

יעקב אריאל ויוסף ישורון

מוליכי-על בהלכות שבת

חומרים מוליכי-על עשויים להוליך זרם חשמלי ללא כל התנגדות. חומרים אלה, בניגוד למוליכי החשמל הרגילים, אינם מתחממים כלל בעת שעובר בהם הזרם. לחומרים מוליכי-על יש תכונה ייחודית נוספת: הם דוחים שדות מגנטיים. משום כך אפשר להדגים בחומרים אלה "ריחוף מגנטי": מגנט ירחף מעל מוליך-העל בגלל כוח הדחייה בין השניים המנוגד לכיוון של כוח הכובד. הגילוי של חומרים מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות פותח פתח ליישומים טכנולוגיים חדשים, המבוססים על תכונות אלה ועל תכונות אחרות המייחדות את מוליכי-העל. מטרתו של מאמר זה היא לפתוח דיון בשאלות הלכתיות הצפויות להתעורר מיישומים טכנולוגיים שבהם מעורבים מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות. המאמר עצמו מתמקד בשאלות הקשורות בשימוש אפשרי של מוליכי-על במעגלים חשמליים בשבת, ובמושגים של "מוליד זרם" ו"בונה" במעגלים אלה.

הקדמה

כדי להעביר אנרגיה חשמלית ממקום למקום משתמשים, בדרך-כלל, במתכות מוליכות חשמל, למשל בנחושת. לכל מוליכי החשמל יש "התנגדות חשמלית", כלומר התנגדות מסוימת למעבר הזרם החשמלי דרכם (ראה טבלת המושגים הטכנולוגיים). כדי להתגבר על ההתנגדות החשמלית יש להשקיע אנרגיה. מקור האנרגיה עשוי להיות מצבר (בטריה) שבו נוצרת האנרגיה בתהליכים כימיים, או גנרטור המייצר את האנרגיה בתהליכים אלקטרומגנטיים (כמו בדינמו של האופניים או בגנרטורים של חברת החשמל המספקים את האנרגיה לצריכה ביתית). באופן סכימטי אפשר לתאר את המעגל החשמלי כך: האלקטרונים מקבלים אנרגיה במצבר או בגנרטור, והם מנצלים את כל האנרגיה הזו כדי להתגבר על ההתנגדות של רכיבי המעגל החשמלי שבו הם יעברו עד הגיעם חזרה למקור המספק אנרגיה, שם הם מקבלים אנרגיה מחדש, וחוזר חלילה. התנועה של המטענים החשמליים מכונה "זרם חשמלי". כאמור, הזרם החשמלי "משקיע" אנרגיה כדי להתגבר על ההתנגדות החשמלית. השקעת האנרגיה הזו מתבטאת בהתחממות של הנגד. החום הנוצר כנגד מנוצל לשימושים טכנולוגיים רבים: כך למשל: הזרם הזורם כנגד שכנוורה גורם להתחממותו עד כדי התלהטות, והנגד הלוהט מפיץ אור;

הנגד המתחמם במגהץ, או בתנור אפייה, גורם לחימום של סכיכתו הקרובה ומאפשר גיהרון, אפייה, חימום וכו'. דוגמאות אלה ממחישות מצבים שבהם ההתנגדות במעגל החשמלי רצויה, כיוון שהיא מאפשרת לנו לנצל את האנרגיה שהזרם החשמלי קיבל בכטריה. עם זאת, יש מצבים רבים שבהם ההתנגדות החשמלית והחום בה אינם רצויים כלל. לדוגמה: מעבר הזרם מתחנת הכוח של חברת החשמל ועד לביתו של הצרכן נעשה דרך חוטי נחושת. לחוטים אלה יש התנגדות קטנה יחסית, ובכל זאת הזרם מאבד חלק מן האנרגיה שלו בעת שהוא זורם מתחנת הכוח אל הצרכן. אבדן האנרגיה מתבטא בחימום קל של חוטי הנחושת, חימום שאין לו שום שימוש. במצב זה רצוי אפוא מוליך שאין לו כל התנגדות חשמלית. דוגמה נוספת: זרמים חשמליים יוצרים שדה מגנטי. כך למשל, האלקטרומגנט מבוסס על מעבר של זרם חשמלי בתוך סליל העשוי מחוטי נחושת. כדי להגדיל את עצמת השדה המגנטי, או את הכוח המגנטי, יש להגדיל את הזרם החשמלי. אבל עצמת הזרם בסליל הנחושת מוגבלת בגלל התחממות החוטים, שעלולה לגרום להתכתם. גם כאן היה רצוי להשתמש בחוטים שאינם מתחממים בעת שעובר דרכם זרם חשמלי, כלומר בחוטים שאין להם התנגדות חשמלית. חוטים כאלה נקראים חוטים מוליכי-על או סופר-מוליכים.

מוליך-העל הראשון התגלה בשנת 1911. במדידות שנעשו אז כמעבדות בליידן שבהולנד התברר, שההתנגדות החשמלית של הכספית¹ יורדת בבת-אחת לאפס כאשר מקררים את הכספית עד לטמפרטורה של 4.2 מעלות קלווין, היינו 4.2 מעלות מעל לאפס המוחלט.² הכספית היא אפוא מוליכת-על כל עוד היא נמצאת בטמפרטורה הנמוכה מ-4.2 מעלות קלווין. מעל לטמפרטורה זו היא מתנהגת כנגד רגיל. במרוצת השנים התגלו חומרים מוליכי-על רבים, מהם יסודות ומהם תרכובות. אבל, אליה וקוץ בה: כל אותם חומרים שהתגלו כשבעים וחמש השנים שלאחר התגלית הראשונה היו חומרים שבהם הופיעה התכונה של מוליכות-העל בטמפרטורות הקרובות לאפס המוחלט, אם כי בטמפרטורות מעט יותר גבוהות מזו של הכספית.³ כדי לקבל חומרים אלה יש אפוא צורך בטכנולוגיה נלווית שתאפשר לקרר אותם לטמפרטורות כה נמוכות. הקירור נעשה, בדרך-כלל, באמצעות הליום במצב נוזל.⁴ הצורך בקירור בהליום מייקר ומסכך את השימוש במוליכי-העל.

