

# יורה מדע

גיליון חודשי להלכה, מדע וטכנולוגיה

גיליון 19 – טבת תשפ"ג

## מכשירי שמיעה (א)

### הקדמה

כמעט כל אחד מאיתנו מכיר אדם שנעזר במכשיר שמיעה מסוג כלשהו. הפתרונות עבור סיוע לכבדי שמיעה מתפתחים מדור לדור, וכל חידוש עשוי לעורר שאלות הלכתיות במגוון תחומים. התחומים המרכזיים שבהם נוגעות השאלות הם: שימוש במכשירים אלו עבור מצוות שמתקיימות על ידי שמיעה ושימוש במכשירים אלו בשבת. בסדרת הגיליונות הקרובים, נכיר את מערכת השמיעה ונסקור סוגי מכשירי שמיעה שונים. מתוך היכרות זו, נראה דיונים הלכתיים שונים שבהם דנו הפוסקים במשך התפתחות התחום מדור לדור. בגיליון זה, נכיר בחלק המדעי את מערכת השמע, שבה חנן ה' את בני האדם, וכן נכיר מכשיר מאד פשוט ששימש בעבר לסיוע לכבדי שמיעה – מכשיר ה'חצוצרה'. בחלק ההלכתי נדון בשמיעת שופר באמצעות ה'חצוצרה'. לשם כך, נכיר חלק כמה דיונים בהלכות שופר, שמהם השליכו הפוסקים על שמיעת שופר באמצעות ה'חצוצרה'. דיון זה אמנם אינו מעשי כיום, אך הוא משמש בין היתר בסיס לדיון במכשירי השמיעה בימינו.

### הסבר מדעי

#### מה הוא הקול?

הקול נוצר כרגיל על ידי תנודה מחזורית של עצם, שגורמת לשינויים מחזוריים בלחץ של התווך (חומר) הסמוך לאותו עצם. הקול ממשיך משם הלאה ועובר ממקום למקום בתור גל, דרך החומרים שנמצאים בדרכו. בשונה מגלי האור שעליהם למדנו בגיליון 15, גל קול יכול לעבור רק דרך חומרים ולא דרך וואקום. הקול מתקדם ב'מהירות הקול', שתלויה בחומר שממנו עשוי התווך המוליך את הקול, בלחץ של התווך, בטמפרטורה ובעוד גורמים.

אופיו של הגל תלוי במצב הצבירה של החומר שבו הוא עובר. המעבר של גל קול במוצק הוא נושא מעט מורכב, ולא נתאר אותו במסגרת הגיליון. באוויר, כמו בשאר הגזים והנוזלים, גלי הקול מתפשטים בתור שינויי לחץ מחזוריים המועברים הלאה בתגובת שרשרת (בדומה לאבני דומינו שנופלות בזו אחר זו). אם היינו יכולים 'לצבוע בשחור' את כל המולקולות שבאוויר, ולעצור גל קול באמצע ההתקדמות שלו בתוך צינור ישר שמלא באוויר, היינו רואים משהו דומה לתרשים הבא:

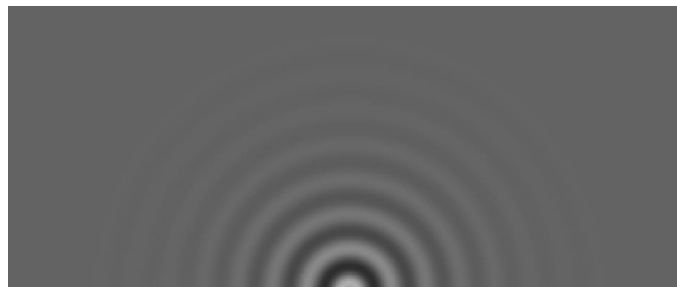


האזורים השחורים הם אזורים שבהם צפיפות החומר מקסימלית, והאפורים הבהירים ביותר הם בעלי צפיפות מינימלית. רמות האפור שבין השחור לבין האפור הכי בהיר מייצגות רמות צפיפות שונות שבין

המינימום למקסימום. כפי שרואים, ערכי הצפיפות חוזרים על עצמם לאורך הגל, כי הם נוצרו מתנודה מחזורית של עצם, כפי שהוזכר לעיל. התרשים שראינו, מייצג התקדמות בכיוון אחד (גל חד-ממדי). אך ברוב המקרים שבהם קול מושמע בחלל פתוח, גל הקול יתקדם לכל הכיוונים (גל תלת-ממדי). בתרשים הבא מוצג גל כזה (בגלל שהתרשים הוא דו-ממדי לא רואים באמת את ההתקדמות לכל הכיוונים, אלא רק בשני ממדים).



