==========

הרב יעקב אריאל ופרופ' יוסף ישורון

מוליכי-על במעגלים חשמליים בשבת[1]

ראשי פרקים

א. הקדמה
ב. יישומים טכנולוגיים של מוליכי-על
ג. שימושים (היפותטיים) למוליכי-על
1. הפעלת מכשיר בדרך גרמא בשבת על-ידי קירור מוליך-על בעזרת חנקן נוזל
2. "כתיבה" באמצעות טבעת מוליכת-על
3. מפסק גרמא הבנוי על מוליך-על ומגנט
ד. דיון הלכתי
1. שתי שיטות באיסור חשמל בשבת
2. הבדלים בין "מוליד" ל"בונה"
3. השלכות על נושא מוליכי-על
4. מלאכה אחר מלאכה
ה. מסקנות

❖ ❖ ❖

א. הקדמה

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. כתוצאה מכך ניתן להדגים בחומרים אלה "ריחוף מגנטי", היינו: 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 בהם 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.

1. מאמר זה נכתב בעקבות הרצאה שניתנה בכנס ארצי של רבנים שהתקיים באוניברסיטת "בר-אילן" בשנת תשנ"ה. הכנס אורגן על ידי הרב ד"ר בן-ציון רוזנפלד ביחד עם רב הקמפוס, הרב שלמה שפר. תודתנו לרב ד"ר בן-ציון רוזנפלד, שלווה את כתיבת המאמר בכל שלביו. גירסה ראשונה של מאמר זה הופיעה ב"בדד", כת"ע לעניני תורה ומדע, בהוצ' אוניברסיטת בר-אילן (חוברת 5, קיץ תשנ"ז, עמ' 55). [הערותיו של הרב ישראל רוזן, שהוא גם מהנדס אלקטרוניקה, שולבו בשולי המאמר, ואף הן מבוססות על הרצאתו באותו כנס. - המערכת]

==========

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 דרכן (הקורא הזקוק לכך מופנה לטבלה המצורפת בסוף פרק זה, המסכמת את המושגים הטכנולוגיים המופיעים במאמר זה).

כדי להתגבר על ההתנגדות החשמלית יש להשקיע אנרגיה. מקור האנרגיה עשוי להיות מצבר (בטריה) שבו נוצרת האנרגיה על-ידי תהליכים כימיים, או גנרטור המייצר את האנרגיה בתהליכים אלקטרומגנטים (כמו בדינמו של האופניים או בגנרטורים של חברת החשמל המספקים את האנרגיה לצריכה ביתית). באופן סכמתי ניתן לתאר את המעגל החשמלי באופן הבא: האלקטרונים מקבלים אנרגיה במצבר או בגנרטור והם מנצלים את כל האנרגיה הזו כדי להתגבר על ההתנגדות של רכיבי המעגל החשמלי בו הם יעברו עד הגיעם בחזרה למקור המספק אנרגיה, שם הם מקבלים אנרגיה מחדש, וחוזר חלילה.

התנועה של המטענים החשמליים מכונה "זרם חשמלי". כאמור לעיל, הזרם החשמלי "משקיע" אנרגיה כדי להתגבר על ההתנגדות החשמלית. השקעת האנרגיה הזו מתבטאת בהתחממות של הנגד. החום הנוצר בנגד מנוצל לשימושים טכנולוגיים רבים. כך למשל, הזרם הזורם בנגד שבמנורה גורם להתחממותו עד כדי התלהטות והנגד הלוהט מפיץ אור. או למשל, הנגד המתחמם במגהץ או בתנור אפיה, גורם לחימום של סביבתו הקרובה ומאפשר גיהוץ, אפיה, חמום וכו'. הדוגמאות הנ"ל ממחישות מצבים בהם ההתנגדות במעגל החשמלי רצויה, כיון שהיא מאפשרת לנו לנצל את האנרגיה שהזרם החשמלי קיבל בבטריה ונשא איתו עד למפגש עם הנגד.

עם זאת, ישנם מצבים רבים בהם ההתנגדות החשמלית והחום בה אינם רצויים כלל וכלל. לדוגמא: מעבר הזרם מתחנת הכוח של חברת החשמל ועד לביתו של הצרכן נעשה דרך חוטי נחושת. לחוטים אלה יש התנגדות קטנה יחסית אבל, בכל זאת, הזרם מאבד חלק מן האנרגיה שלו בעת שהוא זורם מתחנת הכוח אל הצרכן. אובדן האנרגיה מתבטא בחימום קל של חוטי הנחושת, חמום שאין לו שום שימוש. במצב זה רצוי, איפוא, מוליך שאין לו כל התנגדות חשמלית. דוגמא 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, עוצמת הזרם בסליל הנחושת מוגבלת בגלל ההתחממות של החוטים, התחממות שעלולה לגרום להתכתם. גם כאן היה רצוי, איפוא, להשתמש בחוטים שאינם מתחממים בעת שעובר דרכם זרם חשמלי, היינו: בחוטים שאין להם התנגדות חשמלית. חוטים כאלה נקראים חוטים מוליכי-על או סופר-מוליכים.

מוליך העל הראשון התגלה כבר ב-1911. במדידות שנעשו אז במעבדות בליידן שבהולנד התברר שההתנגדות החשמלית של הכספית[2] יורדת בפתאומיות לאפס כאשר מקררים אותה (את הכספית) עד לטמפרטורה של 4.2 מעלות קלוין, היינו 4.2 מעלות

2. 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.