במרוצת השנים חדרו אמנם מוליכי-העל בהדרגה לעולם התעשייה והטכנולוגיה. אבל ברור היה לכל, שכדי לאפשר שימוש רחב במוליכי-על חייבים למצוא חומרים שהם מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות יותר. פריצת הדרך בכיוון זה נעשתה בשנת 1986,⁵ והיא הביאה בעקבותיה גילויים של משפחות חומרים שכולן מוליכות-על בטמפרטורות גבוהות יחסית. טמפרטורת השיא לתופעה של מוליכי-העל היא היום 134 מעלות קלווין או מינוס 139 מעלות צלסיוס. גם אם טמפרטורה זו נראית לקורא כטמפרטורה נמוכה מאוד, המדענים ואנשי הטכנולוגיה מכנים את החומרים החדשים כמוליכי-על בטמפרטורות גבוהות. שתי סיבות לכך: האחת, הטמפרטורה שבה החומרים החדשים הופכים להיות מוליכי-על גבוהה ביחס למצב שהורגלנו אליו מתחילת המאה. והשנייה, החשובה יותר, קשורה לעובדה שכדי להפוך את החומרים החדשים למוליכי-על אפשר לקרר אותם בתנןן נוזל, במקום בהליום נוזל. גז התנןן הוא אחד מהמרכיבים המרכזיים של האטמוספירה, ולפיכך הוא מצוי וזול הרבה יותר מן ההליום. יתר על כן, קל יותר להפוך אותו לנוזל וקל וזול יותר לאחסן את הנוזל לתקופות ארוכות. אכן, תנןן נוזל שכיח למדי בשימושים

תעשייתיים ואחרים. מוליכי-העל החדשים הם אפוא מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות גם מנקודת המבט הטכנולוגית, בשל העלות הנמוכה של נוזל הקירור, הנגישות אליו ופשטות הטיפול בו.

טבלה 1: סיכום המושגים הטכנולוגיים

המושג	ההגדרה	יחידות המדידה	הערות הבהרה
זרם חשמלי	תנועה של מטענים חשמליים	אמפר	נושאי המטען החשמלי הם, בדרך כלל, האלקטרונים
נגד	מוליך המתנגד למעבר זרם דרכו	אוהם	הזרם מצליח לעבור את הנגד אבל משקיע אנרגיה לשם כך. האנרגיה מבוטאת כמתח חשמלי.
מתח חשמלי	השינוי באנרגיה של המטענים (האנרגיה שכל יחידת מטען משאירה בנגד, או האנרגיה שכל יחידת מטען מקבלת בבטרייה)	וולט	המתח של הבטרייה מגדיר את האנרגיה המסופקת. המתח על פני הנגד מגדיר את האנרגיה הנמסרת. האנרגיה של המטענים גדלה בבטרייה וקטנה בנגד.
הספק חשמלי	האנרגיה המועברת לנגד בכל שנייה	וואט	ההספק מתקבל כמכפלה של הזרם במתח.
מוליך-על	מוליך שאין לו כל התנגדות חשמלית		במוליך-על ניתן להעביר זרם חשמלי בלי ליצר מתח חשמלי, ולכן אין במוליך-העל אספקה של אנרגיה חשמלית. זו הסיבה שמוליך-העל איננו מתחמם בעת מעבר זרם דרכו.

יישומים טכנולוגיים של מוליכי-על

מוליכי-העל "הוותיקים", אלה הפועלים בטמפרטורות נמוכות, חדרו לתעשייה ולטכנולוגיה בעיקר בשני תחומים: האחד, כבנייה של אלקטרומגנטים המייצרים שדות מגנטיים הגבוהים בהרבה מאלה שניתן לקבל מחוטי נחושת (דוגמה בולטת: במכשיר

ה-MRI, המשמש להדמיה רפואית, משתמשים בסליל מוליך-על כדי לייצר שדות מגנטיים גבוהים). התחום השני קשור לבנייה של גלאים רגישים מאוד לשדות מגנטיים. ממוליכי-העל החדשים, מוליכי-העל בטמפרטורות גבוהות, מצפים לחזירה הרבה יותר מאסיבית לתחום הטכנולוגי. רבים סבורים שהחומרים החדשים יביאו בעקבותיהם מהפיכה טכנולוגית בתחומים שונים. כך, למשל, מצפים מן החומרים החדשים לשיפורים מהותיים בתחום התקשורת והעברת מידע. פריצות דרך צפויות גם בתחום התעבורה: רכבות ירחפו מעל למסילת-הברזל תוך ניצול התופעה של "ריחוף מגנטי" האופיינית למוליכי העל, והן ינועו במהירויות גבוהות בלי לאבד אנרגיה כתוצאה מן החיכוך במסילה. גם מכשור קיים, כדוגמת ה-MRI, צפוי להיות זול יותר ונוח יותר לשימוש. סלילים מוליכי-על עשויים לשמש גם לאגירת אנרגיה אלקטרומגנטית ולייצוב המתח החשמלי הביתי, ועוד ועוד.

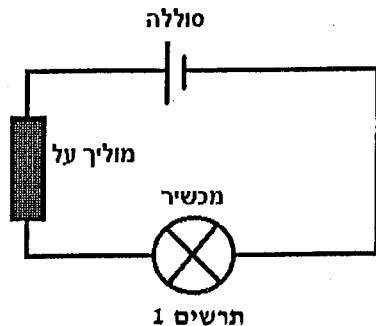
ציפיות אלה מניעות היום את המחקר היישומי בתחום של מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות, ויש סיכוי רב ביותר שבתוך שנים אחדות חומרים אלה יהיו הבסיס למכשירים שבשימוש יום-יומי. ציפיות אלה הן גם המניע לפרסום מאמר זה, שמטרתו שתיים: להציג בצורה פשוטה ככל האפשר את החידושים המדעיים והטכנולוגיים, ולפתוח בדיון הלכתי בנושאים הקשורים במוליכי-העל.⁶ ייאמר מיד: הדיון ההלכתי לא ידון במכשיר הנמצא לפנינו. אנחנו נציג כאן דוגמאות לשימושים אפשריים במוליכי-על בטמפרטורות גבוהות, ודרכם ננסה ללבן שאלות הלכתיות רלבנטיות. כרקע לדיון ההלכתי-טכני נציין כאן את שלוש הדעות להגדרת האיסור של השימוש בחשמל בשבת:

- א. הפעלת מכשיר חשמלי אסורה מדרבנן משום מוליד.⁷
 - ב. הפעלת מכשיר חשמלי אסורה מהתורה משום מכה בפטיש.⁸
 - ג. עצם הזרמת החשמל בחוטים אסורה משום בונה.⁹
- להלן מתוארים מעגלים חשמליים הכוללים מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות. השימושים האפשריים במעגלים אלה בשבת מבוססים על שלושה יסודות הלכתיים: (א) כל השינויים במעגל החשמלי מבוססים על שינויים בעצמת הזרם (ולא על יצירה חדשה של זרם).¹⁰ (ב) כל המגעים החשמליים קבועים (ולא ניידים).¹¹ (ג) הגרמא מבוססת על שינויים בטמפרטורה של מוליך-העל.¹² כאמור, על בסיס יסודות אלה מתוארים להלן מעגלים חשמליים הכוללים מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות. לאחר מכן יבוא דיון הלכתי מקיף באפשרות השימוש במעגלים אלה בשבת במסגרת הגישות הקיימות בפוסקים.

