



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

התנגשות פלסטית בין עגלות – מדידה באמצעות רשם זמן

רמה א'

תיאור הניסוי

בניסוי זה נאשר את שימור התנע במהלך של התנגשות פלסטית בין שתי עגלות. כדי להקל על המדידות ההתנגשות תהייה בין עגלה נחה לעגלה שנעה לעברה, מתנגשת בה ושתי העגלות ממשיכות לנוע יחד. נמדוד, בעזרת מערכת רשם זמן, את התנע של העגלות לפני ההתנגשות ואת התנע של העגלות לאחר ההתנגשות ונשווה ביניהם. נראה כי לא מתקיים שימור אנרגיה.

מטרת הניסוי

מדידת גודלם של התנע והאנרגיה לפני התנגשות בין שתי עגלות ולאחריה.

מה מודדים בצורה ישירה?

מודדים את גודל ההעתק על ידי מדידת המרחקים בין הנקודות המסומנות על סרט המדידה סמוך לנקודות ההתנגשות ומיד לאחריה. שוקלים את העגלות בעזרת מאזניים.

מה מחשבים?

בעזרת נתוני המרחק והזמן – מחשבים את מהירות העגלה לפני ההתנגשות. בעזרת נתוני המסה מחשבים את התנע והאנרגיה של העגלה הפוגעת לפני ההתנגשות. משווים את התוצאה לתנע והאנרגיה של העגלות לאחר ההתנגשות.

מרכז מורים ארצי במקצוע פיזיקה. הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 6/1.07

הפרויקט מבוצע עבור האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך

מרכז ארצי למורי הפיזיקה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות, 76100

טל' 08-9378366/8400 <http://stwww.weizmann.ac.il/ptc> פקס: 08-9378392

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורי הפיזיקה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת ובכלל זה שימוש מסחרי; פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה); העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או כל חלק ממנו.



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

צילום המערכת



פירוט חלקי המערכת והמלצות טכניות

הרכיב	תמונת הרכיב	הוראות הפעלה והמלצות טכניות
מסלול הרצה		מסלול הרצה עשויה עץ שבקצותיו מעצורים (אין צורך בגלגלת).
עגלות דינמיקה לפני ההתנגשות		עגלות דינמיקה – במשקל 600 גרם כל אחת. יש להדביק פלסטלינה על חלקי העגלה שנצמדים בהתנגשות.
עגלות דינמיקה לאחר ההתנגשות		יש להקפיד שהעגלות ינוע יחד לאחר ההתנגשות.
כליבה		חיבור רשם הזמן בעזרת כליבה: כשהמעצור גבוה מעובי רשם הזמן יש להרחיקו מהמעצור.

מרכז מורים ארצי במקצוע פיזיקה. הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 6/1.07 הפרויקט מבוצע עבור האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך מרכז ארצי למורי הפיזיקה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות, 76100 טל' 08-9378366/8400 <http://stwww.weizmann.ac.il/ptc> פקס: 08-9378392

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורי הפיזיקה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת ובכלל זה שימוש מסחרי; פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה); העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או כל חלק ממנו.



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

יש להשתמש במשקולות שמסת כל אחת 300 גרם.		משקולות
בגלל ההבדלים בין העגלות השונות מומלץ למדוד את המסה הכוללת בעזרת מאזניים.		מאזניים



מערכת רשם הזמן

הוראות הפעלה והמלצות טכניות	תמונת הרכיב	הרכיב
מקור מתח חילופין, 6 - 6.3 וולט. עדיף ספק מתח בעל כניסת מתח מיוחדת לרשם זמן. יש להקפיד שהתלמידים לא יחברו את רשם הזמן למקור מתח ישר. חוטי החשמל צריכים להיות ארוכים מספיק כדי להגיע ממקור המתח לרשם הזמן. כדי למנוע קצרים במערכת מקור המתח חשוב שהחוטים יהיו בצבעים שונים.		מקור מתח וחוטי חשמל
יש לבדוק תקינות של: <ol style="list-style-type: none"> המגנטים: לוודא שישנם שניים. חיבורי החשמל: לבדוק מה סוג החיבור המתאים לחוטי החשמל – בננה או מצבטי תנין. נייר הפחם: לוודא שאינו שחוק. לבדוק שאינו בורח מהציר שלו. מעברי הסרט: לבדוק שאינם מפריעים לתנועת סרט הסימון. *** המספרים לפי המופיע בתמונה	 	רשם הזמן
יש ליישר את סרט הסימון הלבן לפני הניסוי כדי למנוע חיכוך מיותר בינו לבין רשם הזמן.		סרט סימון