==========

מעל לאפס המוחלט.[3] הכספית היא, איפוא, מוליכת-על כל עוד היא נמצאת בטמפרטורה הנמוכה מ 4.2 מעלות קלוין. מעל לטמפרטורה זו היא מתנהגת כנגד רגיל. במרוצת השנים התגלו חומרים מוליכי-על רבים, מהם יסודות ומהם תרכובות. אבל, אליה וקוץ בה: כל החומרים שהתגלו ב-75 השנים שלאחר אותה התגלית הראשונה היו כולם חומרים שבהם הופיעה התכונה של מוליכות העל בטמפרטורות הקרובות לאפס המוחלט, אם כי בטמפרטורות מעט יותר גבוהות מזו של הכספית.[4] כדי לקבל חומרים אלה יש, איפוא, צורך בטכנולוגיה נלווית שתאפשר לקרר אותם לטמפרטורות כה נמוכות. הקירור נעשה, בדרך כלל, על ידי הליום במצב נוזל.[5] הצורך בקירור בהליום מייקר ומסבך את השימוש במוליכי העל.

אמנם במרוצת השנים חדרו 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 לפני כ-10 שנים,[6] והיא הביאה בעקבותיה גילויים של משפחות חומרים שכולן מוליכות-על בטמפרטורות גבוהות יחסית. טמפרטורת השיא לתופעה של מוליכי העל היא היום 134 מעלות קלוין או מינוס 139 מעלות צלסיוס. גם אם טמפרטורה זו נראית לקורא כטמפרטורה נמוכה מאד, המדענים ואנשי הטכנולוגיה מכנים את החומרים החדשים כמוליכי-על בטמפרטורות גבוהות. שתי סיבות לכך: האחת, הטמפרטורה בה החומרים החדשים הופכים להיות מוליכי-על גבוהה ביחס למצב שהורגלנו אליו מתחילת המאה. והשניה, החשובה יותר, קשורה לעובדה שכדי להפוך את החומרים החדשים למוליכי-על ניתן לקרר אותם בחנקן נוזל, במקום בהליום נוזל. גז החנקן הוא אחד מהמרכיבים המרכזיים של האטמוספירה, ועל כן הוא מצוי וזול הרבה יותר מן ההליום. יתר על כן, קל יותר להפוך אותו לנוזל, וקל וזול יותר לאחסן את הנוזל לתקופות ארוכות. אכן, חנקן נוזל שכיח למדי בשימושים תעשייתים ואחרים. מוליכי העל החדשים הם, איפוא, מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות גם מנקודת המבט הטכנולוגית, הודות לעלות הנמוכה של נוזל הקירור, לנגישות אליו ולפשטות הטיפול בו.

3. הטמפרטורה הנמוכה ביותר שניתן למצוא ביקום היא בערך מינוס 273 צלסיוס. טמפרטורה זאת נקראת טמפרטורת האפס המוחלט.
4. עד לשנת 1986 הייתה טמפרטורת השיא למוליכות-על גבוהה מעט מ-23 מעלות קלווין, היינו: בסביבות מינוס 250 מעלות צלסיוס.
5. 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.
6. התגלית שנעשתה ב- 1986 על ידי Muller ו Bednorz ממעבדות IBM בציריך, זיכתה אותם בפרס נובל לפיסיקה.

==========

טבלה: סיכום המושגים הטכנולוגיים

המושג	ההגדרה	יחידת מדידה	הערות והבהרה
זרם חשמלי	תנועת 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	השנוי באנרגיה של המטענים (האנרגיה שכל יחידת מטען משאירה בנגד או האנרגיה שכל יחידת מטען מקבלת בבטריה)	וולט	המתח של הבטריה מגדיר את האנרגיה המסופקת. המתח על פני הנגד מגדיר את האנרגיה הנמסרת. האנרגיה של המטענים גדלה בבטריה, וקטנה בנגד.
הספק חשמלי	האנרגיה המועברת לנגד בכל שניה	וואט	ההספק מתקבל כמכפלה של הזרם במתח.
מוליך-על	מוליך שאין לו כל התנגדות חשמלית		במוליך-על ניתן להעביר זרם חשמלי מבלי לייצר מתח חשמלי, ולכן אין במוליך-העל אספקה של אנרגיה חשמלית. זו הסיבה לכך שמוליך העל איננו מתחמם בעת מעבר זרם דרכו.

ב. יישומים טכנולוגיים של מוליכי-על

מוליכי העל "הותיקים", אלה הפועלים בטמפרטורות נמוכות, חדרו לתעשייה ולטכנולוגיה בעיקר בשני תחומים: האחד, בבניה של אלקטרומגנטים המייצרים שדות מגנטיים הגבוהים בהרבה מאלה שניתן לקבל מחוטי נחושת (דוגמא בולטת: במכשירי ה-MRI המשמש להדמיה רפואית משתמשים בסליל מוליך-על, כדי לייצר שדות מגנטיים גבוהים). התחום השני קשור לבניה של גלאים רגישים מאד לשדות מגנטיים.

ממוליכי העל החדשים, מוליכי העל בטמפרטורות גבוהות, מצפים לחדירה הרבה יותר מסיבית לתחום הטכנולוגי. רבים סבורים שהחומרים החדשים יביאו בעקבותיהם מהפכה טכנולוגית בתחומים שונים. כך, למשל, מצפים מן החומרים החדשים לשיפורים מהותיים בתחום התקשורת והעברת מידע. פריצות דרך צפויות גם בתחום התעבורה: רכבות ירחפו מעל לפסים תוך ניצול התופעה של ריחוף מגנטי שתוארה לעיל, והן יוכלו לנוע במהירויות גבוהות בלי לאבד אנרגיה כתוצאה מן החיכוך בפסים. גם מיכשור 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 כהנה וכהנה.