שימושים אפשריים למוליכי-על¹³

א. הפעלת מכשיר בדרך גרמא בשבת על-ידי קירורו של מוליך-על בעזרת חנקן נוזל שימוש "פשוט" בחוטים מוליכי-העל מתואר בתרשים 1. האזור מתאר מעגל חשמלי "סגור" מערב שבת. במעגל זה המצבר מספק אנרגיה למכשיר חשמלי. הקווים במעגל מתארים חוטי נחושת רגילים הנושאים את הזרם מן הבטרייה אל המכשיר. חלק מחוטי הנחושת מוחלפים בחוטים מוליכי-על. בטמפרטורת החדר החוטים מוליכי-העל מתנהגים כמוליכים בעלי התנגדות גבוהה יחסית, ועל-כן הזרם במעגל נמוך. נניח שהזרם מספיק נמוך ולכן המכשיר החשמלי איננו פועל, ונניח שאנו רוצים להפעיל אותו בשבת. כל שעלינו לעשות הוא לקרר את מוליך-העל בעזרת חנקן נוזלי; ההתנגדות החשמלית של

מוליך-העל תרד והזרם במעגל יגדל ויפעיל את המכשיר. במעגל שתיארנו זורם אפוא זרם כבר מערב שבת, וכל תפקידו של החנקן הנוזל הוא לקרר את מוליך-העל כדי לאפשר הגדלה של הזרם והפעלת המכשיר. ניתן, כמובן, גם לכבות את המכשיר בדרך גרמא על-ידי הפסקה של אספקת החנקן הנוזל. הנוזל שכבר סיפקנו יתאדה, מוליך-העל יתחמם והתנגדותו תגדל, וכתוצאה מכך הזרם במעגל יקטן והמכשיר יפסיק לפעול.¹⁴ כפי שיתבאר להלן בדין ההלכתי, גם אם פתרנו את בעיית "מוליד-זרם", יש עדיין לדון באיסורי שבת (דאורייתא או דרבנן) הקשורים למכשיר עצמו.¹⁵



ג. "כתיבה" באמצעות טבעת מוליכת-על

שימוש "מתוחכם" יותר במוליכיה על עשוי להיות בסיס לכתיבה מותרת בשבת. כהקדמה לסעיף זה, נתאר תופעה ידועה: נכין טבעת מחוט נחושת. הטבעת יוצרת מעגל "סגור" אבל אין זרם בו זרם חשמלי, מן הסיבה הפשוטה שלא כללנו בטריה במעגל. עם זאת, אפשר להעביר זרם במעגל על-ידי השראה מרחוק. אפשר לעשות זאת על-ידי שינויים בשדה המגנטי בטבעת, למשל, על ידי כך שנגיע מגנט בכיוון מישור הטבעת. השינויים בשדה המגנטי גורמים להיווצרות זרם חשמלי גם במעגלים שאין בהם בטריה! השינויים בשדה המגנטי הם אלה המספקים את האנרגיה הדרושה לאלקטרונים כדי לנוע בנחושת. חשוב לציין: הזרם תלוי בשינויים בשדה המגנטי, וברגע שנפסיק את השינויים (נפסיק להניע את המגנט), הזרם החשמלי יאבד את האנרגיה שלו בגלל ההתנגדות של הנחושת וידעך במהירות לאפס. מן האמור נובע מיד, שניתן לשמור את הזרם החשמלי אם נחליף את טבעת הנחושת בטבעת העשויה מחומר מוליך-על. אם נניע את המגנט לכיוון טבעת מוליכת-על ייווצר זרם שימשיך לזרום בטבעת גם אם נעצור את תנועת המגנט.

נוסיף כאן עוד כמה נקודות חשובות. האחת: עצמת הזרם בטבעת מוליכת-העל תגדל ככל שמהירות התנועה של המגנט לכיוון הטבעת תהיה גדולה יותר. השנייה: כיוון התנועה של הזרם החשמלי נקבע על-ידי הקוטב המגנטי (צפוני או דרומי) המתקרב אל הטבעת מוליכת-העל. ולבסוף: הזרם בטבעת מוליכת-העל יוצר סביבו שדה מגנטי שהוא קל למדידה. קל למדוד הן את עצמת הזרם בטבעת והן את כיוונה על-ידי מידת השדה המגנטי שזרם זה מייצר.

עתה ברור כיצד אפשר להשתמש בטבעות מוליכות-על לצורך כתיבה. נוכל לקבוע סימנים מוסכמים למשמעות של עצמות זרם שונות ו\או לכיוון הזרם, ובאופן זה "לכתוב"

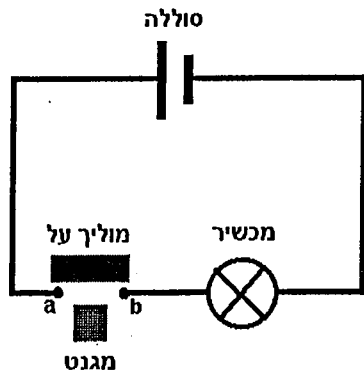
בשבת, היינו: להניע את המגנט באופן שנוכל לייצר שרשרת של סימנים בעלי משמעות במערך של טבעות מוליכות-על. הזרם שייווצר בשבת יזרום ללא הפרעה במשך כל השבת,¹⁶ ובמוצאי שבת נוכל "לקרוא" את המידע הכתוב בעזרת מכשירים למדידות מגנטיות. חשוב להעיר: כדי להימנע מחשש של "מוליד זרם" אפשר להעביר זרם חשמלי בטבעות לפני כניסת השבת. לזרם כזה, בעצמה ובכיוון שיוחלט עליהם מראש, תהיה משמעות של רווח (היינו, אות-לא-כתובה). לכל שינוי בעצמה ובכיוון של האות הלא-כתובה תהיה משמעות של כתיבת סימן.¹⁷

ג. מפסק גרמא הבנוי על מוליך-על ומגנט

כדוגמה (היפותטית) שלישית נציע כאן מפסק לזרם חשמלי, המבוסס על כך שתכונת מוליכות-העל מתגלית רק מתחת לטמפרטורה מסוימת, ואילו מעל לטמפרטורה זו החומר מתנהג כמו נגד רגיל.

נתאר לנו מעגל חשמלי "פתוח"; כלומר, בנקודה מסוימת אין אפשרות לזרם החשמלי לעבור מנקודה a לנקודה b (ראה תרשים 2). כדי לאפשר לזרם לעבור בין שתי נקודות אלה עלינו "לסגור" את המעגל, כלומר לחבר את a עם b בחומר מוליך חשמל. נבצע את הסגירה של המעגל בעזרת חומר מוליך חשמל, אבל נשתמש בחומר שיוכל לגלות תכונות של מוליכות-על אם נקרר אותו בעזרת חנקן נוזל. נוסיף עתה מגנט מתחת למוליך. נשים לב: אין מגע חשמלי בין המגנט למוליך, ולמגנט אין שום השפעה על המוליך. נמשיך את בניית המפסק שלנו על-ידי הוספה של חנקן נוזל בסביבת המוליך. כפי שכבר ציינו, אנו משתמשים במוליך שהופך להיות מוליך-על כאשר מקררים אותו בעזרת חנקן נוזל. אבל, כזכור, מוליך-על נדחה ממגנט. המגנט יגרום אפוא לכך שמוליך-העל יתרום וינתק את המעגל כמתואר בתרשים 2.

