

מעבדה בנושא מתקף ותנע

מטרות הניסוי

- א. אישוש משפט מתקף-תנע.
- ב. בדיקה של מידת אלסטיות בהתנגשות (האם נשמרת אנרגיה קינטית).
- ג. השוואה בין גרפי כוח כתלות בזמן בהתנגשויות שונות.

רקע תאורטי

בהתנגשות של שני גופים פועל על כל אחד מהם כוח במשך פרק זמן מסוים. מכיוון שהכוח לא קבוע במהלך ההתנגשות, חישוב המתקף נעשה באמצעות אינטגרל על זמן.

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F} dt$$



לפי משפט מתקף-תנע, מתקף הפועל על גוף משנה את התנע שלו. הקשר נתון ע"י המשוואה:

$$\vec{J} = \Delta \vec{p} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$

בניסוי נאשש את המשפט.

תיאור הניסוי

בניסוי זה עגלה תתנגש בקפיץ המחובר לחיישן כוח. באמצעות החיישן נוכל לדגום בקצב גבוה (500 [Hz]) כוח הפועל בין עגלה לקפיץ במהלך ההתנגשות הקצרה. את הכוח נציג באמצעות גרף כתלות בזמן. על ידי חישוב השטח מתחת לגרף נקבל מתקף שפעל על העגלה. במקביל באמצעות חיישן תנועה נוכל למדוד את מהירות העגלה רגע לפני ורגע אחרי ההתנגשות, ולחשב את השינוי בתנע.



עגלה על מסילה ושני חיישנים

ציוד נדרש¹

- מסילה + עגלה
- חיישן כוח (לבן) + כבל USB (או Bluetooth dongle עבור חיבור אל-חוטי)
- חיישן תנועה (כחול) + מתאם (לבן)
- שני קפיצים בעלי קבוע כוח שונה
- מתאם התנגשויות לחיישן הכוח + פגושי קפיץ
- כן מעבדה + מוט או ג'ק מעבדה


¹ ראו נספח ל"ציוד נדרש" עם איורים והנחיות להרכבת המערכת.

מהלך הניסוי

חלק א – אישוש משפט מתקף-תנע

1. מדדו את מסת העגלה ללא משקולות. כתובו ערך זה בטבלת נתונים (מצורפת כנספח), בשורה "עגלה ללא משקולת".
2. פתחו את תוכנת Capstone. בדקו ששני החיישנים (תנועה וכוח) מחוברים באופן תקין. כמו כן בהגדרות סמנו שהחיישנים יתאפסו בתחילת כל מדידה.
3. שנו בסרגל התחתון את קצב הדגימה של חיישן התנועה ל- $100[Hz]$ ואת קצב הדגימה של חיישן הכוח ל- $500[Hz]$.




4. פתחו באמצעות הסמליל  (נמצא בסרגל הכלים מצד ימין) שני גרפים נפרדים:
 - א. מהירות העגלה כתלות בזמן
 - ב. הכוח כתלות בזמן


5. מקמו את העגלה בנקודת התחלת התנועה, שהיא במרחק של כ- 15 ס"מ מחיישן התנועה (הקפידו על נקודה קבועה לשחרור העגלה כדי שנקודת השחרור תהיה נתון קבוע במדידות החוזרות).

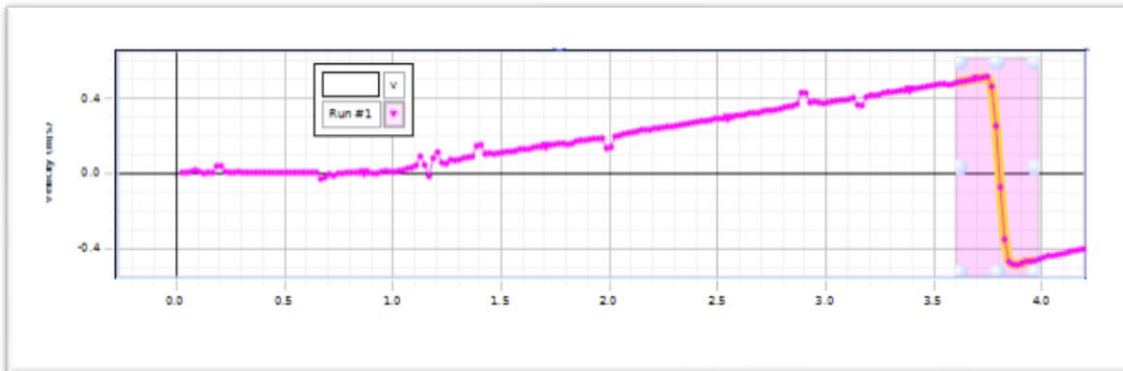
(הסברו מדוע יש חשיבות לשחרור העגלה מאותה נקודה.)