ציפיות אלה מניעות היום את המחקר היישומי בתחום של מוליכי-על בטמפרטורות גבוהות, ויש סיכוי רב ביותר שבתוך שנים אחדות תומרים אלה יהיו, אכן, הבסיס למכשירים שבשימוש יום-יומי. ציפיות אלה הן גם המניע לפרסום מאמר זה, שמטרותיו

==========

שתיים: להציג בצורה פשוטה ככל האפשר את החידושים המדעיים והטכנולוגיים; ולפתוח בדיון הלכתי סביב נושאים הקשורים במוליכי העל.[7]

ייאמר מיד: הדיון ההלכתי לא ידון במכשיר הנמצא לפנינו. אנחנו נציג כאן שלשה שימושים היפותטיים למוליכי-על בטמפרטורות גבוהות, ודרכם ננסה ללבן שאלות הלכתיות רלבנטיות.

בפרק הבא מתוארים, איפוא, מעגלים חשמליים הכוללים מוליכי על בטמפרטורות גבוהות. השימושים האפשריים במעגלים אלה בשבת מבוססים על שלשה יסודות הלכטכניים:

א. כל השינויים במעגל החשמלי מבוססים על **שינויים בעצמת הזרם** (ולא על יצירה חדשה של זרם).[8]

ב. כל המגעים החשמליים **קבועים** (ולא ניידים).[9]

ג. **הגרמא** מבוססת על שינויים **בטמפרטורה** של מוליך העל.[10]

בפרק שלאחריו יבוא דיון הלכתי מקיף באפשרות השימוש במעגלים אלה בשבת במסגרת הגישות הקיימות בפוסקים באשר להגדרת האיסור של החשמל בשבת.

7. פרופסור זאב לב, תחומין ב (תשמ"א) עמ' 35, היה ככל הנראה הראשון שהתייחס לתופעה של מוליכי-על בהקשר הלכתי.

8. שינוי בזרם הוא הבסיס ההלכתי-טכני להרבה מן החצעות לשימוש במעגלים חשמליים בשבת. שינוי בזרם קיים מבטל את החשש ל"ימולידי" ול"ימכה בפשטיש" ומחליש את איסור "בונה" - ראה על כך בדיון ההלכתי להלן, ובספרו של פרופ' זאב לב, מערכי-לב, הוצאת מוסד הרב קוק, ירושלים, תשנ"ו.

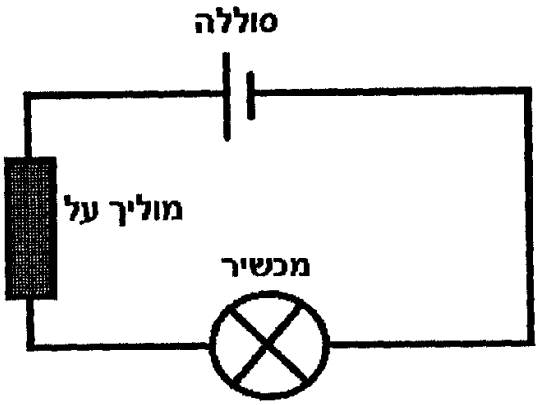
9. ניתן לשנות זרם במעגל חשמלי בצורה פשוטה ביותר, על ידי הזזה מכנית של נקודת המגע בנגד משתנה. פרופ' זאב לב מעיר בספרו הנ"ל שבהזזה זו קיים חשש רחוק לאיסור בונה. במאמר הנוכחי כל שינויי ההתנגדות נעשים על ידי שינויי טמפרטורה, וחשש זה איננו קיים.

10. בנין האב לגרמא המותרת (במקום הפסד מרובה) בשבת הוא זה המובא במשנה (שבת קכ,א): "ועושין מחיצה בכל הכלים בין מלאים בין ריקנים בשביל שלא תעבור הדליקה" ובגמ' שם: "אמר רב יהודה אמר רב: טלית שאחז 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 רק את הזרמת האויר (או הנוזל) הקר, והטמפרטורה עלתה מאליה. מצב ב' - האדם מזרים אויר (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 קשר ישיר לכיבוי הדליקה אלא גרימה עקיפה. אם הזרמת הגז תיעשה ע"י פתיחת מעצור (למשל, פתיחת ברז) המאפשר לנוזל הקר לזרום מאליו, ולא ישירות על מוליך העל, יש כאן גרמא ע"פ העיקרון של בידקא דמיא בכוח שני (חולין יח,א וסנהדרין עז), כלומר פתיחת סכר מים כך שהזרימה הראשונה של המים אינה עושה דבר, ורק המשך הזרימה גורם לפעולה. שחיטה בדרך זו פסולה, וכן אין אדם נחשב לרוצח אם הרג בדרך זו, והוא הדין לענין שבת (עי' ר"ן סנהדרין שם).

==========

ג. שימושים (היפותטיים) למוליכי-על[11]

1. הפעלת מכשיר בדרך גרמא בשבת על-ידי קירור מוליך-על בעזרת תנקן נוזל



שימוש "פשוט" בחוטים מוליכי-העל מתואר בציור הסמוך. הציור מתאר מעגל חשמלי "סגור" מערב שבת. במעגל זה המצבר מספק אנרגיה למכשיר חשמלי. הקווים במעגל מתארים חוטי נחושת רגילים, הנושאים את הזרם מן הבטריה 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 כך שהמכשיר החשמלי איננו פועל,[12] 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 שתארנו זורם, איפוא, זרם כבר מערב שבת וכל תפקידו של החנקן הנוזל הוא לקרר את מוליך-העל כדי לאפשר הגדלה של הזרם והפעלת המכשיר.[13] למעגל פשוט זה יש, איפוא, שני יתרונות: האחד - פתרנו את בעית "מוליד זרם" (בתנאים שיובהרו להלן); והשני - השינויים בזרם החשמלי נעשו בדרך של גרמא.