אם נחכה זמן-מה ונאפשר לחנקן הנוזל להתחמם ולהתאדות, אזי הטמפרטורה של מוליך-העל תעלה והוא יהפוך לנגד רגיל, שעליו המגנט איננו משפיע. במצב זה, כתוצאה מכוח הגרביטציה, המוליך המתכתי ירד למקומו הקודם "ויסגור" את המעגל.



תרשים 2

נסכם את הרעיון של "המפסק": שינויים בטמפרטורה של המוליך יעבירו אותו ממצב של מוליך רגיל למצב של מוליך-על, וחוזר חלילה. במצב המוליך המעגל סגור, ואילו במצב של מוליכות-על המעגל פתוח.¹⁸

הרוגמאות שהבאנו לעיל מעלות כמה וכמה שאלות עקרוניות. למשל, האם האיסור של "מוליד זרם" מתייחס למושג הטכנולוגי של זרם חשמלי (ראה טבלה) או ל"מוליד הספק"?¹⁹ כיצד משפיעים תהליכים של גרמא על הפעלתם של מכשירים אסורים מדרבנן לעומת מכשירים אסורים מדאורייתא? כיצד מגדירים "הולדה" של זרם (או הספק) חשמליים? האם צריך "להרגיש" את הזרם בחושים או במכשירי מדידה? ולבסוף, האם התהליך של קירור וחימום (בעזרת חנקן נוזל) מותר בשבת?

כדי להבהיר את השאלה האחרונה נזכיר כאן שוב: כל התהליכים נעשים בטמפרטורות נמוכות יחסית: בין מינוס 195 צלסיוס (הטמפרטורה שבה החנקן הופך להיות נוזל) לבין טמפרטורת החדר. בטמפרטורה מסוימת בין שתי הטמפרטורות האלה משתנית תכונת ההולכה החשמלית באופן דרמטי. מעל לטמפרטורה מסוימת זו יש לחומר התנגדות חשמלית, ואילו מתחת לה ההתנגדות החשמלית נעלמת כליל. השינוי מתבטא כולו כשינוי פיסיקאלי — אין שום שינוי בחומר, לא שינוי חיצוני (בצורת החומר, בצבעו וכיו"ב) ולא שינוי פנימי (במבנה הגבישי, במרחקים הבין-אטומיים וכיו"ב). ובכן, כיצד משתנית ההולכה בצורה כה דרסטית? התופעה כולה נובעת משינוי בכוחות המשיכה שבין האלקטרונים נושאי הזרם החשמלי. במצב המוליך, כל אלקטרון נע באופן עצמאי ב"מסלול המכשולים" שמציבה בפניו ההתנגדות החשמלית, והוא "מבזבז" את האנרגיה שקיבל עד הגיעו בחזרה לבטריה. לעומת זאת, במוליך-העל האלקטרונים נעים יחד בזוגות והתנועה של כל הזוגות מתואמת. בשפה ציורית נוכל לומר, שכל זוג אלקטרונים "יודע" מה מצבו של זוג הנמצא במרחק-מה ממנו וכך נוצרת תנועה מתואמת של מספר גדול מאוד של זוגות. התנועה המשולבת-המתואמת הזו היא הבסיס לכך שהאלקטרונים אינם "חשים" בהתנגדות חשמלית וניתן לדבר על מוליכות-על.

האם במעבר ממצב מוליך למצב מוליך-על יש משום "מוליד"? האם במעבר בכיוון ההפוך יש משום "מוליד"? לכאורה, יש כאן שינוי פיסיקאלי מובהק — שינוי בהתנגדות החשמלית של החומר. אבל, מאידך, כפי שהסברנו לעיל, אין שינוי בחומר עצמו אלא בהיערכות הפנימית של נושאי הזרם ואין להחשיבו כ"מוליד".

ועוד: האם השינוי בטמפרטורה יכול להיחשב כגרמא מותרת בשבת? השאלה נוגעת, כמובן, רק לגבי קירור שאז נעשית פעולה בידיים — הוספה של חנקן נוזל. במקרה של חימום, ניתן לדמיין מצב שבו החנקן הנוזל כבר נמצא במערכת לפני שבת ובמשך השבת הוא מתאדה מעצמו, ואז בוודאי שאין כאן פעולה אסורה בשבת.

דיון הלכתי

כאמור, בפוסקים קיימות שלוש גישות באשר להגדרת האיסור של החשמל בשבת:

- א. הפעלת מכשיר חשמלי אסורה מדרבנן משום מוליד.
 - ב. הפעלת מכשיר חשמלי אסורה מהתורה משום מכה בפטיש.
 - ג. עצם הזרמת החשמל בחושים אסורה משום בונה.
- מבחינה הלכתית, השימוש במוליכי-על לא ישנה משמעותית לפי שתי השיטות

הראשונות. לפיהן, הפתרון העיקרי בשעת הדחק הוא גרמא, ומוליכי-על יכולים רק לסייע לנו ביישומים חדשים ויעילים יותר של הגרמא. אולם בהתאם לשיטה השלישית, שיטת ה"חזון איש", ייתכן שמוליכי-על יפרצו דרך חדשה שתאפשר במקרים מסוימים הזרמת חשמל בחוטים בשבת.

להלן סיכום שלוש הגישות ההלכתיות.

א. הדעה הראשונה, דעת ה'בית יצחק' וההולכים בעקבותיו, שיש בהפעלת מכשיר חשמלי משום מוליד. יש כאן מעין יצירה חדשה, על-ידי הפיכתו ממכשיר דומם למכשיר פעיל.

לדעה זו, איסור החשמל הוא מדרבנן, אלא אם כן החשמל מפעיל מכשיר שפעולתו אסורה מהתורה, כגון נורת ליבון או ספיראלה שיש בהן משום הבערה, מכונת גילוח המגלחת את השיער, מכונת חליבה החולכת חלב וכדומה. לעומת זאת, מאורר, מקרר וכדומה שאין בהם מלאכה מהתורה, יש בהפעלתם רק איסור דרבנן.

המקור לאיסור מוליד הוא בריסוק שלג וברד והפיכתם לנוזל, וכדברי רש"י:²⁰ "משום דקא מוליד בשבת ודמי למלאכה שבורא המים האלו".

מקור אחר, קרוב יותר לנושא הנידון, מופיע במסכת ביצה²¹ בהקשר של מוליד ריח: "סחופי כסא אשיראי ביומא טבא אסור. מאי טעמא? משום דקמוליד ריחא". המדובר שם בהחדרת ריח לבגדים ביום-טוב, ויש בכך משום מוליד ריח — הבגדים לא היו מבושמים ועתה נעשו מבושמים. ואם כן, הוא הדין לתוספת זרם חשמלי לתוך מכשיר.

