**מדידת כוחות במים – דיון איכותי[[1]](#footnote-1)**

משקולת תלויה על קפיץ, שמשמש כמד-כוח. מכניסים את המשקולת שתלויה על הקפיץ למים. מתברר כי כתוצאה מכך התארכות הקפיץ קטנה.

א. כמה כוחות פועלים על המשקולת לפני שהוכנסה למים?

 על הגוף פועלים שני כוחות. אילו היה פועל כוח אחד בלבד (כלפי מעלה או כלפי מטה), המשקולת לא הייתה נותרת במנוחה[[2]](#footnote-2).

ב. איזה גוף מפעיל את כל אחד מן הכוחות?

 כוח הכובד, מופעל (ממרחק) על ידי כדור הארץ (כולו). הכוח האלסטי מופעל (במגע) על ידי הקפיץ. הסעיף הזה מנוסח מנקודת ראות של אינטראקציה – כוח מופעל על ידי גוף אחר. יש להיות מסוגלים לזהות מהו הגוף האחר.

ג. מה כיוונו של כל אחד מן הכוחות?

 כוח הכובד פועל כלפי מטה. הכוח האלסטי שמפעיל הקפיץ על המשקולת פועל כלפי מעלה. זוהי הזדמנות להציג תרשים כוחות.

ד. כמה כוחות פועלים על המשקולת אחרי שהוכנסה אל המים?

 נוסף על שני הכוחות שנזכרו קודם, שעדיין ממשיכים לפעול, יש כוח נוסף. זה הכרחי, מפני שעכשיו אין איזון בין שני הכוחות המקוריים. כדי שיהיה איזון, חייב לפעול כוח נוסף.

ה. איזה גוף מפעיל את כל אחד מן הכוחות? כיצד אנו יודעים זאת?

 המים מפעילים את הכוח הנוסף, ככוח מגע. שום גוף אחר אינו נמצא במגע עם המשקולות. אין גם שום גוף אחר שמפעיל כוח ממרחק (שלא היה לפני שהכנסנו את המשקולת למים).

ו. מה כיוונו של כל אחד מן הכוחות (במצב שיווי המשקל)?

 כיוון שמד הכוח מורה כי הכוח כלפי מעלה קטן, יש צורך בכוח נוסף כלפי מעלה (שאותו מפעילים המים על המשקולת), כדי להביא את המשקולת לשיווי משקל.

ז. האם גודלו של כל אחד מן הכוחות השתנה כתוצאה מהכנסת המשקולת למים? אם כן – האם הוא גדל או קטן?

 כאמור, מד הכוח מורה כי הכוח האלסטי שהקפיץ מפעיל קטן. הכוח שכדור הארץ מפעיל לא השתנה. הכוח שהמים מפעילים השתנה (שהרי היה אפס ועתה אינו כזה).

**מדידת כוחות במים – דיון כמותי**

נמשיך לדון במערכת מן השאלה הקודמת. לפני הכנסת המשקולת הורה מד הכוח 12ניוטון. לאחר מכן ההוריה הייתה 9 ניוטון.

א. מה גודלו של כל אחד מן הכוחות?

 לפני ההכנסה למים הכוח האלסטי שווה בגודלו לכוח הכובד, מפני ששני הכוחות מאזנים זה את זה. ההכנסה למים לא שינתה את כוח הכובד, אך הקטינה את הכוח האלסטי ל-9 ניוטון (נתון). כדי שיהיה איזון, על המים להפעיל כוח של 3ניוטון כלפי מעלה.

ב. התברר כי הכנסת המשקולת למים גרמה להתקצרות הקפיץ ב-6 ס"מ. חשבו את קבוע הקפיץ. רשמו את תשובתכם בניוטון למטר.

 הכנסת המשקולת למים גרמה להקטנת הכוח האלסטי ב-3 ניוטון ולהקטנת ההתארכות ב-6 ס"מ. מכאן שקבוע הקפיץ הוא (9/6) 1.5ניוטון לס"מ, או 150 ניוטון למטר.

נמשיך לדון במערכת משתי השאלות הקודמות. נגלה לכם עתה כי הניסוי נערך על הירח, שם *g* הוא 1.62 ניוטון לק"ג.