מרכז מורים ארצי במקצוע פיזיקה. הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 6/1.07
הפרויקט מבוצע עבור האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, המזכירות הפדגוגיות, משרד החינוך
מרכז ארצי למורי הפיזיקה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות, 76100
טל' 08-9378366/8400 <http://stwww.weizmann.ac.il/ptc> פקס: 08-9378392

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורי הפיזיקה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת ובכלל זה שימוש מסחרי; פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה); העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או כל חלק ממנו.

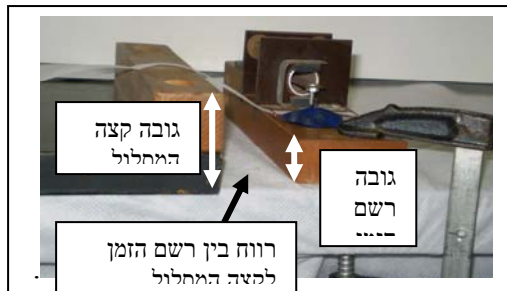
המרכז הארצי למורי הפיזיקה

<p>את סרט הסימון מחברים לגוף הנופל בעזרת דבק נייר (סלוטייפ). דבק הנייר ישמש גם להצמדת סרט הסימון לשולחן לצורך מדידות.</p>		
<p>יש להשתמש בסרגל שאורכו לפחות מטר אחד. מומלץ להשתמש בסרט מדידה גמיש.</p>		<p>סרגל או סרט מדידה</p>
<p>לעיתים הכליבות מאבדות את יכולת ההידוק בגלל שחיקה של החריצים לאורך הזרוע. ניתן לקדוח חורים לאורך הזרוע ולהכניס בורג שימנע את החלקת הזרוע הנעה.</p>	 <p>חורים להכנסת בורג למניעת החלקת הזרוע</p>	<p>כליבה</p>

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

הוראות להרכבת המערכת

- א. אין צורך במסלול הרצה עם גלגלת. יש להדק את מסלול ההרצה לשולחן בעזרת כליבה.
- ב. על המסילה להיות מאוזנת. אולם, בחלק זה של הניסוי ניתן להטות מעט את המסילה בכיוון תנועת העגלות כדי לבטל את ההשפעה של החיכוך. כך מתקבלות תוצאות שימור התנע מדויקות יותר.
- ג. מומליץ לא להשתמש בעגלה עם קפיץ.
- ד. בכל הרצה מומליץ שמסת "העגלה הנחה" תהיה גדולה יותר ממסתה של "העגלה הנעה" – כך יובטח שהעגלות ינועו יחד. עם זאת, אם מסתה של "העגלה הנחה" תהיה גדולה משמעותית ממסתה של "העגלה הנעה" הן כמעט לא ינועו לאחר ההתנגשות. הפתרון לכך הוא שמסת "העגלה הנחה" יהיה שווה או מעט יותר ממסת "העגלה הנעה" ובנוסף לתת תנופה חזקה ל"עגלה הנעה" (כאשר מריצים אותה לקראת ההתנגשות).
- ה. חיבור בין העגלות לאחר התנגשותן יכול להיעשות בעזרת פלסטלינה, סקוטש או מגנטים. אם החיבור נעשה בעזרת פלסטלינה, מומליץ למרוח שכבה דקה של פלסטלינה גם על "העגלה הנחה" באזור שבו אמורה להדבק הפלסטלינה הנמצאת על "העגלה הנעה".
- ו. כדי לבדוק את תקינות רשם הזמן ואת איכות הנקודות שהוא מסמן יש להכניס סרט קצר לרשם הזמן ולהפעילו לשנייה או שתיים תוך הזזת סרט הנייר.