ב. הדעה השנייה, שאיסור הפעלת מכשיר הוא משום מכה בפטיש, מופיעה בוואריאציות רבות בספרות הפוסקים. גם ה"חזון איש" מביאה (או"ח, סי' נ אות ט), אם כי לדעתו האיסור העיקרי אינו במכשיר אלא בחוטים, כפי שיתבאר להלן. הפוסקים יישמו לראשונה איסור זה בהפעלת שיעון מיכאני בשבת. לדעתם, הפיכת כלי דומם למכשיר פעיל הוא כעין הפיכת "מת" ל"חי", והדבר אסור מהתורה.²² אולם, יש פוסקים הסבורים שאיסור זה אינו אלא מדרבנן.²³

ג. הדעה השלישית היא של ה"חזון איש". כידוע, חידש החזו"א חידוש גדול באשר לחשמל בשבת. לדעתו, הזרמת זרם חשמלי אסורה משום בונה. וזה לשונו:²⁴

אבל תיקון צורה להגשם ונעשה ע"י זה שימוש ודאי חשיב בונה. ואף אם השימוש הוא לשעות מיוחדות ואח"כ פסקו, דהפסיקה היא מכאן ולהבא והצורה הראשונה אינה בת פירוד מהגשם, ואחרי שההדלקה היא בנין, הכיבוי הוא סותר.

ככל שניתן לרדת לסוף דעתו, נראה שה"חזון איש" משתמש במושג "צורה" במשמעותו ברמב"ם, כלומר התכונה המהותית והמייחדת של דבר שבו אנו מבדילים אותו מכל דבר אחר. למשל, "צורת" האדם שונה מצורת השור — בתכמתו, כי החכמה היא המייחדת את האדם מן השור. לפי זה, מוליך חשמל שונה מדבר שאינו מוליך בתכונת הזרם החשמלי הזורם במוליך. זוהי "צורתו". ומכיוון שההבדל בין מוליך זרם לשאינו מוליך הוא מהותי, שינוי זה נחשב לבונה.²⁵

לשאלתו של הגרש"ז אורבך, כמה שונה חימום מתכת מהזרמת זרם חשמלי במוליך, משיב ה"חזון איש":²⁶

חימום ברזל אינו מחדש טבע חדש בברזל, אלא החום שוכן לפי שעה בתוך

הברזל והברזל מתמיד לגרשו. אבל חיבור חוט החשמל מעורר את כוח החשמלי המוטבע בחוט עצמו, והוא מההרכבה המזגית שבשורש יצירתו, ושימוש זה תדיר, וההעמדה על מתכונתה ע"י החיבור... חוששים בו משום בונה... בתיקון החוט עצמו ממות לחיים הוי בונה.

במלים אחרות, הזרם החשמלי הוא כוח טבעי הנמצא בתוך המוליך, וכשהוא "מתעורר לחיים" על-ידי מקור האנרגיה נמצא שהוא הופך מחומר גלם לצורה — הוא מקבל את תכונתו המהותית המושלמת, ולכן הדבר נחשב לבונה. ההבדלים בין השיטות הם כדלהלן:

לשתי השיטות הראשונות, האיסור הוא רק בהפעלת המכשיר, בהפיכתו מדומם לפעיל. אך בסגירת מעגל חשמלי בלבד, ללא הפעלת מכשיר, אין שום איסור, גם משום שזו אינה מורגשת בחושינו. דבר זה למדתי מתשובתו של חתנו של ה"בית יצחק", הגר"נ לווי"ן מרישא, לדו"ר ר' אלתר שטיגליץ (בקונטרס אחרון לספרו צ"ח החדש, מאמר א). הגר"נ לווי"ן, שם, רצה להתיר את השימוש במכשיר טלפון בשבת מטעם זה שהפעלתו אינה מורגשת בחוש האדם. למעשה, נהגו לאסור את השימוש בטלפון בשבת משום מליד, כי חושינו חשים בקולות הבוקעים מן המכשיר.

לשיטת ה"חזון איש", איסור בונה מתייחס גם לחוט המוליך ולא רק למכשיר. החזו"א בדבריו מתייחס ל"כוח החשמלי המוטבע בחוט" ולכן יש מתלמידיו הסבורים, שאסור לסגור מעגל חשמלי גם כאשר החשמל אינו זורם בחוטים. ²⁷ אולם, ממכתבי החזו"א שנשלחו לגרשו" אוירבך משמע, שרק כאשר החשמל זורם בחוטים בפועל יש בכך משום בונה. לפי דעה זו קשה, שהרי אין הזרם מורגש בחושים (אמנם מוליך שבו זרם חשמל מתחמם בכך, אולם דרגת החום מורגשת רק במכשירי מדידה ולא בחושים רגילים). ועל כורחנו צריכים אנו לומר, שגם החזו"א מצריך הפעלת מכשיר כדי לחייב משום בונה, אולם המכשיר איננו סיבת האיסור אלא סימן לכך שהחוט המוליך מזרים חשמל. החיוב הוא בעיקר מחמת החוט. ואף-על-פי שגם המכשיר מתעורר לחיים עם הפעלתו, ואולי יותר מהחוט, בכל זאת סובר החזו"א שיש בחוט חומרה שאינה בהפעלת המכשיר, כי בחוט מוטבע הכוח החשמלי וזוהי תכונתו וצורתו. לכן, אין החיבור לזרם והפסקתו נחשבים לשימוש, אלא ליצירת מהות חדשה וסתירתה; משל לבונה בית ממש וסותרו מיד וזוהי דרך שימושו בבניין גמור ובסתירה גמורה, בוודאי שהדבר יהיה אסור (החזו"א עצמו מביא דוגמה לתופר בגד ופורמו בכל שימוש ושימוש. עיין: חידושים וביאורים, אור"ח, ח"ב, ח' ד).

לפי ההסבר הנ"ל בדעת החזו"א, עיקר הבנייה היא בחוטים המוליכים את החשמל, ולכן נראה שבמוליכי-על אפשר למצוא פתרונות שיהלמו את שיטתו במיוחד, כפי שיתבאר להלן.

השאלה הנשאלת היא: כיצד יתייחס ה"חזון איש" למוליך-על, ששינוי הטמפרטורה מקנה לו את תכונת ההולכה המיוחדת? מצד אחד, אפשר לדמות את הדבר לחימום מתכת, או קירורה, שאין כאן שום בניין, לא נוצרת כאן צורה חדשה מצד אחר, כחוצאה משינוי הטמפרטורה נעשה החומר למוליך-על, וזרימת הזרם שבו איננה כזרימת זרם במוליך רגיל. יש כאן אפוא הפיכת חומר דומם לחי ופעיל, וייתכן אפוא שיש כאן "בונה", לדעת החזו"א, וצ"ע. עם זאת, מסתבר שהפעלת מכשיר חשמלי בדרך זו תיחשב רק

לגרמא. כי הזרמת אוויר קר בדרך מיכנית, וכן להיפך, מתן אפשרות למוליך לחזור לחום הטבעי שבחדר, אין בהם שום מלאכה, אלא שהם גורמים למלאכה. אם התהליך דורש זמן ניכר יש כאן גרמא. ובמקום שגרמא מותר, יהיה מותר להפעיל מכשיר חשמלי בדרך זו. כמו כן יהיה מותר להפעיל מכשיר שיש בו זרם חשמלי כבר מערב שבת, ובשבת משתנית העצמה של הזרם. בצורה כזו ניתן גם "לכתוב" בשבת. כתב זה אינו כתוב באותיות הניכרות לנו ולכן אינו כתב. ובאשר לשינוי עצמת הזרם אין כאן בונה, גם לדעת החזו"א, כיוון שיש כאן זרם מערב שבת ורק עצמתו משתנית. אין כאן הפיכת חומר מת לחי, אלא תוספת חיים ליצור חי.