11. "ומתלמידי יותר מכולם" - הרבה מן הרעיונות בפרק זה מקורם בשיחות עם ד"ר ארז יעקובי.

12. הערת הרב ישראל רוזן: לדעתי ההיתר להגביר זרם במערכת חשמלית אמור רק כאשר הזרם ה"יחלש" בכוחו להפעיל את המכשיר הנדון, שאותו אני מעוניין כעת "להגביר". במצב זה אין בהפעלה "יצירתיות" אלא "שינוי". ברם, אם קיים זרם קלוש שאין בכוחו להפעיל את המכשיר הנדון בפועל, בדרך הנראית לעין אדם ולחושיו - אפי' אם בכוחו להפעיל מכשיר רגיש אחר - אין "זרם זליגה" זה נחשב למאומה. במקרה כזה המיתוג באמצעות מוליך העל הוא-הוא ההפעלה, בבחינת "קפיצת מדרגה", ולא "שינוי" של דבר קיים. בענין זה ראה בתחומין ח, עמ' 37 ואילך, "עגלת נכים חשמלית", במאמרו של האלקטרונאי יאיר מאיר (מצוות מכון צומת) הדן ביישום פתרון לנושא זה, ובמיוחד בעמ' 43: "וויסות זרם" ו"זרם זחילה". וראה שם (עמ' 45) בנספח את תשובתו של הר"ש ישראלי זצ"ל בנושא שינויי זרם, ודיון בשיטת החזו"א.

13. מעגל זה איננו ייחודי למוליכי-על. ניתן להמיר את מוליך העל בכל רכיב שהתנגדותו החשמלית תלויה חזק בטמפרטורה, למשל, מוליך למחצה, ולקבל תוצאה דומה. תודתי לפרופ' אבנר שאולוב על הערה חשובה זו.

==========

2. "כתיבה" באמצעות טבעת מוליכת-על[14]

שימוש "מתוחכם" יותר במוליכי על עשוי להיות בסיס לכתיבה מותרת בשבת. כהקדמה לסעיף זה, נתאר תופעה ידועה: נכין טבעת מחוט נחושת. הטבעת יוצרת מעגל "סגור", אבל אין זורם בו זרם חשמלי מן הסיבה הפשוטה שלא כללנו בטריה במעגל. עם זאת, ניתן להעביר זרם במעגל על ידי השראה מרחוק. ניתן לעשות זאת על ידי שינויים בשדה המגנטי בטבעת, למשל, על ידי כך שניקח מגנט ונניע אותו בכיוון מישור הטבעת. השינויים בשדה המגנטי גורמים להווצרות 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 לעיל, נובע מיד שניתן לשמור את הזרם החשמלי אם נחליף את טבעת הנחושת בטבעת העשויה מחומר מוליך-על. אם

14. הערת הרב ישראל רוזן: שתי הערות לענין ה"כתיבה" באמצעות מוליכי-על, המתוארת בקטע שלפנינו:

א. **מבחינה חשמלית:** בהערה קודמת (12) הבעתי דעתי כי "שינוי זרם" נחשב דוקא אם התיפקוד שוה, קודם ועכשיו, אלא ברמה (עצמה) אחרת, למשל, שינוי עצמת קול ברדיו ובמכשיר קשר או שינוי במהירות סיבוב מנוע (ראה להלן הערה 29 בדבר שינוי עצמת תאורה האסורה מדינא). מאידך, ב"כתיבה" שלפנינו אמנם מדובר בהבדלי עצמת הזרם החשמלי בין הטבעות, אך הבדלים אלו הם הקודים המייצגים אותיות וכתב. בכה"ג שמא אין זה "שינוי זרם" אלא "שינוי מדרגה".

ב. **מבחינת "כתיבה":** הנושא דומה מאד להקלטה ברשמקול, שהיא עריכת שינויים מגנטיים בפס מתכתי המסמלים "כיתוב" מקודד. ביותר דומה ההצעה שלפנינו לרישום על גבי דיסק מחשב. אכן, יש פנים לדעה שאין כאן משמעות של כתיבה, ובודאי לענין שבת דתליא במלאכת המשכן. ראה בתחומין ב' "השבת במשטרה" (הרבנים אורי דסברג וישראל רוזן), פרק ד' (עמ' 76), "שימוש בהקלטות כתחליף לכתיבה בשבת" - שם הבאנו דעות בנדון, ובין השאר לענין איסור "מחיקת השם". לענין כתיבה משטרתית בשבת צידדנו לקולא, אך למטרות לא חיוניות יש לחשוש לדעת המחמירים הרואים ב"הטבעת חותם" בדרך של קידוד כלשהו איסור בשבת, וכדלהלן.