תרשים זה הוא רק תרשים עקרוני, שבו רואים התקדמות של שינויי לחץ מחזוריים לשלל כיוונים. נראה ממנו כאילו גם בשטח הנרחב שאליו מגיע הגל (העיגולים החיצוניים, שגדולים בהרבה מאלה הפנימיים) עוצמת הגל ממשיכה להיות כמו בתחילת ההתקדמות (בעיגולים הפנימיים). אך בפועל, משום שאין אנרגיה חינם, האנרגיה שהצליחה ליצור מחזורי שינוי לחץ בשטח קטן לא תצליח ליצור שינויים באותה עוצמה גם בשטח גדול, ועוצמת הגל תדעך. התרשים הבא מייצג את הדעיכה:



בעיגולים הפנימיים ההבדלים בין השחור לאפור הבהיר בולטים. ההבדל מייצג את עוצמת שינויי הלחצים המחזוריים בתחילת התקדמות הגל. אך עם התקדמות הגל, הצפיפות של החומר מושפעת פחות ופחות מגל הקול, והיא נהיית אחידה. הצבע האפור הכהה בצדדי התרשים, מייצג צפיפות ממוצעת וקבועה. הגל שמגיע לשם אינו מצליח ליצור איזורי צפיפות גבוהה (שמסומנת בצבע שחור), ולא אזורי צפיפות נמוכה (שמסומנת באפור בהיר). לכן האוויר יישאר ברמת הצפיפות הרגילה שלו. דעיכה זו היא הסיבה שאי אפשר לשמוע קולות המגיעים אלינו ממרחק רב.

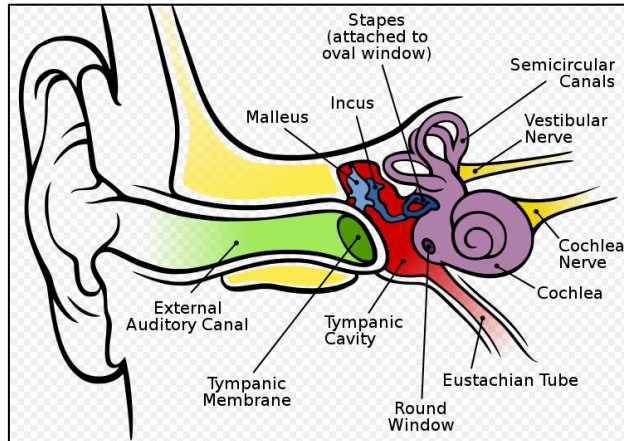
### תדרי גלי הקול

גל קול 'טהור', נוצר על ידי תנודות מחזוריות שמתאימות לפונקציה סינוס (sine), שהיא פונקציה שמופיעה בתופעות טבע רבות. התדר (קצב) של התנודות הללו, יגדיר את תדר הגל, ויקבע ה'ציליל' שישמע לנו אם הגל הזה יגיע לאוזננו. גל בעל תדר גבוה ייצור אזורי לחץ מקסימלי ומינימלי צפופים יותר בתווך שבו הוא מתקדם.

את תדר הגלים מקובל למזוז ביחידה 'הרץ', שפירושה מחזור לשנייה. לדוגמה: גל קול בעל תדר 40 הרץ, נוצר מתנודה המתאימה לפונקציה סינוס, שחזרה על עצמה 40 פעם בשנייה, וגם יניד את עור התוף שבאוזן בקצב דומה, אם יגיע אליו. כאשר מדברים על תדרים בעלי מחזור מהיר יותר מ-1000 פעמים לשנייה, מקובל להשתמש גם ביחידה 'קילו-הרץ' שפירושה אלף הרץ, או אלף מחזורים לשנייה. לדוגמה: גל קול בעל תדר 3 קילו-הרץ נוצר מתנודה מחזורית המתאימה לפונקציה סינוס, שחזרה על עצמה 3000 פעם בשנייה. בפועל, כמעט כל קול שאנו שומעים סביבנו אינו מורכב מגל בעל תדר יחיד ('טהור'), אלא מגל הבנוי מכמה תדרים. זאת משום שהנתונים הפיזיקאליים של כלי נגינה, מערכת הדיבור ומשמיעי קול נוספים אינו מאפשר יצירת גל בעל תדר בודד.

## מערכת השמיעה האנושית

בתרשים הבא<sup>1</sup> מוצגת מערכת השמיעה האנושית:



מקובל לחלק את המערכת לשלושה חלקים:

- האוזן החיצונה – כוללת את אפרכסת האוזן (החלק הנראה מחוץ לגוף), האוספת את גלי הקול מהסביבה לתוך האוזן ואת תעלת השמע (צבועה בירוק בהיר בתרשים) שדרכה גלי הקול עוברים מהאפרכסת אל עור התוף<sup>2</sup> (שמופיע בתרשים כעיגול בצבע ירוק כהה). מבנה התעלה מאפשר העברה מיטבית של גלי קול בעלי תדרים שבין 2 קילו-הרץ ל-4 קילו-הרץ<sup>3</sup>, אך גם תדרים גבוהים או נמוכים מטווח זה נקלטים במערכת השמיעה. בשיא התפקוד, האוזן רגישה לתדרים שבין 50 הרץ ל-20 קילו-הרץ. גלי הקול (המורכבים משינויי לחץ מחזוריים) מגיעים לעור התוף ומנידים אותו (לחץ נמוך 'מושך' אותו, ולחץ גבוה 'דוחף' אותו).
- האוזן התיכונה – היא חלל (הצבוע באדום בתרשים) המכיל את שלוש עצמות השמע: הפטיש הסדן והמשוורת<sup>4</sup> (צבועות בשלשה גוונים של כחול בתרשים). עצמות אלו מעבירות את תנודות עור התוף ליחלון האובלי (בעל צורת אליפסה) שבכניסה לשבלול שבאוזן הפנימית.
- האוזן הפנימית (צבועה בסגול בתרשים) – מכילה את איבר שיווי המשקל<sup>5</sup>, הנמצא בחלקה העליון ומורכב משלוש לולאות, ואת השבלול (קוקלאה - cochlea) הנמצא בחלקה התחתון. החלון האובלי שבכניסה לשבלול מתנווד, בעקבות תנודות עור התוף המועברות אליו דרך עצמות השמע. הוא מעביר את גל הקול אל נוזל, שממלא את התעלה הספירלית דמוית השבלול. באחת מדפנות התעלה נמצאות 'שערות', שמתנוודות בעקבות גל הקול העובר בה. כל שיערה כזו רגישה בעיקר לגלים בעלי תדר מסוים<sup>6</sup>. תנודת כל שיערה גורמת לאות חשמלי המועבר ממנה דרך עצב אל המוח. המוח מקבל בכל רגע נתון סדרת אותות המייצגים את עוצמתו של כל תדר מתוך התדרים שמרכיבים את הקול שהגיע<sup>7</sup>, כל אות כזה – משערה שרגישה לתדר ספציפי ייחודי לה.

ציליל עילי (אובר-טון)

<sup>1</sup> התמונה הועתקה לפני כמה שנים מאתר ויקיפדיה באנגלית, ערך 'Auditory system'. כיום היא כבר לא נמצאת שם, ואין לי לעת עתה מידע לגבי זכויות היוצרים שלה.  
<sup>2</sup> נקרא גם 'תופית'.  
<sup>3</sup> יש מקורות שנותנים גבולות שונים לאזור התדרים המועבר בצורה הטובה ביותר. בנוסף, כנראה שטווח זה, של התדרים המועברים בצורה הטובה ביותר, משתנה עם הגיל, בעקבות השינוי באורך תעלת האוזן החיצונה.  
<sup>4</sup> נקראת גם 'ארכובה' או 'ארכוף'.  
<sup>5</sup> מכאן הקשר בין "אוזן" לבין "איזון".  
<sup>6</sup> הסיבה לכך שכל שיערה רגישה בעיקר לתדר מסוים היא מורכבת, ולא תוכל להיות מוסברת במסגרת הגיליון. מי שמעוניין להבין לתופעה זו, מוזמן לעיין בספר שהזכרתי בסוף ההסבר המדעי, ולהחכים. כמו כן, דיון נרחב בתופעה זו (באנגלית), נמצא בדף זה: <https://physics.stackexchange.com/questions/174082/physics-of-how-the-cochlea-isolates-frequencies-along-its-length>  
<sup>7</sup> במושגים מתמטיים-הנדסיים, השבלול מבצע 'פירוק לטור פורייה' לקול שמגיע אליו.

כדוגמה להבחנה שהמוח עושה בין סדרות שונות של אותות חשמליים המגיעים אליו, נסביר איך המוח מבדיל בין צלילים דומים שנוצרים על ידי כלי נגינה שונים. כאשר כלי נגינה מייצר צליל מסוים (לדוגמה: C1 – שהוא התו 'דו' הכי נמוך שיש בפסנתר), הוא אינו מייצר גל בעל תדר בודד שמתאים לצליל (בדוגמה לעיל: 32.7 הרץ), אלא גל שמכיל בנוסף לתדר הזה גם כפולות של שלמות אותו תדר (פי 2 – 65.4 הרץ, פי 3 – 98.1 הרץ, וכו'). כל כפולה כזו בעלת עוצמה אחרת ביחס לתדר הבסיסי.

כל כלי נגינה, בהתאם לפיזיקה שלו, מייצר את הכפולות הללו בעוצמות שונות יחסית לעוצמת התדר הבסיסי. כשהמוח מקבל 'דו' מכינור, סדרת האותות החשמליים שמגיעה למוח, ומייצגת את עוצמות התדרים השונים שמרכיבים את הגל, תהיה שונה מאשר הסידרה שתיווצר על ידי 'דו' מחליל. לכל צליל כזה יפיק המוח תחושת שמיעה ('גוון') ייחודית לו. עם ניסיון החיים, האדם לומד לשייך את הצליל הייחודי לכל כלי אל הכלי שמייצר אותו.

### מכשיר השמיעה הראשון – ה'חצוצרה'

ההתקן הראשון שנוצר כדי לסייע לכבדי שמיעה היה נקרא 'חצוצרה', משום שהוא נראה כמו החצוצרה המשמשת ככלי נגינה. הוא כנראה התחיל להיות מיוצר בצורה מלאכותית לפני 350 עד 400 שנה, אך עוד לפני כן, היו כבדי שמיעה שהשתמשו בקרני חיות חלולים (מעין שופרות) באופן דומה. מימין אפשר לראות תרשים<sup>8</sup> שמכיל שרטוטים של כמה דגמי חצוצרת שמיעה. כדי לשמוע באמצעות מכשיר זה, יש להכניס את הפתח הצר של החצוצרה לתוך האוזן, ולכוון את הפתח הגדול לכיוון שממנו בא הקול שהמשתמש מעוניין לשמוע.



