

### שיעור 3 – מחזור ג קבוצה 1

ראינו שצליל מיתרי הגיטרה שונה בין מיתר למיתר, וזיהינו שני דברים שיכולים להשפיע:

1. תכונות המיתר – החומר ממנו הוא עשוי, העובי שלו
2. מתיחות המיתר – נקבעת על ידינו (אפשר לכוון)

התכונות האלה משפיעות על המהירות שבה מתקדם הגל במיתר, וכידוע, המהירות קשורה לתדירות. במיתר נוצר גל רוחב, בעלת תדירות מסוימת. התדירות שבה רוטט המיתר מרעידה את תיבת התהודה (גוף הגיטרה), שמרעיד את האוויר, כלומר יוצר בו גל קול (גל אורך) באותה תדירות של גל הרוחב שבמיתר. זה הצליל שנשמע.

ניזכר בדוגמה של אנשים שעומדים של שפת תהום. ככל שהאנשים קלים יותר, כך קל יותר להזיז אותם. ככל שהכוח ביניהם חזק יותר, כך התנועה תהיה מהירה יותר.

דיברנו על התכונה שנקראת מסה, ויחידות המסה הן קילוגרם [kg], ולפעמים נשתמש ביחידות של גרם [g] לדברים קטנים. גרם הוא אלפית הקילוגרם. המילה קילו פירושה אלף.

$$1[g] = 1000 [kg]$$

מסה מוגדרת לרוב ככמות החומר, אבל ההגדרה הזו יכולה להיות לא מדויקת, כי אפשר לבלבל אותה עם נפח. נפח מתייחס לגודל. שני גושי חומר באותו גודל (נניח, ברזל וקלקר) יכולים להיות בעלי מסה שונה.

ההבדל המהותי בין מסה ונפח הוא, שמסה מתארת כמה קשה לשנות את מהירותו של הגוף, כלומר להזיז אותו או לעצור אותו. יכולים להיות שני גופים בעלי אותו נפח ובעלי מסה שונה, נניח בקבוק מלא באוויר ובקבוק מלא במים. יהיה קשה יותר להרים את הבקבוק בעל המסה הגדולה, כי כוח הכבידה של כדור הארץ פועל עליו חזק יותר. יהיה קשה יותר גם לדחוף אותו או להזיז אותו על גבי השולחן.

ככל שהמסה גדולה יותר, כך דרוש יותר כוח כדי לשנות את מהירות הגוף. את הכוח נסמן באותו  $F$  גדולה (להבדיל מהתדירות שנסמן  $f$  קטנה). שינוי המהירות נקרא תאוצה, ונסמן אותה באות  $a$ . התאוצה היא וקטור (יש לה כיוון), כי היא השינוי במהירות (שגם היא וקטור). גם הכוח הוא וקטור. המסה היא סקלר – אין לה כיוון. את הקשר בין מסה  $M$ , כוח  $F$  (מהמילה Force) ותאוצה  $a$  (מהמילה acceleration) ניתן לכתוב כך:

$$F = Ma$$

הקשר הזה נקרא החוק השני של ניוטון (למעשה זו גרסה פשוטה שלו. את הגרסה המלאה לא נלמד עכשיו). אפשר להבין ממנו שאם יש שני גופים בעלי מסות שונות, ונפעיל עליהם כוחות שווים, נקבל תאוצות שונות: ככל המסה גדולה יותר, התאוצה תהיה יותר קטנה.

המתיחות במיתר היא הכוח שבו מותחים את המיתר.

למה המתיחות משפיעה על מהירות הגל המיתר? כי מדובר בכוח שבו חלקיקי המיתר מושכים זה את זה. כוח חזק יותר יוצר תנועה מהירה יותר.

נדבר על התכונה שנקראת **צפיפות מסה**.

לרוב כאשר מדברים על צפיפות, הכוונה היא לצפיפות מסה נפחית (כמה מסה יש ביחידת נפח, כלומר בגוש של חומר).

צפיפות נפחית היא  $\frac{מסה}{נפח}$ , ונסמן בקיצור  $M$  מסה,  $V$  נפח (מהמילה volume), כלומר  $\frac{M}{V}$ . נשים לב שסימון הנפח הוא באות גדולה ( $v$  קטנה משמשת אותנו לסימון המהירות).