בשמירת שבת כהלכתה, ח"ב פרק סו, התיר לכתוב בחוה"מ בכתב שאינו של קיימא כגון "במחשב כיס שהכתב המופיע בו אינו עומד להתקיים" ובהערה ריא: "**ואולם הזנת מחשב בנתונים אשר נרשמים על הדיסקט** אסורה בחוה"מ, אם אינה לצורך המועד או דבר האבד, כיון שלפי דעת הגרש"ז שליט"א [זצ"ל] **יש בה משום איסור בונה**, כיון שדיסקט רגיל [= ריק] אין בו כל ערך, ורק אם רישום האותיות האלקטרוניות יבנה' הדיסקט". ושנה משנתו שם להלן פס"ח ס"ק שהתיר להקליט בחוה"מ ברשמקול לצורך המועד או בדבר האבד בלבד. וביאר בהערה קכד: "שמעתי מהגרש"ז אוירבך שליט"א [זצ"ל] דאם אין בו צורך המועד ולא בגדר דבר האבד אסור להקליט ברשמקול, דכיון שהטייפ אינו משמש כלום ורק ע"י הדיבור הוא נהפך לכלי שמדבר או מנגן להנאתו של השומע, ולכן אית ביה משום בונה."

אכן, יש בדברים משום חידוש מפליג, להחשיב רישום מגנטי ובדיסק מחשב לבונה. בפרט שהגרשז"א חולק בתוקף על התוי"א שאסר הפעלות חשמליות בשבת משום "בונה", וממקום שבאת. כנראה ההבדל הוא שמדובר ברישום קבוע הנשמר. יש מקום להצעת המחבר במאמר שלפנינו, רק אם ברור ומובטח שהרישום ב"טבעות מוליכות-על" הוא זמני בלבד

וראה עוד בששי"כ שם פרק סז סי"ט שהתיר צילום בחוה"מ, "אם לאחר המועד לא תחזור הזדמנות זו". ובהערה קו שם העיר לאסור בחוה"מ צילום "לתעננג... דומיא דרישום אותיות אלקטרוניות בדיסקטי", והוסיף: "אמנם שמעתי מהגרשז"א שליט"א [זצ"ל] דאינו דומה, דבדיסקט כיון שהזין אותו בנתונים שלו הוא עומד לכל שימוש וניתן לשמוע ולראות כל דבר; אבל בצילום הרי כל עוד שאינו עושה בפילם פעולה נוספת, אינו יכול ליהנות ממנו, ורק עם פיתוח הפילם הוא נהנה, וממילא בעצם הצילום אין בו משום איסור בונה". יש לדון באבחנה זו, ואכמ"ל. וראה עוד במאמרי "כתיבת אותיות וקודים בשבת בתנאי צבא", תחומין ו, עמ' 45 ואילך.

==========

נניע את המגנט לכיוון טבעת מוליכת-על, ייווצר זרם שימשיך לזרום בטבעת גם אם נעצור את תנועת המגנט.

נוסיף לדברי ההקדמה עוד כמה נקודות חשובות: האחת, עצמת הזרם בטבעת מוליכת העל תגדל ככל שמהירות התנועה של המגנט לכיוון הטבעת תהיה גדולה יותר. והשניה: כיוון התנועה של הזרם החשמלי נקבע על ידי הקוטב המגנטי (צפוני או דרומי) המתקרב אל הטבעת העל מוליכה.

ולבסוף: הזרם בטבעת העל מוליכת העל יוצר סביבו שדה מגנטי שקל למודדו. קל, איפוא, למדוד הן את עצמת הזרם בטבעת והן את כיוונה על ידי מדידת השדה המגנטי שזרם זה מייצר.

לאחר דברי הקדמה אלה ברור כיצד ניתן להשתמש בטבעות מוליכות-על לצורך כתיבה: נוכל לקבוע סימנים מוסכמים למשמעות של עוצמות זרם שונות ו/או לכולן הזרם, ובאופן זה "לכתוב" בשבת, היינו: להניע את המגנט בצורה בה נוכל לייצר שרשרת של סימנים בעלי משמעות במערך של טבעות מוליכות-על. הזרם שיווצר בשבת יזרום ללא הפרעה במשך כל השבת,[15] ועם צאת השבת נוכל "לקרוא" את האינפורמציה הכתובה בעזרת מכשירים למדידות מגנטיות. חשוב להעיר: כדי להימנע מחשש של "מוליד זרם", ניתן להעביר זרם חשמלי בטבעות עוד לפני כניסת השבת. לזרם כזה, בעוצמה ובכיוון שיוחלט עליהם מראש, תהיה משמעות של רווח (היינו, אות-לא-כתובה). לכל שנוי בעוצמה ובכיוון של האות הלא-כתובה תהיה משמעות של כתיבת סימן.

3. מפסק גרמא הבנוי על מוליך-על ומגנט

כדוגמא (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, איפוא, מעגל חשמלי "פתוח", כלומר: בנקודה מסוימת אין אפשרות לזרם החשמלי לעבור מנקודה a לנקודה b (ראה ציור בעמוד הבא). כדי לאפשר לזרם לעבור בין שתי נקודות אלה עלינו "לסגור" את המעגל, כלומר: לחבר את a עם b על ידי חומר מוליך חשמל. נבצע את הסגירה של המעגל בעזרת חומר מוליך חשמל, אבל נבחר חומר כזה שיוכל לגלות תכונות של מוליכות-על אם נקרר אותו בעזרת חנקן נוזל. נוסיף עתה מגנט מתחת למוליך (ראה שירטוט). נשים לב: אין מגע חשמלי בין המגנט לבין המוליך, ולמגנט אין שום השפעה על המוליך. נמשיך את בניית המפסק שלנו על ידי הוספה של חנקן נוזל בסביבת המוליך.[16] כפי שכבר ציינו, בחרנו מוליך שהופך להיות מוליך-על