הרעיון שעומד בבסיס ההתקן הוא, שגלי הקול מתפזרים באוויר, וכפי שראינו, העוצמה שלהם הולכת וקטנה עם התקדמותם. אם 'אוספים' גלי קול מאזור נרחב, ודואגים שיגיעו אל תוך האוזן של כבד-השמיעה, הוא יקבל אנרגיית קול גבוהה יחסית ויוכל לשמוע יותר טוב.

עבור מי שאינו כבד שמיעה, אפרכסת האוזן עושה את התפקיד הזה מספיק טוב, אך עבור כבדי שמיעה יש צורך 'לאסוף' יותר גלי קול, כדי להביא לכיוון האוזן אנרגיה יותר גדולה של קול.

קורה לפעמים, שאדם המתקשה לשמוע מניח את כף ידו מאחורי אזנו כך שהיא מקיפה את אפרכסת האוזן. למעשה, בפעולה זו הוא משיג את אותה התוצאה שגורמת חצוצרת השמיעה, אך בצורה פחות איכותית. בדורות האחרונים, עם כניסת מכשירי השמיעה החשמליים לשוק, מוצר זה התייתר, אך השימוש ברעיון הפיזיקאלי שלו נמצא בסטטוסקופ – המשמש רופאים להאזנה לפעימות הלב של המטופל. ראש הסטטוסקופ המוצמד לגוף המטופל עשוי בצורת קונוס (חרוט) ש'אוסף' גלי קול משטח מסוים אל תוך צינור שמוליך את גלי הקול לאוזנו של הרופא.

בכתיבת ההסבר המדעי נעזרתי בין השאר באתר ויקיפדיה (בעברית ובאנגלית) ובספר

גלים ואופטיקה של פרופ' עודד אגם, בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה, טבת תשעט (כרך

א, פרק 3, נספחים ב-ג).

## דיון הלכתי

### סוגיית קול הברה

במשנה במסכת ראש השנה (דף כז, ע"ב) נאמר:

התוקע לתוך הבור או לתוך הדות (חדר קטן הבנוי בצורת בור<sup>8</sup>) או לתוך הפיטס (חבית גדולה), אם קול שופר

שמע – יצא, ואם קול הברה (הד) שמע – לא יצא.

הגמרא (שם) מביאה סיוג של רב הונא להלכה זו:

<sup>8</sup> מתוך ויקיפדיה באנגלית, ערך 'Ear Trumpet'.

<sup>9</sup> בביאור הלכה (סימן תקפז, סעיף א, ד"ה 'או בתוך') ובכף החיים (סימן תקפז, ס"ק ב) עסקו במבנה המדויק של הדות.

אמר רב הונא: לא שנו אלא לאותן העומדים על שפת הבור, אבל אותן העומדין בבור יצאו. תניא נמי הכי (ברייתא ממנה מוכחת שיטתו של רב הונא): התוקע לתוך הבור או לתוך הדות יצא, והתנן לא יצא? (והרי במשנה ראינו שלא בכל מקרה יצא ידי חובתו?) אלא לאו – שמע מינה כדבר הונא, שמע מינה. (התירוץ המחויב לסתירה בין הברייתא למשנה הוא שהברייתא דיברה על אלה שבתוך הבור, שיצאו ידי חובה, כדברי רב הונא, ומכאן מוכחת שיטתו)... בקריאה פשוטה נראה, שאם אדם עומד בתוך הבור הוא יצא ידי חובה אף אם שמע קול הברה. אם לא נאמר כך, לכאורה לא יהיה הבדל בין העומד בבור לבין העומד מחוץ לבור – שניהם יצאו אם שמעו קול שופר ושניהם לא יצאו אם שמעו קול הברה.

אך רש"י (שם, בד"ה 'אותן העומדין') שולל אפשרות זו. הוא מסביר שהעומד בתוך הבור שומע בכל מצב קול שופר ולא קול הברה. לפי דבריו, נראה שיש לפרש את ההבדל בין שמיעה בבור לשמיעה מחוץ לבור כך: השומע מחוץ לבור חייב לוודא ששמע קול שופר, אך השומע בתוך הבור יכול להיות סמוך ובטוח ששמע קול שופר<sup>10</sup>. נראה שכך הבין גם הרמב"ם (הלכות שופר, פרק א, הלכה ח) את הסוגייה.

הרא"ש (ראש השנה, פרק ג, סימן ח) אומר שאדם העומד מחוץ לבור לא יכול לדעת מתי שמע קול הברה ומתי שמע קול שופר, ולכן בכל מקרה לא יצא ידי חובה. הוא מבאר שרב הונא לא בא לסייג את דין המשנה, אלא לפרש אותה. פירוש המילים "אם קול שופר שמע" הוא: אם עומד בתוך הבור, ופירוש המילים "אם קול הברה שמע הוא: אם עומד מחוץ לבור<sup>11</sup>.