6. לחצו על כפתור הקלטה ושחררו את העגלה ממנוחה. אחר ההתנגשות עם הקפיץ עצרו את ההקלטה.

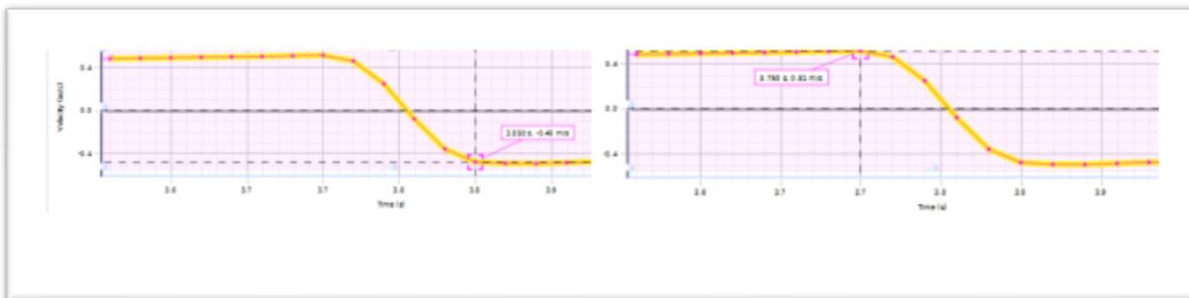
7. מדידת מהירות העגלה לפני ואחרי ההתנגשות:

- בגרף מהירות כתלות בזמן לחצו על הסמליל  להצגתו בצורה אופטימלית.

- לחצו על הסמליל  בסרגל הכלים של הגרף, והתאמו את גודל תיבת התחום ומיקומה, כך שיודגשו בצהוב הנקודות הרלוונטיות של מדידת המהירות סמוך להתנגשות ועד לאחריה.



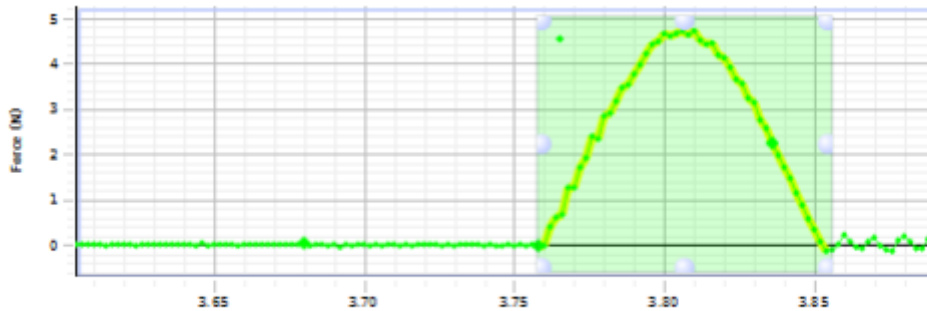
- לחצו שנית על הסמליל  להתמקדות הגרף סביב הקטע המסומן.
- לחצו על כפתור "קורא הקוארדינטות"  ובאמצעות העכבר גררו את סמן הכלי שמופיע על הגרף לנקודת מדידת המהירות רגע לפני ההתנגשות.




8. חשבו מנתוני הטבלה את התנע לפני ההתנגשות לאחריה, וגם את ההפרש שלו. מלאו את התאים המתאימים בטבלה. (מהו סימנו? איך הסימן קשור לכיוון ציר תנועה שנבחר בניסוי?)

9. מדידת המתקף שמפעיל קפיץ החיישן על העגלה:

- בגרף כוח כתלות בזמן בחרו את התחום הרלוונטי להתנגשות.