- ז. במקרים שבהם רשם הזמן נמוך מגובה קצה המסלול, סרט הסימון עלול להיתקל בחיכוך ולהיקרע במהלך האצת העגלה. לכן יש להדק את רשם הזמן אל המסילה במרחק של כ- 2 ס"מ מהמסילה (ראה תמונה).
- ח. אורך סרט הנייר המומליץ הוא כגודל המרחק בין הקצה האחורי של העגלה כשהיא בקצה המסלול לרשם הזמן – 60-80 ס"מ.
- ט. ניסוי זה מושפע מאוד מהחיכוך בין סרט הנייר לרשם הזמן. לכן בנוסף לחיבור רשם הזמן במרחק קטן מקצה המסלול יש להקפיד ליישר את סרט הנייר לפני תחילת הניסוי.
- י. יש לוודא שהנייר מושחל ב"מעברים" של רשם הזמן ועובר מתחת לנייר הפחם ("נייר הקופי").
- יא. העגלה אליה מחברים את סרט הנייר היא ה"עגלה הנעה" והיא זו שנדחפת לעבר ה"עגלה הנחה" הנמצאת במנוחה לפני ההתנגשות (מיד לאחר ההתנגשות הן נעות יחד). את קצה הסרט ניתן לחבר ל"עגלה הנעה" בעזרת נייר דבק (סלוטייפ) או מצבט תנין.



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

יב. את הניסוי מבצעים מספר פעמים. בכל אחת מההרצות משנים את המשקל של העגלה על ידי הוספה או גריעה של משקולות.

רמה ב'

הפיזיקה עליה מתבסס הניסוי

א. פרק הזמן העובר בין תקתוק לתקתוק של רשם הזמן הוא 0.02 שניות. זהו פרק הזמן שחולף בין סימון נקודה כלשהי על הסרט הלבן לבין הסימון הנקודה הבאה אחריה. לעומת זאת, המרחק בין שתי נקודות עוקבות על סרט הסימון משתנה כי התנועה בניסוי זה משתנה לאחר ההתנגשות.

ב. בשלב עיבוד התוצאות יש לחשב את המהירות v לפי הנוסחה:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{כאשר: } \Delta x - \text{ההעתק, } \Delta t - \text{פרק הזמן בו הוא נעשה.}$$

ג. כדי לבצע את חישוב המהירות בונים טבלה של ההעתק, הזמן והמהירות.

ד. על אופן פעולתו של רשם הזמן ניתן לקרוא בתדריך לניסוי "נפילת גופים".

ה. הגדרת התנע היא: $\vec{p} = m\vec{v}$.

כאשר: m – המסה של המשקולת, v – המהירות, p – התנע.

ו. חוק שימור התנע: תנע לפני ההתנגשות = תנע אחרי ההתנגשות.

$$\text{ובצורה מפורטת: } m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$$

אולם, לפני ההתנגשות אין למסה m_2 מהירות (זו "העגלה הנחה") ולכן $m_2v_2=0$. כמו-כן לאחר התנגשות פלסטית שתי העגלות נעות יחד ולכן $u_1 = u_2 = u$. ניתן בניסוי שלנו לרשום את חוק

$$\text{שימור התנע כך: } m_1v_1 = (m_1 + m_2)u$$

ז. המהירות v_1 היא המהירות לפני ההתנגשות והמהירות u היא המהירות לאחר ההתנגשות. את שתיהן מוצאים בעזרת סרט הסימון.

ח. את התנע מחשבים לאחר ששוקלים את שתי העגלות ומציבים בנוסחה את המסות והמהירויות.

$$\text{ט. הגדרת האנרגיה הקינטית היא: } E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

י. חוק שימור האנרגיה: אנרגיה לפני ההתנגשות = אנרגיה לאחר ההתנגשות.