הבית יוסף (או"ח, סימן תקפז) מקשה על הרא"ש, וסובר שאדם יכול להבחין בין קול הברה לקול שופר. בשלחן ערוך (שם, סעיף א) הוא פוסק כדעת הרמב"ם.

### פירוש הביטוי 'קול הברה'

הביאור הלכה (סימן תקפז, סעיף א, ד"ה 'ואם קול') כותב שהט"ז סובר שקול הברה הוא קול לא ברור מספיק. לעומתו, מביא הביאור הלכה הוכחות שמדובר על הד, אך להלכה הוא חושש לדעת הט"ז, ומבאר שהמושג 'קול הברה' הוא שם כללי לקול שלא נשמע טוב, בין אם הוא משום ערבוב של הד, ובין אם הוא מסיבה אחרת<sup>12</sup>.

### תקיעה בשני שופרות

בסוגיות שונות במסכת ראש השנה, נראה שקול התקיעה צריך לבוא מכוח שופר אחד, ולא יותר. נציין כמה מקורות שבהם עיקרון זה מופיע:

- כך נראה מדברי אביי (בדף כו, ע"א): "שופר אמר רחמנא ולא שנים ושלשה שופרות".
- כך מסביר המאירי (בדף כז, ע"א, ד"ה 'המשנה החמישית') את ההלכה: "שופר שנסדק ודיבק פסול".
- כך מסביר רש"י (בדף כז, ע"א, ד"ה 'פסול') את ההלכה: "דיבק שברי שופרות פסול".
- כך מסבירים התוספות (בדף כז, ע"ב, ד"ה 'אם') את ההלכה: "נתן שופר בתוך שופר, אם קול פנימי שמע (והחיצוני לא היה אלא כקופסה המקיפה את השופר הפנימי הפעיל) – יצא, ואם קול חיצון שמע (ולמעשה חלק מהנשיפה עברה גם דרך השופר הפנימי) – לא יצא."

<sup>10</sup> נראה שכך גם הבין הרא"ש (פרק ג, סימן ח) את שיטת רש"י.

<sup>11</sup> הריטב"א (ראש השנה, דף כז, ע"ב, ד"ה 'אם קול שופר' וד"ה 'אמר רב הונא') מפרש פעם כרש"י ופעם כשיטת הרא"ש.

<sup>12</sup> בקובץ תחומין (כרך לו, עמ' 196) מופיע מאמר של הרב דוד מטס והרב פרופ' דרור פיקסלר, ובו הם מציעים הגדרה מדעית לתופעת 'קול ההברה'. כמו שראינו בהסבר המדעי, כל כלי נגינה מייצר גל קול בעל תדר בסיסי ותדרים נוספים שהם כפולות שלמות של התדר הבסיסי. בניסויים שערכו מחברי המאמר, הם הראו שבחדר שבו יש הרבה הד, התדר הבסיסי של השופר נפגע בצורה משמעותית הרבה יותר משאר התדרים. עם זאת, אי אפשר להוציא מהמדידות ערכים ספציפיים שיגדירו את ההבדל בין קול שופר כשר לבין קול הברה פסול.

בסוף המאמר מופיע משא ומתן קצר בין הרב ישראל רוזן זצ"ל לבין (ייבדלו לחיים) המחברים הי"ו, בשאלה: עד כמה ניתן להשליך מהניסויים על הגדרות הלכתיות. נראה שגם המחברים מסכימים שבסופו של דבר מה שקובע הוא חוש השמיעה הטבעי, אך הם ניסו לתת הגדרה מדעית למה שגורם לאנשים לשמוע את קול ההברה שונה מהקול המקורי. להצעה המופיעה במאמר יש השלכות ההלכתיות לגבי הדיון על שמיעת שופר באמצעות מכשירים אלקטרוניים, שבהם נדון בגיליונות הבאים. לגבי מכשיר החצוצרה יהיה קשה יותר להשליך ממסקנות המאמר, משום שמכשיר זה אינו מצוי כדי לבדוק את ההשפעה שלו על תדרי הקול של השופר.

נראה שהחיסרון בתקיעה משני שופרות הוא מהותי, ולא משום קושי בשמיעה, כי הגמרא בראש השנה (דף כז, ע"א) מסבירה שאפשר לשמוע שופר בזמן שחצוצרה תוקעת במקביל אליו. מדברי הריטב"א (ראש השנה, כז, ע"א, ד"ה 'דיבקי') נראה שזו גזירת הכתוב.

### שמיעת קול שופר באמצעות ה'חצוצרה'

בשו"ת הלכות קטנות (חלק ב, סימן מה) נשאל האם כבד שמיעה המשתמש ב'חצוצרה' חייב בתקיעת שופר, או שהוא נחשב כחרש שפטור. הוא עונה שכל עוד הוא מסוגל לשמוע ברמה מסוימת אין דינו כ'חרש' הפטור ממצוות שופר. רק מי שאינו מסוגל לשמוע כלל דינו כחרש. כדבריו כתבו עוד פוסקים ידועים<sup>13</sup>.