- לחישוב השטח מתחת לגרף לחצו על הסמליל  בסרגל הכלים של הגרף, והשטח הכלוא תחת נקודות הגרף שסימנת יופיע, ויסומן על גרף המדידה.

- כתבו בטבלה את המתקף בהתנגשות. (מהו סימנו? איך הסימן קשור לכיוון ציר תנועה שנבחר בניסוי?)

10. חשבו סטייה בין שינוי תנע למתקף באמצעות נוסחה לשגיאה יחסית במקום מתאים בטבלה.

שאלה 1

האם המשפט מתקף-תנע אושר במסגרת הסטייה של 10%? (המטרה א' של הניסוי)

שאלה 2

באיזו מידה ההתנגשות הייתה אלסטית? (המטרה ב' של הניסוי). בססו את התשובה.

11. חזרו על שלבי הניסוי עם מסת העגלה גדולה יותר. בשביל זה העמיסו עליה משקולת.

לפני ביצוע המדידות שערו:

- מהירות העגלה רגע לפני ההתנגשות תגדל/תקטן/לא תשתנה.
- השינוי בתנע העגלה כתוצאה מההתנגשות יהיה גדול יותר/קטן יותר/לא ישתנה.
- המתקף שמפעיל קפיץ החיישן על העגלה בהתנגשות יגדל/יקטן/לא ישתנה.

חלק ב' – השוואה בין התנגשויות שונות (המטרה ג' של הניסוי)

במדידה הבאה השאירו את המשקולת על העגלה, והחליפו את הקפיץ המחובר לחיישן הכוח בקפיץ קשיח יותר, וחזרו על שלבי הניסוי.

לפני ביצוע המדידות שערו, ביחס לניסוי הקודם עם הקפיץ הרך:

- מהירות העגלה רגע לפני ההתנגשות תגדל/תקטן/לא תשתנה.
- השינוי בתנע העגלה כתוצאה מההתנגשות יהיה גדול יותר/קטן יותר/לא ישתנה.
- המתקף שמפעיל קפיץ החיישן על העגלה בהתנגשות יגדל/יקטן/לא ישתנה.

שאלות נוספות לקראת כתיבת דו"ח מעבדה

1. הביטו על גרף הכוח. האם אתן מזהות תנודות בגרף כוח-זמן לאחר ההתנגשות? מדוע לא חיבתן את המתקף עבור פרק הזמן של תנודות אלו?
2. השוו בין הגרפים של הכוח בשלושת המדידות ועמדו על הדומה והשונה מבחינת צורתם. בפרט בחנו את ערכי F_{max} , Δt , וגודל המתקף בשתי המדידות עם הקפיצים השונים.
3. כמסקנה מהמדידות, הסברו את חשיבותה של כרית האוויר ברכב בזמן התאונה, והשפעת האלסטיות שלה.
4. האם ההתנגשות עם הקפיץ אלסטית לחלוטין או לא? (המטרה ב' של הניסוי)

5. במידה ואכן ההתנגשות אלסטית לחלוטין בקירוב - הסבר כיצד המהירות
בגודלה אינה משתנה כמעט לפני ואחרי ההתנגשות ואילו שינוי בתנע לא
שווה לאפס?

עבודה פורייה ונעימה!

צוות פיזיקה

תיכון הנדסאים הרצליה

נספחים

טבלת איסוף נתונים:

\	קפיץ "רך" עגלה ללא משקולת	קפיץ "רך" עגלה עם משקולת	קפיץ "קשיח" עגלה עם משקולת
מסת העגלה - $M[kg]$			
מהירות לפני ההתנגשות - $v_i[\frac{m}{s}]$			
הזמן בו מתחילה ההתנגשות - $t_i[s]$			
מהירות לאחר ההתנגשות - $v_f[\frac{m}{s}]$			
הזמן בו מסתיימת ההתנגשות - $t_f[s]$			
$\Delta t = t_f - t_i$			
התנע לפני ההתנגשות - $p_i[\frac{kg \cdot m}{s}]$			
התנע לאחר ההתנגשות - $p_f[\frac{kg \cdot m}{s}]$			
$\Delta p = p_f - p_i$			
מתקף - $J[N \cdot s]$			
F_{max} - ערך הכוח המכסימלי [N]			
חישוב השגיאה היחסי בין שינוי התנע למתקף			