א. חשבו את מסת המשקולת.



 בגלל איזון הכוחות מתקיים , ולכן:

ב. חשבו מה יורה מד הכוח במדידה מקבילה על הארץ.





 .

4. התבוננו בתיאור הגרפי שבו מיוצגים גרפים לשני קפיצים שונים (א ו-ב). לאיזה גרף יש "קבוע קפיץ" גדול יותר? הסבירו כיצד הגעתם למסקנה.

**א**

**ב**

**כוח**

**התארכות**

 שני הגרפים מיוצגים באותה מערכת צירים. קני המידה שלהם בשני הצירים זהים. מן הסרטוט רואים כי לגרף א יש שיפוע גדול יותר, ולכן קבוע הקפיץ שלו גדול יותר.

תשובה חלופית: רואים כי בעבור כל התארכות, קפיץ א מפעיל כוח גדול יותר מאשר קפיץ ב, ולכן זהו קפיץ חזק יותר, בעל קבוע גדול יותר.

 או: רואים כי בעבור כל כוח, התארכות של קפיץ א קטנה יותר, ולכן זהו קפיץ חזק יותר, בעל קבוע גדול יותר.

**I**

**II**

**התארכות**

**כוח**

5. התבוננו בתיאור הגרפי שבו מיוצגים גרפים לשני קפיצים שונים (I ו-II). לאיזה גרף יש "קבוע קפיץ" גדול יותר? הסבירו כיצד הגעתם למסקנה.

 יש לשים לב שזהו גרף של התארכות כנגד כוח (ולא כוח כנגד התארכות). הפעם דווקא שיפוע גדול יותר מייצג קבוע קפיץ קטן יותר.

 תשובה חלופית: רואים כי בעבור כל התארכות, קפיץ I מפעיל כוח קטן יותר מאשר קפיץ II, ולכן זהו קפיץ חלש יותר, בעל קבוע קטן יותר.

 או: רואים כי בעבור כל כוח, ההתארכות של קפיץ I גדולה יותר מזו של קפיץ II, ולכן זהו קפיץ חלש יותר, בעל קבוע קטן יותר.

**התארכות (ס"מ)**

**התארכות (ס"מ)**

**כוח (ניוטון)**

**כוח (ניוטון)**

6. התבוננו בשני התיאורים הגרפיים. מי מהם מתאר קפיץ בעל קבוע גדול יותר?

רואים כי כדי לקיים ההתארכות של 10 ס"מ, הקפיץ שמיוצג בתיאור הגרפי הימני נזקק לכוח רב יותר, ולכן זהו קפיץ חזק יותר, בעל קבוע גדול יותר. במבט ראשון השיפוע של הגרף השמאלי נראה גדול יותר, אך יש לשים לב כי קני המידה של הכוח שונים בשני הגרפים, ולכן אין די במבט ראשון.

**על חשיבות הכיול**

נעמה היא מנהלת מחלקת הכיול במפעל מעולה לייצור מדי כוח. בזמן האחרון עוסקת המחלקה שלה בכיול מכשירי מדידה רבים, שנכללים בעסקה חשובה מאוד, שאמורה להבטיח את עתיד המפעל, כמקום עבודה יציב, ואת שמו הטוב, כמפעל הטוב בעולם לייצור מדי כוח. מנהלת המפעל לוחצת על נעמה להאיץ את תהליכי הכיול, כדי להבטיח את קבלת התשלום במועד. נעמה מתעקשת וטוענת שאין מקום לקיצור תהליכים בשלב הכיול. על מה מבססת נעמה את טענתה?

כל אי דיוק בכיול משפיע אחר כך על כל המדידות שייעשו במכשיר בעתיד. כלומר: אין מדובר בתקלה חד-פעמית, אלא במשהו שגורם לתקלה מתמדת

1. שאלת הרחבה – למעוניינים. [↑](#footnote-ref-1)
2. האם ייתכן שיש יותר משני כוחות שמסתכמים לאפס? בעיקרון כן, אך לא במקרה שלנו כפי שנראה מיד. ברגע שנכניס את המשקולת למים יתקבל מצב שבו שלושה כוחות מסתכמים לאפס. [↑](#footnote-ref-2)