הוא מוסיף הוכחה לתשובתו, וממנה אפשר להשליך על קיום מצוות באמצעות ה'חצוצרה'. במסכת סוכה (דף לו, ע"א) מופיעה דעתו של רבא (שגם נפסקה להלכה), שנטילת לולב כאשר בגד מפסיק בין הלולב לידו נחשבת נטילה כשרה, משום ש"לקיחה על ידי דבר אחר שמה לקיחה". מכך לומד בעל הלכות קטנות, שגם שמיעה על ידי דבר אחר (מכשיר החצוצרה) נחשבת שמיעה. מדבריו נראה שלא רק שהמשתמש בחצוצרה נחשב כשומע המחויב במצוות שופר, אלא אף יכול לצאת ידי חובת המצווה בשמיעה הנעשית באמצעות החצוצרה<sup>14</sup>.

בספר חיי אריה<sup>15</sup> (חלק א, סימן ל) מביא את דברי ההלכות קטנות, ומעיר על דבריו שתי הערות:

- א. מעיון בדברי התוספות במסכת סוכה (דף לו, ע"א, ד"ה 'דבעינא') ובמסכת זבחים (דף כד, ע"א, ד"ה 'הואיל') עולה שדווקא כשכורך דבר סביב הלולב נטילתו כשרה, למרות שהיא על ידי דבר אחר. אך כשכורך את ידו בדבר מה, אין הוא יוצא ידי חובת נטילת לולב. הכנסת החצוצרה לאוזן דומה יותר לכריכת דבר סביב היד ולא סביב הלולב, ולכן אינה יכולה לשמש כעזר עבור שמיעת השופר.
- ב. בשו"ת בן ליואי (שנכתב על ידי סבו של הרב חיי אריה) כתב, שמעשה המצוות צריך להיעשות בדרך הטבעית, ולא באמצעות מכשירים שונים. הוא כותב זאת לעניין הכנת מצה במכונה ידנית<sup>16</sup>, ומדבריו לומד החיי אריה לדין שמיעת שופר.

נראה שיש מקום לתרץ את קושיות החיי אריה על ההלכות קטנות בדרכים הבאות:

- א. טענתו הראשונה של החיי אריה אינה מוסכמת. לפי כמהראשונים אין פסול בכריכת דבר מה סביב היד<sup>17</sup>.
- ב. טענתו השנייה של החיי אריה (בשם שו"ת בן ליואי) גם היא לכאורה שנויה במחלוקת. לפי דברי קדשו, אין אפשרות לקיים מצוות בעזרת מכשיר עזר שונים, כמו לדוגמה משקפיים. אך ישנם כמה מגדולי האחרונים שהתירו את השימוש במשקפיים עבור קיום מצוות. ביניהם: שו"ת קול גדול (סימן נ השני), שבות יעקב (חלק א, סימן קכו), ערוך השלחן (אבן העזר, סדר חליצה, סעיף א) ותפארת ישראל על מסכת נגעים (בועז, פרק ב, אות ד).<sup>18</sup>

<sup>13</sup> שו"ת הרא"ש (כלל פה, סימן ג), שלחן ערוך (חושן משפט, סימן רלה, סעיף יט), שו"ת קול גדול (סימן נ השני), פרי חדש (אבן העזר, סימן קכא), שו"ת חתם סופר חלק ד (אבן העזר ב) סימן צב ועוד.

<sup>14</sup> לולב הוכחה זו, היה מקום לומר שאדם זה אינו חרש, כי אזנו מצליחה לקלוט גלי קול בעוצמה כל שהיא, אך כדי לצאת ידי חובת מצוות שופר, הוא יצטרך להצמיד את אזנו לשופר, ולא להשתמש בחצוצרה. שנכתב על ידי הגאון רבי חיים אריה ליבש הלוי איש הורוויץ בן רבי שאול.

<sup>15</sup> עד כמה שידוע לי, בזמן שנדפס שו"ת בן ליואי (שנת תרכ"א) לא הייתה מכונת מצות חשמלית.

<sup>17</sup> ראשית, אציין שמדברי התוספות במסכת סוכה נראה (לעני"ד), שלקיחה על ידי דבר אחר היא מצב שבו האדם כרך דבר מה על ידו, בשונה ממה שנראה מהתוספות במסכת זבחים. גם בר"ן על הרי"ף (סוכה, דף יח, ע"א – בדפי הרי"ף, ד"ה 'לא לינקוט') ובהגהת אשרי על הרא"ש (סוכה, פרק ג, סימן כד, הגהה שניה) נראה שאין בעיה לכרוך דבר מה סביב היד וליטול כך את הלולב (עיי"ן שם). מדברי התוספות בפסחים (דף נו, ע"א, ד"ה 'דכריד') נראה, שאם הדבר הנוסף מסייע בקיום המצווה, הוא לא מהווה בעיה. רק תוספת שאינה מסייעת במאומה מהווה בעיה. אם כן, לדבריהם נראה שאין בעיה בשמיעה באמצעות חצוצרה. גם בדברי השלחן ערוך (או"ח, סימן תרנא, סעיף ז) נראה שאין הבדל מהותי בין כרך ידו לכרך את הלולב.