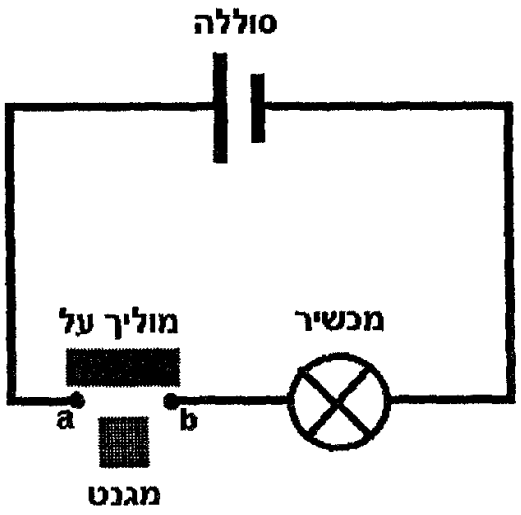
15. מעגל זהה, שיהיה מבוסס על טבעות מחוטי נחושת, יהיה חסר ערך כיון שהזרם החשמלי ידעך לאפס בתוך זמן קצר ביותר.

16. **הערת הרב ישראל רוזן:** לענ"ד יש לדון כאשר האדם מזרים בידיו חום או קור, בצורת נוזל או גז (אויר חם, למשל), האמנם זו פעולת גרמא או שמא הפעלה ישירה. לענ"ד הזרם הקר או החם נחשב ל"כלי עבודה" ביד האדם. אכן, אם החימום או הקירור נעשים "בסביבת" מוליך-העל ולא ישירות, והטמפרטורה הולכת ומתפשטת באיזור ומשפיעה גם על מוליך-העל - דומה כי אכן זו פעולה עקיפה שיש להתירה בנסיבות המתירות גרמא.

תגובת פרופ' יוסף ישורון: השפעת הטמפרטורה במוליכי-על שונה מזו שבתרמוסטט. הקירור או החימום של מוליך-על אינם יוצרים שום שינוי מַקרוסקופי, לא בממדי החומר ולא במראהו. השינויים הם

==========

כאשר מקררים אותו בעזרת חנקן נוזל. אבל, כזכור, מוליך-על נידחה ממגנט. המגנט יגרום, איפוא, לכך שמוליך העל יתרומם וינתק את המעגל.



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 מכח הגרביטציה, המוליך המתכתי ירד למקומו הקודם "ויסגור" את המעגל.

נסכם, איפוא, 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.

הדוגמאות ההיפותטיות שהבאנו לעיל מעלות כמה וכמה שאלות עקרוניות. למשל, האם האיסור של "מוליד-זרם" המוזכר באחרונים מתייחס למושג הטכנולוגי של זרם חשמלי (ראה טבלה, לעיל סוף פרק א) או ל"מוליד הספק"?[17] 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 ל"הרגיש" את הזרם בחושים, או במכשירי מדידה?[18] 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, היינו: בין מינוס 195 צלסיוס (הטמפרטורה בה החנקן הופך להיות נוזל) לבין טמפרטורת החדר. בטמפרטורה מסוימת בין שתי הטמפרטורות האלה משתנית תכונת ההולכה החשמלית באופן דרמטי. מעל לטמפרטורה המסוימת הזו יש לחומר התנגדות חשמלית, ואילו מתחת לה ההתנגדות החשמלית נעלמת כליל. השינוי מתבטא כולו כשינוי פיסיקלי, היינו: אין שום שינוי בחומר, לא שינוי חיצוני[19]

מיקרוסקופיים, ברמת האלקטרונים, והם גורמים לזרם החשמלי לגדול או לקטון. מנקודת מבט זו יש לראות בחימום או בקירור ע"י האדם פעולה עקיפה, כמו "בסביבתי".

17. פרופ' לב, במאמרו הנזכר לעיל בהערה 7, התייחס ל"מוליד הספק".

18. הערת הרב ישראל רוזן: סביר כי המושג "מוליד" במשמעותו ההלכתית כוונתו לתוצאה הנעשית והמורגשת ע"י האדם, בחושיו הטבעיים. לכן לדעתי אין מתחשבים במכשירי מדידה, אלא כמו בכל דיני תורה מתחשבים רק במה שחושי האדם מרגישים. לפי"ז, בענייננו המשמעות ההלכתית מופנית למכשיר המופעל: אם הוא "חי" - מסתובב, מנגן, מאיר, מחמם וכיו"ב - אפי' בעצמה נמוכה, אזי יש בו "זרם הלכתי". אם רק מכשיר מדידה מוכיח על קיום הזרם - הריהו כאילו אינו.

19. הערת הרב ישראל רוזן: כפי שפרופ' **ישורון** הסביר לי, החומר הופך למוליך-על בטמפ' הגבוהה בכ 10-15 מעלות מהטמפ' בה משתנה מצב הצבירה של החנקן מגז לנוזל. ואכן, יש להעיר, כאשר משנים מצב צבירה של חומר (ממוצק לנוזל, מנוזל לגז ולהפך) יש מקום לדון לאיסור מצד "מוליד", "בונה" או "מכה בפטיש" דרבנן. זהו האיסור שבריסוק שלג וברד בידים, וכך דנו בימינו לענין הקפאה והפשרה בשבת.

==========

(בצורת התומר, בצבעו וכיו"ב) ולא שינוי פנימי (במבנה הגבישי, במרחקים הבין-אטומיים וכיו"ב). ובכן, כיצד משתנית ההולכה בצורה כה דרסטית? התופעה כולה נובעת משינוי בכותות המשיכה שבין האלקטרונים נושאי הזרם החשמלי. במצב המוליך, כל אלקטרון נע באופן עצמאי ב"מסלול המכשולים" שמציבה בפניו ההתנגדות החשמלית, והוא "מבזבז" את האנרגיה שקבל 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 מאד של זוגות. התנועה המשולבת-המתואמת הזו היא הבסיס לכך שהאלקטרונים אינם "חשים" בהתנגדות חשמלית, וניתן לדבר על מוליכות-על.