מה תהינה ההשלכות של שלוש הדעות האמורות על השימוש במוליכי-על בשבת? שתי הדעות הראשונות בלאו הכי אינן מתייחסות לחוט המוליך אלא להפעלת המכשיר, וממילא מוליך-על אינו מעלה ואינו מוריד. אולם, גם לפי דעות אלו יש למוליכי-על השלכה על נושא הגרמא בשבת, וניתן יהיה להסכים לשימוש בהם ביישומים רבים ומגוונים יותר באשר להפעלת מכשירים בשבת בדרך גרמא (במקום שיש הכרח להזדקק לגרמא, ובהנחייתם של פוסקי ההלכה).

אולם לפי ה"חזון איש" נראה, לענ"ד, שיש במוליכי-על שינוי מהפכני, כי ניתן יהיה להזרים מערב שבת זרם בעצמה נמוכה בתוך מעגל חשמלי ובשבת לגרום להגברת עצמתו של הזרם על-ידי תוספת גז קר בדרך מיכנית שאין בה איסור. מכיוון שהבנייה נעשית כבר מערב שבת, אין בהגברת עצמתו של הזרם בשבת אלא תוספת בנייה וייתכן שזו מותרת בשבת, כפי שהובהר לעיל.

ומצינו שתוספת ריח ביום-טוב מותרת.²⁸ לפי זה, מכשיר חשמלי שהופעל בערב שבת בעצמה נמוכה ובשבת רק מגבירים את עצמת הזרם, לכאורה אין בכך איסור, ובלבד שהחוט לא מתלהט על-ידי כך. ואכן, כך נוהגים למעשה המשתמשים במכשיר שמיעה,²⁹ ובעגלת נכים חשמלית.³⁰ וזה פשוט שאם חוט לא התלהט בערב שבת, ובשבת הוא מתלהט כתוצאה מהגברת הזרם, הדבר אסור משום הבערה, אך לא משום מוליך. ולפי זה, אם חוט התלהט כבר מערב שבת, ובשבת רק מגבירים את הזרם, הדבר לא יהיה אסור. ואם כן צריך עיון מדוע לא מצינו שהפוסקים התירו את השימוש במיניאוד.³¹ ואולי חששו שמא יביא הדבר לפריצת גדר. ואולי יש לתלות בשאלה זו את מחלוקת הרב מלאדי ובעל "אבני נזר".³²

לדעת הרב מלאדי, עיקר האיסור במבעיר הוא בריבוי האש. וראיתו מגחלת של מתכת, שאין בה בלאי של עצים ושמן, אך יש בה שלהבת ולכן חייב משום מבעיר, ולדבריו ייתכן לומר שכל הגברת אור היא תוספת בהבערה ויש כאן מלאכת מבעיר. אך ה"אבני נזר" חולק עליו וסובר, שחיוב מבעיר הוא בגלל כילוי השמן והפתילה ולא בגלל השלהבת. וגחלת של מתכת אינה אלא תולדות הבערה. ולדבריו, ייתכן לומר שהגברת האור, שאין בה כילוי של שמן ופתילה, אין בה משום מבעיר,³³ אם כי גם לדעתו יהיה כאן איסור דרבנן.

ה"חזון איש" עצמו הבחין בין שינוי טמפרטורה לבין זרם חשמלי: שינוי טמפרטורה אינו נחשב לבונה, כי השינוי הוא חיצוני ומקרי, ואילו הזרמת זרם חשמלי משנה את החוט מהותית, מעמידה אותו על מתכונתו והופכת אותו ממת לחי, כלשונו. מה תהיה אפוא דעתו כאשר בור-בזמן משתנית הטמפרטורה של החוט ויחד עמה גם משתנית עצמת הזרם החשמלי?

מסתבר לומר, שאם בערב שבת היה כבר זרם בחוט ועל-ידי שינוי הטמפרטורה רק התגברה עצמתו, יש מקום להתיר את הדבר, כי הבנייה נעשתה כבר מערב שבת. וכנראה שהחזו"א יתיר מסיבה דומה גם להגביר את הקול במכשירי שמיעה, שאין בהם התלהטות, ואין בכך משום בונה.

וצריך עיון מהשקאת בטון, שאסורה כנראה מהתורה, משום שיש בה חיוזוק הבטון והיא מלאכת בונה. הרי לנו שגם חיוזוק בנייה הריהו כבונה מהתורה,³⁴ ואם-כן גם כאן הגברת העצמה היא כעין חיוזוק בנייה לכאורה. ואולי, בטון ללא השקאה לא יחזיק מעמד ואין כאן בנייה כלל אלא לאתר ההשקאה. מה שאין כן בזרם חשמלי בעל עצמה נמוכה – הזרם קיים והוא יכול להפעיל מכשיר מתאים, ואין אפוא בהגברתו של הזרם משום בונה.³⁵

וכן ראיתי בשם הרי"ל הלפרין בספרו "מעליות בשבת",³⁶ שתוספת זרם אין בה משום בונה לדעת החזו"א.³⁷ וכן כתב הגרשז"א ב"מנחת שלמה":³⁸ "ויתכן שאף אם ננקוט כדעת החזו"א שסגירת מעגל תחשב כבונה ופתיחתו כסותר, מכל מקום, בנדון דידן שהוא רק מוסיף זרם או ממעט זרם אפשר דאינו חשיב לא בונה ולא סותר". אמנם הגרשז"א נקט לשון "ויתכן" ו"אפשר", אולם דומה שהעולם נוהג להתיר שימוש במכשירי שמיעה כולל הגברת העצמה. וגם עצם הדיבור יש בו הגברת העצמה, ובכל זאת התירו את הדבר. אמנם בדיבור יש לומר שהמדבר אינו מתכוון לכך ואם-כן אינו אלא מתעסק, אך גם במתעסק לדעת ר' עקיבא איגור (שו"ת סי' ח) הוא איסור תורה. ואם בכל זאת התירו הדבר, צריך לומר שגם לדעת החזו"א אין כאן איסור תורה בתוספת הבנייה.