<sup>18</sup> ההוכחה המרכזית המובאת בדברי חלק מפוסקים אלו לדין זה, היא מהאיסור לקרוא קריאת שמע מול ערוה שמכוסה בעשית זכוכית. מהלכה זו הם לומדים שראייה דרך זכוכית נחשבת ראייה, ולכן אפשר לראות דרך משקפיים. לימוד זה מעשית למשקפיים אינו מובן מאליו. העשית אינה מעניקה את היכולת לראות, אלא במקרה הכי גרוע מפריעה מעט לעיניים לראות, אך המשקפיים מסייעות לעיניים לראות, כך שהראייה באמצעותן אינה טבעית לחלוטין אלא נסמכת על כלי עזר. בשו"ת שבות יעקב (חלק א, סימן קכו) עמד על קושי זה, ואמר שבכל זאת המנהג להסתמך על ראייה דרך משקפיים כראייה גמורה (ואף כתב בחריפות כנגד מי שרוצה לערער על המנהג).

בעל ספר תורת חיים על השלחן ערוך (סימן תקפט, ס"ק ב) סובר ששמיעה על ידי חצוצרה פסולה, כי כאשר הקול של השופר עובר דרך החצוצרה, והיא משתתפת ביצירת הקול שמגיע לאוזן, הדבר דומה לקול הברה. נראה שהוא סבר שהבעיה בקול ההברה היא ערבוב של רכיב שאינו קול השופר המקורי, בין אם הרכיב הזה הוא הד שחוזר מדפנות הבור ובין אם הוא השינוי שמוסיפה החצוצרה. גם בשו"ת התעוררות תשובה (חלק א, סימן עט) חשש ששמיעה על ידי קנה חלול פסולה משום קול הברה. נראה על פניו שכוונתו לחצוצרת השמיעה או למכשיר דומה, אך אין בדבריו פירוט של הסיבה לפסיקה זו. אפשר שגם הוא סבר כדברי התורת חיים, ואפשר שהוא חשש שמא קול השופר מפתח הד בעברו בתוך החלק המוארך והסגור<sup>19</sup>.

בהגהות בעל לבושי מרדכי על ספר קצה המטה<sup>20</sup> (סימן תקפט) תיאר, שהרוצה לדבר למשתמש בחצוצרה צריך לדבר ממש לתוך הפתח הרחב של החצוצרה. לכן, גם התוקע יצטרך להצמיד את השופר לפתח החצוצרה, ואולי התקיעה תיפסל כמו תקיעה בשני שופרות.

המשנה ברורה (סימן תקפט, ס"ק ד) פסק שהשומע על ידי חצוצרה חייב בתקיעת שופר. על פניו נראה שהוא מתיר אף את שמיעת השופר בפועל באמצעות החצוצרה. גם כף החיים (סימן תקפט, ס"ק יג) פסק שהשומע על ידי חצוצרה חייב בתקיעת שופר. נראה כמעט במפורש שהוא מתיר שמיעה באמצעות החצוצרה, כי הביא בתור מקור לפסק זה את שו"ת הלכות קטנות. גם בחזון עובדיה (פורים, עמוד נה) הביא את דברי ההלכות קטנות להלכה<sup>21</sup>.

## סיכום

הקול נוצר על ידי עצם המתנוודד, ויוצר שינויי לחץ מחזוריים בסביבתו. שינויי לחץ אלה מתקדמים בתור גל, וכשמגיעים לאוזן הם נשמעים לאדם כצלילים וקולות. עם התקדמות הגל עוצמתו דועכת, ולכן קשה לשמוע קולות מרחוק. גל קול מכיל כרגיל שינויים מחזוריים בעלי תדרים (קצבים) שונים. כשגל הקול מגיע לאוזן, הוא מניד את עור התוף. תנודות אלה מועברות אל השבלול שבאוזן הפנימית, שבו יש שערות הרגישות כל אחת בעיקר לתדר מסוים. כל שיערה כזו שולחת אות חשמלי למוח בהתאם לעוצמת התדר שהיא רגישה לו, וכך המוח מקבל סדרת אותות שמלמדות אותו על התדרים שמרכיבים את גל הקול שהגיע. המוח מתרגם את הסדרות השונות לצלילים וקולות שכל אחד מותאם לסדרת אותות מסוימת. עם השנים, האדם לומד להתאים כל צליל וקול כזה למקור האופייני שלו. כלי נגינה מייצרים גלים שיש בהם תדר בסיסי, ותדרים נוספים שהם כפולות של התדר הבסיסי. לכל כלי יש סדרה אופיינית של כפולות כאלה, וכך האדם מבדיל בין הכלים השונים. מכשיר השמיעה הראשון היה נקרא 'חצוצרה', וגם היה נראה כמו חצוצרה. הרעיון שעמד בבסיסו הוא איסוף גלי קול רבים מאזור נרחב, אל תוך אוזנו של המשתמש. בעל הלכות קטנות סובר שאפשר לשמוע קול שופר באמצעות מכשיר החצוצרה. אך יש אחרונים שחולקים עליו מכמה טעמים:

א. מדובר על שמיעה באמצעות דבר אחר, בצורה שאינה מועילה לפי התוספות במסכת זבחים.

