

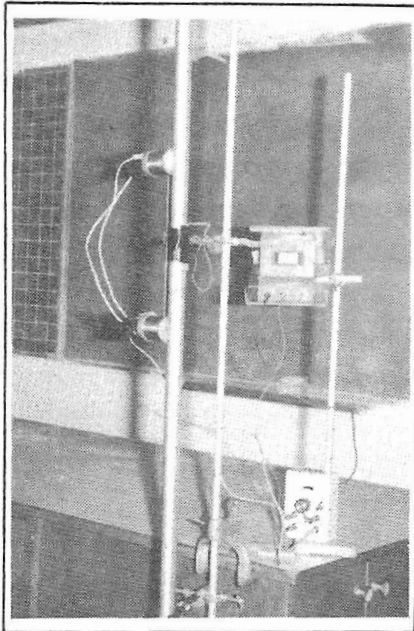
הדגמת חוק לניץ

אשר כץ, בית הספר התיכון העירוני א/ חיפה

באחרונה הופיעה ערכה להדגמת חוק לניץ מתוצרת PASCO. בערכה צינור אלומיניום, מגנט ומד-כח. המגנט המשוחרר בקצהו העליון של הצינור נופל בתוך הצינור האנכי במשך 6 שניות בקירוב, בעוד שגוף אחר, בעל מסה דומה, נופל במשך כחצי שניה. אם הצינור נתלה על מד-כח, אפשר גם לראות שהצינור "נסחף" בעקבות המגנט והכוח הנמדד בשעת התנועה של המגנט בתוך הצינור גדול מהכוח הנמדד בלעדיו.

הניסוי בעיקרו איכותי. המדידה באמצעות מד-הכח, שתחום מדידתו עד 10 ניוטונים, מאפשרת לאשר את העובדה שפועל כוח מעכב על המגנט הנע (התגובה לכח זה נמדדת על ידי מד-הכח), אך לא ניתן להסיק מסקנות אחרות.

אחת השאלות בעקבות ניסוי זה היא: האם תנועת המגנט בתוך הצינור היא תנועה קצובה? בניסוי שבוצע על ידי רלו שוורץ* נחקרה תנועתו של המגנט באמצעות רשם-זמן וסרט נייר. אני העדפתי לא להשתמש באמצעי מדידה שיכולים להשפיע על תנועתו של המגנט.



תרשים 1

הצמדתי שני סלילים אל צינור האלומיניום האנכי. שני הסלילים חוברו במקביל אל הכניסה של המגבר. יציאת המגבר חוברת אל שעון סיפרתי המאפשר מדידת זמן עד 0.01 שניות (תרשים 1).

בשעה שהמגנט עובר ליד הסליל הראשון, המתח המושרה מפעיל את השעון, ובשעה שהמגנט עובר ליד הסליל השני, הוא מפסיק את השעון. כך ניתן למדוד את זמן הנפילה של המגנט בין שני הסלילים.

בניסויים שערכתי השתמשתי גם בסלילי בוחן המשווקים על ידי שולמן בע"מ וגם בסלילים בעלי מספר רב של כריכות. שעון העצר היה של חברת UNILAB.

* נפילה "לא חופשית" בשדה הכובד, רלו שוורץ, תהודה כרך 14, מס 1, עמי 55-50.

השתמשתי במגבר של חברת UNILAB וגם במגבר למכשיר אינטרקום (הורכב מפריטים להרכבה עצמית: עלותו נמוכה).

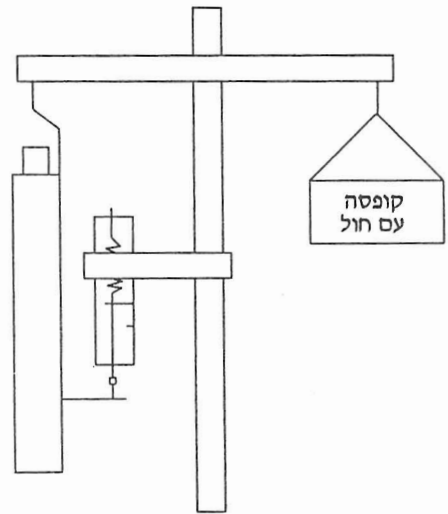
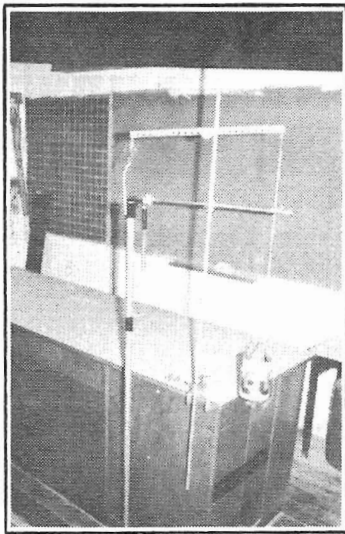
בשעת ביצוע הניסוי קורה שהסליל הראשון אינו מפעיל את השעון. זה סימן שהקוטביות של המגנט אינה נכונה. יש להפוך את המגנט או להחליף את תיילי ההולכה בשקעי הסליל. אם הסליל הראשון מפעיל את השעון, אך הסליל השני אינו מפסיק אותו, יש להחליף את תיילי החיבור בשקעי הסליל השני. רצוי לסמן את קטבי המגנט ולשחרר אותו תמיד באותו מצב.