מכיוון שמיתרים הם דקים וארוכים ואין להם צורה של גוש, ומכיוון שכל המיתרים בגיטרה באותו אורך, לא נתייחס לצפיפות נפחית, אלא **לצפיפות אורכית**, כלומר כמה מסה יש בכל חתיכת מיתר בעל אורך מסוים. מקובל להגדיר את צפיפות המסה האורכית כך:

**צפיפות המסה האורכית**  $\rho$  היא מסת המיתר  $M$  מחולקת באורכו  $L$ :

$$\rho = \frac{M}{L} = \frac{\text{מסה}}{\text{אורך}}$$

היחידות הן ק"ג למטר,  $\frac{kg}{m}$  (נסמן ב  $m$  קטנה מטרים וב  $M$  גדולה את המסה)

האות היוונית  $\rho$  נקראת רו' והיא נותנת את הצליל ר' ביוונית.

דוגמה: נחשב צפיפות מסה אורכית של מיתר שמסתו 100 גרם ואורכו מטר. אם נרצה לקבל אותה ביחידות של ק"ג למטר, נכתוב את הגרמים בק"ג, כלומר נחלק ב 1000:  
 $100 [g] = 0.1 [kg]$

המיתר בעל צפיפות מסה אורכית של:

$$\rho = \frac{100 [g]}{1[m]} = \frac{0.1 [kg]}{1 [m]} = 0.1 \left[ \frac{kg}{m} \right]$$

נרצה לחשב מה תהיה המסה של מיתר מאותו חומר, שאורכו 2 מטרים? אפשר להסיק באופן הגיוני שאילו היינו חותכים מאותו סליל מיתר באורך 2 מטרים, מסתו היתה כפולה (200 גרם, או 0.2 ק"ג).

אפשר גם לחשב את  $M$  כאשר נתונים לנו האורך וצפיפות המסה:

$$\rho = \frac{M}{L}$$

נחלץ את המסה  $M$ :

$$M = \rho L = 0.1 \left[ \frac{kg}{m} \right] \times 2[m] = 0.2 [kg] = 200 [g]$$

נשים לב שהיחידות של המטר,  $m$ , הצטמצמו, ונשארו עם יחידות שמתאימות למסה.

למה צפיפות המסה האורכית משפיעה על מהירות הגל? כי ככל שהיא גדולה יותר, כל חתיכה של המיתר בעלת מסה גדולה יותר, יותר קשה להזיז אותה, והגל יתקדם לאט יותר.

השתמשנו בקפיצים למדידת כוח, באמצעות מכשיר שנקרא דינמומטר. שמנו לב כי היחידות שמופיעות עליו הן גם גרם  $[g]$  וגם יחידה נוספת המסומנת באות  $N$ . זוהי יחידה למדידת כוח שנקראת ניוטון. יש קשר בין המסה לבין הכוח. ראינו למשל כי:

גרם $[g]$	ניוטון $[N]$
10	0.1
100	1
200	2

בהמשך נסביר מה הן היחידות האלה וממה הן מורכבות.

הקפיצים מודדים משקל, כלומר את הכוח שבו כדור הארץ מושך את המסה. הם תוכננו כך שיתאימו לכוח המשיכה על כדור הארץ. אילו היינו משתמשות בהם על הירח, הכוח היה קטן יותר, ולכן המדידה לא היתה נכונה. המשקל היה קטן פי 6, מכיוון שכוח המשיכה שם חלש פי 6. המסה כמובן

לא משתנה. מדידה של משקל היא בעצם מדידה של כוח, לא של מסה, אבל מכיוון שיש קשר בין הדברים, אפשר לקבל את המסה מתוך מדידת הכוח.

סיכמנו את הגדלים הפיזיקליים שמוכרים לנו, את הסימונים שלהם ואת היחידות שלהם:

יחידות	סימון	גודל פיזיקלי
מטר m	L	אורך
הרץ $Hz = \frac{1}{s}$	f	תדירות
m/s מטר לשנייה	v	מהירות
מטר m	$\lambda$	אורך גל
ק"ג, גרם kg,g	M	מסה
ניוטון N	F	כוח