ב. מדובר על שמיעה לא לגמרי טבעית.

ג. אולי שמיעה בצורה כזו יכולה להיחשב ל'קול הברה' הפסול בשמיעת שופר.

ד. אולי תקיעה לתוך החצוצרה תיחשב כתקיעה בשני שופרות שאינה כשרה.

עם זאת, המשנה ברורה, כף החיים וחזון עובדיה הביאו להלכה את דברי בעל הלכות קטנות.

<sup>19</sup> כעין זה מופיע בשו"ת מנחת שלמה (חלק א, סימן ט, הערה 2) בשם פרופ' אברהם הלפרין. יש לציין, שחשש זה לכאורה נתון במחלוקת הפוסקים, שהובאה בספר כף החיים (סימן תקפז, ס"ק ז), האם העומד בתוך בור, ושמע תקיעה מחוץ לבור יצא ידי חובה צריך לחשוש לקול הברה.

<sup>20</sup> ספר קצה המטה הוא פירוש והערות על ספר מטה אפרים. הוא נכתב על ידי הגאון רבי חיים צבי עהרענרייך.  
<sup>21</sup> יש לציין, שהגרע"י זצ"ל עוסק שם בהלכות מגילה ולא בשופר, אך נראה שהוא מקבל לחלוטין את דברי ההלכות קטנות.

# כתובים על ספר

סקירת ספרים וחיבורים בנושאי הלכה, מדע וטכנולוגיה

(המידע ההלכתי במדור זה אינו בא כהוראת הלכה למעשה)

## מאורי אש

### הרב שלמה זלמן אויערבאך

ספר חזון איש, שבו הופיע חידושו – שסגירת מעגל דינה כבונה, הגרש"ז התכתב איתו בעניין זה), האם סגירת מעגל היא גרמא (הגרש"ז סובר שהיא נחשבת למעשה ולא לגרמא, בשונה מפוסקים שטענו שסגירת המעגל אינה יוצרת זרם אלא רק מאפשרת לזרם להתרחש, ולכן דינה כגרמא) ודיונים שונים לגבי שעון שבת.

בשנים האחרונות הודפס הספר על ידי מכון אוצרות שלמה, במהדורה מיוחדת, שבה נוספו דברים רבים: התכתבויות של הגרש"ז סביב דבריו בספר, ריכוז של הרבה מתורת הגרש"ז בנושאי חשמל וטכנולוגיה וחלק בשם 'קרני אורה' שסוקר

בצורה שיטתית נושאים בחשמל וטכנולוגיה הן מהצד ההלכתי והן מהצד המדעי תוך דגש על שיטתו ההלכתית של הגרש"ז אויערבאך.

הספר זמין באוצר החכמה (גם במהדורה החדשה) ובאתר Hebrew Books.

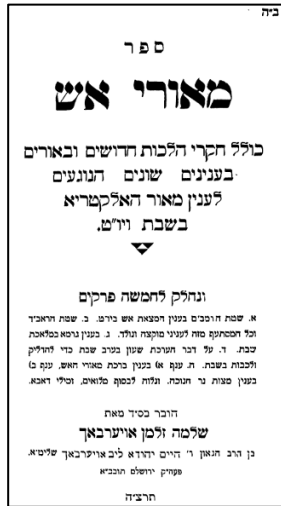
הגאון רבי שלמה זלמן אויערבאך נחשב כ'מרא דשמתא' בנושאי הלכה וטכנולוגיה. הרבה מהעוסקים בנושאים אלו בדור הקודם ובדורנו

הם תלמידיו, או לפחות היו מתייעצים עמו ועם תלמידיו רבות.

מתוך מכתב שכתב הגרש"ז אויערבאך לחזון איש (ונדפס במנחת תנינא סימן כה), אנו לומדים שהוא נכנס לעובי הקורה של סוגיה זו, בעקבות שאלת אמו על השימוש במכשיר השמיעה שלו נזקקה, בשבת ובחג.

החיבור הראשון שלו בעניין זה, וכנראה גם החיבור הגדול הראשון שנכתב בנושא, היה הספר מאורי אש, שנדפס בשנת תרצה בירושלים.

חלק גדול מהספר עוסק במעמדם ההלכתי של ההדלקה והכיבוי של חוטי להט בשבת ויום טוב, אך הוא עוסק גם בדיונים שנוגעים בכל הדלקת מכשיר או סגירת מעגל. ביניהם: האם בהדלקת נורה יש איסור עשיית כלי (הגרש"ז סובר שאין איסור כזה, וכשנדפס לאחר יותר מעשר שנים



הגיליון נערך בס"ד בידי אליעזר טויק להערות, לתגובות ולקבלת העלון בדוא"ל:

halacha.tech@gmail.com

יורה מדע  
הלכה, מדע וטכנולוגיה