר פעמים בשליחת הדיסקיות זו לקראת זו כך שיתנגשו. השתדל להגיע למימונות כך שההתנגשות לא תהיה מצחית (הדיסקיות לא נעות על קו אחד), ושמהירויותיהן ההתחלתיות תהיינה שונות.

אזהרה: אין לגעת בדסקיות בזמן שדוושת החשמל לחוצה, על מנת למנוע התחשמלות!

- קבע את בורר התדירות לתדר של 20 הרץ (20 התפרקויות בשניה). הנח את רגלך על דוושת הרגל מבלי ללחוץ עליה, שגר את הדיסקיות, ורק לאחר שעזבו את ידיך לחץ על הדושה. שחרר את הדושה כשראשונת הדיסקיות מגיעה לגבול השולחן (או נעצרת). הפוך את גליון הנייר, ובדוק האם התקבל תרשים סביר של תנועת הדיסקיות לפני ההתנגשות ואחריה. על התרשים לכלול לפחות שש עקבות לפני ההתנגשות ושש אחריה. אם מסת הדסקיות אינה שווה, סמן מיד על תרשים העקבות מי היא הדסקית הכבדה ומי הקלה.

ניסויים נוספים אפשריים (לא חובה):

- התנגשות בין שתי דיסקיות פלדה בעלות מסה שונה (ניתן להוסיף משקלות עופרת על הדיסקיות)
- התנגשות בין דיסקיות ממוגנטות
- התנגשות פלסטית בין הדיסקיות (בעזרת סרטי הצמדה הכרוכים סביבן)

ניתוח התוצאות

1. האם הדיסקיות נעות בתנועה שוות מהירות לפני ואחרי ההתנגשות? כיצד ניתן לבדוק זאת?
2. האם ניתן לזהות בדיוק את מקום מרכזי הדיסקיות ברגע ההתנגשות? כיצד?
3. מצא בעזרת סרגל ומד זווית את גודלי וכיווני המהירויות לפני ואחרי ההתנגשות.
 - לחישוב גודל מהירות השתמש במספר נקודות קרובות לרגע ההתנגשות והתחשב בתדירות שקבעת (שמשמעותה שהמערכת רושמת 20 נקודות בכל שנייה).
 - למציאת כיוונו של וקטור מהירות מתח ציר x שרירותי על גליון הנייר (מהי הבחירה הנוחה ביותר?), והעבר משיקים למסלולי הדיסקיות עד שיחתכו את הציר. מדוד את הזוויות בעזרת מד זווית. שים לב – במדידת הזווית בין וקטור לציר יש להתחשב בכיוון הווקטור ובכיוון החיובי של הציר.
4. חשב את רכיבי התנע של כל דיסקית לפני ואחרי ההתנגשות, ביחס למערכת צירים המוגדרת על ידי ציר ה-x שסימנת.
5. חשב את רכיבי התנע הכולל של המערכת לפני ואחרי ההתנגשות. האם רכיבי התנע הכולל נשמרים?
6. חשב את וקטור התנע הכולל (גודל וכיוון) לפני ואחרי ההתנגשות. האם וקטור התנע נשמר?
7. מתקף משנה תנע:
 - א'. חשב את גודל וכיוון המתקף שהפעילה דסקה מספר 1 על דסקה מספר 2.
 - ב'. חשב את גודל וכיוון המתקף שהפעילה דסקה מספר 2 על דסקה מספר 1.
 - ג'. מהו הקשר התיאורטי הצפוי בין המתקפים? האם תוצאות הניסוי תומכות בו?

8. זוהי את כיוון המתקף שפעל בין דיסקיות הפלדה (הלא ממוגנטות) על תרשים העקבות בעזרת הצעדים הבאים (ראה גם שאלה 36 בפרק ז', בספר הלימוד):
 א'. אתר במדויק את מקום מרכזי הדיסקיות ברגע ההתנגשות.
 ב'. מתח, בעזרת סרגל, קטע המחבר את המרכזים. הנקודה בה הפעילו הדיסקיות כוח זו על זו נמצאת על אמצע הקטע (מדוע)?
 ג'. תחת איזו הנחה ניתן לטעון שהמתקפים שמפעילות הדיסקיות זו על זו פועלים לאורך הקטע המחבר בין מרכזיהן?
 ד'. מדוד את הזווית שיוצר הקטע עם ציר ה-x שבחרת. השווה את הזווית הנמדדת לזווית המתקבלת בחישוב שבסעיף 7.
9. במקרה ואתה מנתח את תנועתן של שתי דיסקיות זהות:
 א'. חבר בעזרת קו ישר, על תרשים העקבות, את מקומותיהם של מרכזי הדיסקיות בזמנים זהים (כיצד תוודא שאתה מחבר נקודות שאכן נצברו בזמנים זהים?). סמן את נקודת האמצע של כל קטע. ודא כי עשית כן לזמנים שלפני ואחרי ההתנגשות.
 ב'. איך נראית תנועתה של נקודת האמצע של הקטעים?
 ג'. מצא את המהירות של הנקודה (גודל וכיוון), לפני ואחרי ההתנגשות.
 ד'. אילו הייתה כל מסת הדיסקיות מרוכזת בנקודה, מה היה התנע שלה (גודל וכיוון)?
 ה'. השווה את תשובתך לסעיף 9ד' לתוצאות שקיבלת בסעיף 6. נסח מסקנה מתאימה.
10. האם נשמרת האנרגיה הקינטית הכוללת בהתנגשות בין שתי הדסקיות?
11. אם אתה מנתח את תנועתן של דיסקיות לא זהות ולמדדת על מרכז המסה:
 א'. מצא את מקומו של מרכז המסה בזמנים עוקבים, לפני ואחרי ההתנגשות.
 ב'. אפיין את תנועתו.
 ג'. מצא את התנע של מרכז המסה, והשווה לתוצאות של סעיף 6. מה המסקנה?