מסקנות

נתייחס עתה להצעות הקונקרטיות שהוצעו לעיל:

א. הפעלת מכשיר בדרך גרמא בשבת על-ידי קירורו של מוליך-על בעזרת חנקן נוזל. הנוזל יגיע למוליך בדרך מיכאנית (על-ידי פתיחת ברז רגיל) בעקיפין ובהדרגה, כדי שהמכשיר לא יפעל ישירות מיד, אלא כעבור זמן, והרי לנו מכשיר גרמא פשוט ונוח. (כמובן, שההיתר לשימוש הגרמא בשבת כפוף לתנאים הלכתיים, כגון לחולה שאין בו סכנה, ולמניעת הפסד מרובה). דרך זו ישימה גם לדעת ה"חזו"ן איש", כי אין כאן בנייה גמורה בשבת, אלא רק תוספת. אולם זאת מותנית בכך שזרם חשמלי בעצמה נמוכה יזרום במוליכים כבר מערב שבת. וכאמור, מן הראוי שזרם זה יהיה מוחשי על-ידי נורית בקרה, או גוף מתנועע וכד'. ליתר הידור, רצוי שמציאותו של הזרם תורגש על-ידי הפעלה "מוחלשת" של המכשיר עצמו.³⁹

ב. "כתיבה" באמצעות טבעת מוליכת-על. מכיוון שאין כאן כתיבה הניכרת לעין אלא רק סימנים מגנטיים, ייתכן שאין איסור לעשות זאת בשבת ולפענח את הסימנים במוצ"ש. אולם, יש לדרוש שהסימנים יימחקו תוך יומיים-שלושה, ויש לדאוג לכך שבמכשיר יהיו כבר קיימים סימני "כתיבה" קודמים. לשיטת החזו"א, יש גם צורך בהעברת זרם חשמלי חלש בטבעות בערב שבת (וכנ"ל, בעצמה הניכרת בדרך מוחשית) ואז מותר יהיה לשנות את העצמה בשבת.

ג. מפסק הבנוי על מוליך-על ומגנט. השימוש במפסק כזה יהיה מותר על-פי העקרון של גרמא. בתהליך של חימום, הגז מתאדה מאליו וגם המוליך המתכתי יורד

מאליו למקומו וסוגר את המעגל החשמלי. גם בתהליך של קירור, כאשר מוסיפים נוזל קר, המוליך מתקרר ומתרום מאליו ופותח את המעגל החשמלי, ואין כאן מעשה ישיב אלא גרמא בלבד.

הערות

- * מאמר זה נכתב בעקבות הרצאה שניתנה בכנס ארצי של רבנים שהתקיים באוניברסיטת בר-אילן בשנת חשנה". הכנס אורגן על-ידי הרב ד"ר בן-ציון רוזנפלד והרב שלמה שפר. תודתנו לרב ד"ר בן-ציון רוזנפלד, שליווה את כתיבת המאמר בכל שלביו. תודתנו גם לרב ישראל רוזן על הערות חשובות לתוכן המאמר ועל הפנייה למאמרים עדכניים.
- 1 הכספית, המצויה כיום בשימוש במדחום הביתי, נמצאת במצב נוזלי כשהיא בטמפרטורת החדר, כאשר מקררים אותה היא הופכת למתכת בעלת התנגדות חשמלית. ההתנגדות החשמלית של הכספית יורדת בהדרגה כאשר ממשיכים לקרר אותה, אבל, כאמור, ב-4.2 מעלות קלווין ההתנגדות החשמלית יורדת בבת אחת לאפס.
- 2 הטמפרטורה הנמוכה ביותר שניתן למצוא ביקום היא בערך מינוס 273 מעלות צלסיוס. טמפרטורה זאת נקראת "טמפרטורת האפס המוחלט".
- 3 עד לשנת 1986 היתה טמפרטורת השיא למוליכות-על גבוהה מעט מ-23 מעלות קלווין, היינו בסביבות מינוס 250 מעלות צלסיוס.
- 4 ההליום הוא גז נדיר יחסית. כאשר מקררים את הגז לטמפרטורה של כ-4.2 מעלות מעל לאפס המוחלט, הגז הופך לנוזל הניתן לאחסון במכלים מתאימים. משתמשים בנוזל הקר כדי לקרר את החומר מוליך-העל.
- 5 על-ידי המדענים Müller ו-Bednorz ממעבדות IBM בציריך, שזכו בשל כך בפרס נובל לפיזיקה ב-1987.
- 6 פרופסור זאב לב, "מולידי זרם חשמלי בשבת", תחומין, ב (תשמ"א), עמ' 35, היה, ככל הנראה, הראשון שהתייחס לתופעה של מוליכי-על בהקשר הלכתי.
- 7 שו"ת בית יצחק, יורה דעה, השמטות בסוף הספר לסימן לא.
- 8 ראה: רמב"ם, הלכות שבת פ"י הט"ז-הי"ח.
- 9 חזון איש, אר"ח, סי' נ, אות ט.
- 10 שינוי בזרם הוא הבסיס ההלכתי-טכני להרבה מן ההצעות לשימוש במעגלים חשמליים בשבת. שינוי בזרם קיים מבטל את החשש ל"מולידי" ול"מכה בפטיש" ומחליש את איסור "בונה". ראה על כך בדיון ההלכתי להלן; וכן: זאב לב, מערכי לב, הוצאת מוסד הרב קוק, ירושלים, תשנ"ו.
- 11 ניתן לשנות זרם במעגל חשמלי בצורה פשוטה ביותר, על-ידי הזזה מכאנית של נקודת המגע כנגד משתנה. פרופ' לב, בספרו מערכי לב, מעיר שבהזזה זו קיים חשש רחוק לאיסור בונה. במאמר הנוכחי מובהר, כי כל שינויי ההתנגדות נעשים על-ידי שינויי טמפרטורה וחשש זה איננו קיים.
- 12 בניין-האב לגרמא המותרת (במקום הפסד מרובה) בשבת הוא זה המובא במשנה במס' שבת ק" ע"א: "יעושוין מחיצה בכל הכלים בין מלאים בין ריקנים בשביל שלא תעבור הדליקה", ובגמ' שם: "אמר רב יהודה אמר רב טלית שאחו בה האור מצד אחד נותנין עליה מים מצד אחר ואם כבתה כבתה". אף כאן יש לנו שני מצבים: מצב א — הטמפרטורה עולה מאליה וגורמת להפסקת הזרם. זוהי גרמא שאינה נעשית ע"י האדם בכלל, אלא מאליה. האדם הפסיק דק את הזרמת האוויר (או הנוזל) הקר, והטמפרטורה עלתה מאליה. מצב ב — האדם מזרים אוויר (או נוזל) קר ומוריד את הטמפרטורה בידיו וגורם בכך למוליך להזרים את זרם החשמל. במקרה כזה יש להרחיק את המעשה האנושי מרחק מקום ומרחק זמן מהמכשיר, כדי שהדבר יהיה דומה לשופך מים על הטלית, שאין

בשפיכה שום קשר ישיר לכיבוי הדליקה אלא גרימה עקיפה. אם הזרמת הגז תיעשה ע"י פתיחת מעצור (למשל, פתיחת ברז) המאפשרת לנוזל הקר לזרום מאליו, ולא ישירות על מוליך-העל, יש כאן גרמא לפי העקרון של בירקא דמיא בכוח שני (חולין יח ע"א וסנהדרין עז), כלומר פתיחת סכר מים כך שהמכה הראשונה של המים הזורמים אינה עושה דבר, ורק המשך הזרימה גורם לפעולה. שחיטה בדרך זו פסולה, וכן אין אדם נחשב לרוצח אם הרג בדרך זו. והוא הדין לעניין שבת (עיין: ר"ן, סנהדרין שם).