בניסוי המתואר הותקנו שני הסלילים במרחק 25 ס"מ זה מזה (הם חוברו אל מוט אלומיניום כדי שבכל המדידות יישמר המרחק ביניהם), והוצמדו אל הצינור האנכי בגבהים שונים. בכל הגבהים (החל ממרחק 10 ס"מ מקצה העליון של הצינור) היה זמן הנפילה של המגנט בין הסלילים 0.65-0.66 שניות.

ערכתי ניסוי נוסף כדי לבדוק כיצד משפיעה המסה על מהירות הנפילה של המגנט בצינור. מסת המגנט בניסוי היתה 53.5 גרם. הדבקתי אל המגנט מסה נוספת של 53.5 גרם וחזרתי על הניסויים. זמן הנפילה של המגנט בין הסלילים בכל הגבהים היה עתה-0.33 0.35 שניות. המסקנה הברורה מניסויים אלה היא, שתנועתו של המגנט בצינור היא קצובה ומהירותו פרופורציונית למסתו.

שאלה נוספת בעקבות ניסוי זה היא, מהו הכח שמפעיל הצינור על המגנט הנע (והמגנט הנע על הצינור). לכאורה הכל ברור. התנועה של המגנט קצובה והכוח המופעל על ידי הצינור שווה למשקלו של המגנט. כשתולים את הצינור על מד-הכוח נמדד כוח של 3 ניוטונים. בשעת הנפילה של המגנט נמדד כוח גדול מזה ב- 0.3 ניוטונים בעוד מסת המגנט 53.5 גרם. יש לזכור, כי השימוש במד-כוח בעל תחום מדידה של 10 ניוטון אינו מאפשר מדידה של כוחות בסדר גודל של עשיריות ניוטון בדיוק מתקבל על הדעת.

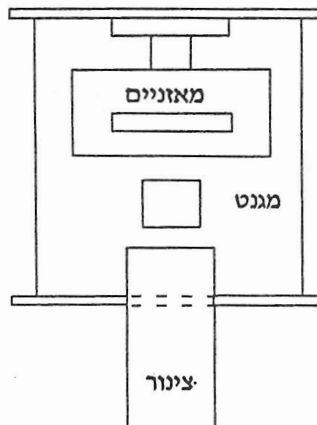
כדי שאוכל למדוד את הכח הפועל על הצינור מצד המגנט בדיוק רב יותר, תליתי את הצינור על מנוף. הדבקתי אל הצינור זרוע ואיזנתי אותו באמצעות קופסה עם חול. אל הכן שעליו תלוי המנוף, חיברתי מד-כוח בעל תחום מדידה עד 1 ניוטון. הזרוע חוברת באמצעות חוט אל הו של מד-הכוח (תרשים 2). לפני שחרורו של המגנט היה הכח שנמדד על ידי מד-הכוח 0.03 ניוטון. בשעת נפילתו של המגנט התחיל הצינור לבצע תנודות ומחוגו של מד-הכוח התנווד סביב 0.4-0.5 ניוטון, אך לא התייצב כליל עד גמר הנפילה. עתה הורדתי במקצת את הצינור והחזקתי אותו במצב שמד-הכוח הראה על 0.5 ניוטון. שחררתי בו-זמנית את המגנט ואת הצינור. חזרתי על הניסוי מספר פעמים עד אשר מחוגו של מד-הכוח היה יציב במשך מרבית זמן הנפילה.



תרשים 2

הכח שנמדד היה $0.4N$, כלומר כוח ההתנגדות של הצינור לנפילת המגנט היה $0.4N$. ובכן, לא כל הכוח, המתנגד לתנועתו של המגנט, מקורו בהתנגדות האלקטרומגנטית. נראה, שחלקו של האוויר ביצירת ההתנגדות אינו זניח ($0.13N$ מתוך $0.53N$).

אם במעבדה לפיסיקה מצויים מאזניים אלקטרוניים, תהיה מדידת הכוח, הפועל בין המגנט הנופל לבין הצינור, קלה יותר. את המאזניים יש לשים על משטח מוגבה, הבולט מחוץ ללוח השולחן. הצינור נתלה על מתלה שחלקו העליון מונח על משטח השקילה (תרשים 3). יש רק להקפיד, שהתיילים האנכיים לא יגעו בגוף המאזניים או במשטח שעליו נמצאים המאזניים. עתה מאפסים את המאזניים ומשחררים את המגנט. את הכח שמפעיל המגנט על הצינור בשעת נפילתו קוראים על צג המאזניים.



תרשים 3