האם יש במעבר ממצב "מוליך" למצב "מוליך-על" משום מוליד![20] האם יש במעבר בכיוון ההפוך משום מוליד? לכאורה, יש כאן שינוי פיסיקלי מובהק - שינוי בהתנגדות החשמלית של החומר. אבל, מאידך גיסא, כפי שהסברנו לעיל, אין שינוי בחומר עצמו אלא בהערכות הפנימית של נושאי הזרם, ואין להחשיבו כמוליד.

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

ד. דיון הלכתי

1. שתי שיטות באיסור חשמל בשבת

קיימות שתי גישות עקרוניות בפוסקים באשר להגדרת החשמל בהלכה:[21]

הדעה הראשונה, דעת ה"ביצת יצחק" והחולכים בעקבותיו, היא שיש בהפעלת מכשיר חשמלי משום **מוליד**. יש כאן מעין יצירה חדשה, ע"י הפיכתו ממכשיר דומם למכשיר פעיל. לדעה זו איסור החשמל הוא מדרבנן, אלא אם כן החשמל מפעיל מכשיר שפעולתו אסורה מהתורה, כגון נורת ליבון או ספירלה שיש בהן משום הבערה, מכונת גילוח המגלחת את השער, מכונת חליבה החולבת חלב וכדומה. לעומת זאת: מאוורר, מקרר וכדומה, שאין בהם מלאכה מהתורה, יש בהפעלתם רק איסור דרבנן.

המקור לאיסור מוליד הוא בריסוק שלג וברד והפיכתם לנוזל, וכדברי רש"י (שבת נא,ב ד"ה כדי): "משום דקא מוליד בשבת, ודמי למלאכה שבורא המים האלו." מקור אחר, קרוב יותר לנושא הנידון, מופיע במסכת ביצה כג,א בהקשר של מוליד ריח:

20. הערת הרב ישראל רוזן: ראה מאמרו של הגרשז"א זצ"ל על חשמל בשבת (קובץ מאמרים עמ' 53-54, ונדפס בספרו מנחת שלמה) שהעיר על ענין "מוליד זרם חשמלי", דלא מצינו איסור "הולדה" ביישומים דומים כמו להוליד מגנטיות (ע"י שפשוף), להוליד זרם מים, להוליד חיות בשתילה בעציץ נקוב, להוליד חום וכיו"ב. ושם סיכם, כי לענין מוליד זרם חשמלי "כבר הורה זקן" לאסור, ואם קבלה היא נקבל, אך "הבו דלא להוסיף עלה" לשינויים פיסיקליים אחרים. ראה גם מאמרי "ריאקציה כימית בשבת", תחומין יג, עמ' 135 ואילך, ובמיוחד בפרק ד' שם.

21. הערת הרב ישראל רוזן: יש לציין כי מלבד איסור "מוליד זרם" ו"בונה" דנו גם באיסורים נוספים. הרב הרצוג זצ"ל (היכל יצחק או"ח סי' מג) דן מצד מכה בפטיש (דרבנן). יש שסברו (לדעת רבים בטעות) שיש לדון בכל חשמל מצד מבעיר. החזו"א עצמו כתב גם מצד "מבשל" אם קיימת התחממות כלשהי במתכת, כדי יד סולדת.

==========

"סחופי כסא אשיראי ביומא טבא אסור. מ"ט? משום דקמוליד ריחא." המדובר שם בהחדרת ריח לבגדים ביו"ט, ויש בכך משום מוליד ריח - הבגדים לא היו מבושמים ועתה נעשו מבושמים. וא"כ, הוא הדין להכנסת זרם חשמלי לתוך מכשיר והפעלתו.

הדעה השניה היא דעתו של ה"חזון-איש" (או"ח נ,ט). כידוע, חידש ה"חזון-איש" חידוש גדול באשר לחשמל בשבת, ולדעתו הזרמת זרם חשמלי אסורה משום בונה. וזו לשונו:

> 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.

עד כמה שניתן, לענ"ד, לרדת לסוף דעתו, נראה שה"חזון-איש" משתמש במושג "צורה" כמשמעותה ברמב"ם, כלומר התכונה המהותית של דבר שבו אנו מבדילים אותו מדבר אחר. למשל, "צורת" האדם שונה מצורת השור - בחכמתו, כי החכמה היא המייחדת את האדם מן השור. 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. לדבריו, נפיחת הנשמה באדם היא מלאכה. כי אדם עם נשמה שונה מהותית מיצור ללא נשמה. הפיכתו של האדם לבעל נשמה היא בנייתו. ואכן נאמר באדם "ויבן".[22]

לשאלתו של הגרש"ז אוירבך, במה שונה חימום מתכת מהזרמת זרם חשמלי במוליך, משיב החזון-איש:

> 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 יצירתן, ושימוש זה תדירי, וההעמדה על מתכונתה ע"י החיבור... חוששים בו משום בונה... בתיקון החוט עצמו ממות לחיים הוי בונה.

במילים אחרות: הזרם החשמלי הוא כוח טבעי הנמצא בתוך המוליך, וכשהוא "מתעורר לחיים" ע"י מקור האנרגיה, נמצא שהוא הופך מחומר גלם לצורה - הוא מקבל את תכונתו המהותית המושלמת, ולכן הדבר נחשב לבונה.