13 "ומתלמידי יותר מכולם" — הרבה מן הרעיונות בפרק זה מקורם בשיחות עם ד"ר ארו יעקובי.
14 מעגל זה איננו ייחודי למוליכי-על. ניתן להמיר את מוליך-העל בכל רכיב שהתנגדותו החשמלית מושפעת מאד משינויים בטמפרטורה, למשל מוליך למחצה, ולקבל תוצאה דומה. תודתי לפרופ' אבנר שאולוב על הערה חשובה זו.

15 כפי שיתבאר להלן בריון ההלכת, בכל הפעלת מכשיר חשמלי יש שתי בעיות: א. עצם הזרמת הזרם בחוטים. (לדעת ה"חזון-איש" יש בכך משום איסור בונה); ב. הפעלת המכשיר (שזו הסיבה לאסור את השימוש בו, לדעת רוב הפוסקים). כפי שנראה, גם לדעת החזון-א הפעלת המכשיר היא האינדיקציה של הזרמת הזרם בחוטים, כי רק ע"י הפעלת המכשיר בפועל מורגשת הזרמת הזרם בחוטינו. לכן יהיה צורך לבטא את הזרם הזורם בחוטים מבעוד יום בהפעלה כל שהיא של המכשיר. 16 מעגל זהה שיהיה מבוסס על טבעות מחוטי נחושת, יהיה חסר-ערך מכיוון שהזרם החשמלי ידעך לאפס בתוך זמן קצר ביותר.

17 המושג "כותב" לעניין מלאכות שבת מתייחס לצורות הניכרות לעין: — אותיות, ספרות או סימנים אחרים. כתב סתר, למשל, אינו נחשב לכתב האסור מהתורה (ראה מאמרם של הרבנים אורי דסברג וישראל רוזן, תחומין, ב [תשמ"א] עמ' 77). במקרה שלנו מדובר ביצירת שדה מגנטי שאינו ניכר לעין, והדבר דומה יותר להקלטה בקלטת המופעלת מערב שבת, שאיסורה אינו ברור וייתכן שתהיה מותרת אפילו מדרבנן (עי"ש בתחומין). וכבר מוסכם בין הפוסקים, שיותר למחוק את שם ה' שהוקלט בקלטת כי אין זה כתב כלל. אולם הגרשו"א חידש, שיש בהקלטה בקלטת משום תיקון כלי (שמירת שבת כהלכתה, חלק ב, פרק סח, הערה קכד), וא"כ גם "כתיבה" אלקטרונית תיאסר לדעתו משום תיקון כלי, אם הכתיבה תישמר באופן קבוע במכשיר. בעיה זו ניתנת לפתרון ע"י חכנון מראש למחיקת ה"רישומים" כעבור יומיים-שלושה. כמו כן, נלענ"ד שאם כבר יש "רישומים" קודמים במכשיר, אין בתוספת רישומים משום תיקון כלי אלא תוספת בלבד.

18 ראה הערה 12 לעיל.

19 ראה מאמרו של פרופ' לב (לעיל הע' 6).

20 שבת נא ע"ב, ד"ה כדי.

21 ביצה כג ע"א.

22 חיי אדם, כלל מד, ס"ט.

23 עיין בפוסקים שהובאו בשערי תשובה סי' שלח ס"ק ב, ופרי מגדים סי' שלח, משבצות זהב אות ב, ועיין: פרי מגדים סי' שח, באשלי-אברהם אות עח שהסתפק בדבר.

24 חזון-איש, אר"ח, סי' נ אות ט.

25 כפי שיתבאר, החזון-א מתייחס בעיקר לחוטים המוליכים את החשמל. לדבריו, נפחת הנשמה באדם היא מלאכה. כי אדם עם נשמה מהותית מיצור ללא נשמה. הפיכתו של האדם לבעל נשמה היא בנייתו. ואכן נאמר באדם "ויבן". לדעתו, גם מתיחת קפיץ של שעון, שעמד מלכת, יש בה משום מלאכת בונה, משום שבאמצעותה האדם מכניס "רוח חיה באופנים" והופך את השעון מדומם ל"חיה" וזוהי תכונתו וצורתו, עי"ש. פוסקים רבים חולקים על-כך וסוברים שמתחת קפיץ של שעון אסורה רק מדרבנן, עיין: שערי תשובה סי' שלח ס"ק ב.

26 ראה שו"ת "מנחת שלמה" סימן י"ב.

27 חידושים וביאורים למס' שבת, יח יד.

28 בביצה כג ע"א: "ריחא מיהא איתא ואוסופי הוא דקמוסיף". וכבר העיר על כך הר"פ לב, ראה לעיל בהערה 6.

29 עיין: שמירת שבת כהלכתה, פרק לד סע' כח.

30 יאיד מאיר, "עגלת נכים חשמלית בשבת" תחומין, ח [תשמ"ז], עמ' 37.

- 31 נודה חשמלית, שניתן להגביר או להפחית את עצמת אודה עליידי סיבוב המתג ללא כיבוי או הדלקה מחדש של המנורה.
- 32 סי' רלח.
- 33 ואין להחשיב את העובדה שהגברת הצריכה החשמלית מגדילה את צריכת חומרי הבעירה שבתחנת הכוח, כי כמות כזו אין לה השפעה, מה גם שברובזמן אחרים מפחיתים את הצריכה והגברת הצריכה במקום אחד מתקזזת ע"י הפחתתה במקום אחר.
- 34 עיין: שמירת שבת כהלכתה, כג מג, ושם ל יג, שאמירה ישירה לנכדי שישקה בטון בשבת אסורה, משום שזו מלאכה מהתורה.
- 35 ואעפ"כ נראה שגם יציקת הבטון אסורה משום בונה, כי גם שלב זה בלבד, אף שאינו גמור, בכלל בונה. ועיין רמב"ם פ"י הי"ג מהל' שבת שהעושה כלי אדמה, כגון תנור וכייריים קודם שישרפו חיים משום בונה (וכשיטת התוס' בשבת עד ע"ב, שהעושה כלי לגמרי חייב משום בונה, ולא כדש"י שם שאין בניין בכלים), שגם כלי אדמה, לפני שהתחסם, כבר נחשב כבונה וא"כ ה"ה היוצק בטון, גם בלי שהשקה אותו ייחשב לבונה. אך גם המשקה ייחשב לבונה, כי כל שלב ושלב נחשב לבונה.
- 36 עמ' קסו.
- 37 אם כי כתב שם סניפים נוספים לכך שאין השימוש במעלית אוטומטית משום איסור בונה.
- 38 ס"ס יב, עמ' קי.
- 39 נראה, שכרי לצאת מידי ספק עלינו לבנות מכשיר שיפעל בצורה מוחלשת בערב שבת, ובשבת הוא יופעל במלוא עצמתו ע"י הורדת הטמפרטורה של המוליך בדרך גרמא. לדוגמה, מאוורר יופעל בערב שבת ע"י זרם נמוך כשתנועת כנפיו היא אטית מאוד ואינה גורמת עדיין לסחרור אוויר משמעותי; בשבת יוגבר הזרם והכנפיים יסתובבו במהירותן המרבית.