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

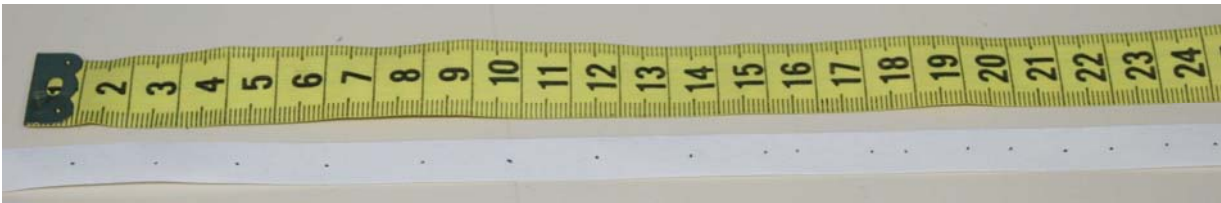
$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

ובצורה מפורטת:

בניסוי זה מראים כי האנרגיה אינה נשמרת לאחר ההתנגשות.

מדידה, עיבוד התוצאות וניתוחן

- א. את סרט הסימון יש להצמיד לשולחן ולרשום עליו את המסות כדי למנוע בלבול בין הסרטים.
 ב. הסרט מחולק לשני חלקים (ראה תמונה): תחום שבו הנקודות מרווחות יותר (לפני ההתנגשות) ותחום שבו הנקודות מרווחות פחות (לאחר ההתנגשות).



- ג. יש למדוד את המהירות סמוך להתנגשות. בסרט ניתן לראות שישנן מספר נקודות שהמרחק ביניהן כמעט קבוע ולאחריו איזור שהמרחק משתנה בין כל נקודה ונקודה. איזור זה הוא "איזור ההתנגשות" ולאחריו המרחק בין הנקודות שוב קבוע אך בהוא קטן יותר מהמרחק בין הנקודות שלפני איזור ההתנגשות.



Δx

- ד. כדי להקטין את שגיאת המדידה (שהמדידה על סרט הנייר תהיה מדויקת יותר), מומלץ לבחור בנקודות רחוקות די הצורך זו מזו. אולם, בגלל החיכוך לעיתים הנקודות נמצאות במרחקים הולכים וקטנים. לכן מומלץ לבחור מדידה בין 3 נקודות (ראה שרטוט) שפרק הזמן ביניהן הוא 0.04 שניות.
 ה. יש לבנות טבלה באופן הבא (הטבלה מופצלת מפאת חוסר מקום):

הזמן (שניות)	המרחק לאחר ההתנגשות (מטר)	המרחק לפני ההתנגשות (מטר)	m_2 – מסת "העגלה הנחה" (ק"ג)	m_1 – מסת העגלה הנעה (ק"ג)	הרצה מספר



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

					1
					2
					3

E_k לפני -	E_k לפני -	P לפני - התנע לאחר	P לפני - התנע לפני	U המהירות לאחר	V המהירות לפני
האנרגיה לאחר ההתנגשות (ג'אול)	האנרגיה לפני ההתנגשות (ג'אול)	ההתנגשות (ק"ג מטר בשנייה)	ההתנגשות (ק"ג מטר בשנייה)	ההתנגשות (מטר בשנייה)	ההתנגשות (מטר בשנייה)

1. אין צורך בייצוג גרפי של התוצאות.

המלצות פדגוגיות

- א. בניסוי זה התלמידים אמורים לדעת להמיר יחידות. יש לעקוב אחר המרת היחידות ולוודא שהתוצאה שמדדו ביחידות של ס"מ תומר כראוי ליחידות של מטר.
- ב. אם מטרים את המסילה כדי להקטין את החיכוך יש להסביר לתלמידים מדוע ולתת להם למצוא בעצמם את זווית ההטיה – זווית כזו שמצד אחד עגלות הנמצאות במנוחה לא ינוע בעצמן אך מצד שני עגלות הנמצאות בתנועה לא נעצרות.
- ג. יש להסביר לתלמידים, מדוע בניסוי זה לא נשמרת האנרגיה. יש להדגיש כי האנרגיה לא "הלכה לאיבוד" אלא התגלגלה לשינוי צורת הפלסטלינה ולחום.
- ד. יש להסביר מדוע לא ניתן להשוות את התוצאות המתקבלות ל"ערך בספרות".