2. הבדלים בין "מוליד" ל"בונה"

ההבדלים בין שתי השיטות הן כדלהלן:

א. לשיטת ה"בית-יצחק", הפעלת מכשיר חשמלי שאין בו מלאכה אסורה, כגון מאוורר, אין בה איסור מהתורה, אלא מדרבנן. לדעת ה"חזון-איש", כל סגירת מעגל חשמלי בשבת, גם אם אינה מפעילה מכשיר שיש בו מלאכה מהתורה, אסורה מדאורייתא.

ב. לשיטת ה"בית-יצחק" האיסור הוא רק בהפעלת המכשיר, בהפיכתו מדומם לפעיל, משום מוליך. אך בסגירת מעגל חשמלי לבד, ללא הפעלת מכשיר, אין שום איסור, כי זו אינה מורגשת בחושינו. לעומת זאת, הפעלת המכשיר מורגשת בחושינו. דבר זה למדתי מתשובתו של חתנו של ה"בית-יצחק", הגר"נ לווין מרישא לדו"ז ר' אלתר

22. ואכן 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"חי" וזוהי תכונתו וצורתו, ע"ש. פוסקים רבים חולקים על-כך וסוברים שמתיחת קפיץ של שעון אסורה רק מדרבנן - עיין שערי תשובה שלח ס"ק ב. אך כפי שיתבאר, החזון איש מתייחס בעיקר לחוטים המוליכים את החשמל.

==========

שטיגליץ (בקונטרס אחרון לספרו צל"ח החדש מאמר א'). הגר"נ לווין רצה להתיר שם את מכשיר הטלפון מהטעם הנ"ל, שאין הפעלת המכשיר מורגשת בחושי האדם. למעשה, נהגו לאסור את השימוש בטלפון בשבת משום מוליד, כי חושינו חשים בקולות הבוקעים מן המכשיר.

לשיטת ה"חזון-איש" כנראה שעיקר איסור בונה מתייחס לחוט המוליך ופחות למכשיר,[23] כי בדבריו הוא מתייחס ל"כוח החשמלי המוטבע בחוט". עד כדי כך שיש מתלמידיו הסבורים שאסור לסגור מעגל חשמלי גם כאשר החשמל אינו זורם בחוטים ("חידושים וביאורים" למסי שבת, יח,יד).

ממכתבי החזון-איש שנשלחו לגרש"ז אוירבך משמע, שרק כאשר החשמל זורם בחוטים בפועל יש בכך משום בונה. אולם, גם לדיעה זו קשה, שהרי אין הזרם מורגש בחושים! (אמנם מוליך שבו זורם 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", אלא שהמכשיר איננו סיבת האיסור אלא סימן לכך שהחוט המוליך מזרים חשמל. החיוב הוא בעיקר על החוט. ואע"פ שגם המכשיר מתעורר לחיים עם הפעלתו, ואולי יותר מהחוט, בכל זאת סובר החזו"א שיש בחוט חומרא שאינה בהפעלת המכשיר, כי בחוט מוטבע הכח 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 בבנין גמור ובסתירה גמורה, בוודאי שהדבר יהיה אסור (החזו"א עצמו מביא דוגמא לתופר בגד ופורמו בכל שימוש ושימוש.

לאור ההסבר הנ"ל בדעת החזו"א עיקר הבניה היא בחוטים המוליכים את החשמל, ולכן נראה שבמוליכי-על ניתן 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 בנין, לא נוצרת כאן צורה חדשה; מאידך, כתוצאה משינוי הטמפרטורה נעשה החומר למוליך-על וזרימת הזרם שבו מתאפשרת למעשה - אמנם לא כזרימת זרם במוליך רגיל, אך בכל זאת יש כאן הפיכת חומר דומם לחי ופעיל. ויתכן אפוא, שיש כאן "בונה" לדעת ה"חזון-איש", וצ"ע.

23. הערת הרב ישראל רוזן: לענ"ד אין כוונת החזו"א ל"בניה" המתרחשת בתוככי חוט הנחושת, למרות שהמלה "חוטים" מוזכרת בלשונו. החזו"א מדבר על "שינוי ממות לחיים", וכוונתו שכל הפעלה חשמלית היא "יצירתית" ו"מחיה", ולפיכך הריהי בבחינת "מתן צורה לחומר". חיות זו (מנוע מסתובב, רדיו מנגן, נורה מאירה, אלמנט מחמם וכיו"ב) נחשבת לבניה. החולקים עליו סבורים כי פעילות כזו נחשבת "שימוש" ולא "יצירה". מ"מ לדעתי פשיטא שאין כוונת החזו"א לשינויים הפנימיים (זרם אלקטרונים) בתוך החוטים.

ומש"כ תלמידיו ב"חידושים והביאורים" (שהזכיר מחבר המאמר) לאסור מיתוג חשמלי משום בונה גם כאשר שעון השבת מנותק, אדרבה מכאן ראיה - הרי במצב זה המיתוג אינו גורם לשום זרם בחוטים. כוונתו שם להחמיר משום השלמת ה"חוליה חסרה" בחוט, שהוא החיבור המתכתי במתג המהווה הוספת נדבך לבנין הסופי (שהוא הפעלת המכשיר) אשר יושלם בעתיד כשיבוא הזרם ע"י השעון. כידוע, המוסיף אבן גם לבנין בלתי גמור חייב משום בונה. מ"מ, הבניה איננה ב"פנימיות החוטים" אלא במכניקה של המיתוג.

ולענין דעה מחמירה זו ראה מש"כ עליו בציץ אליעזר (חי"ו סי' ה אות ג) דהפריז על המדה ולא יתכן לראות בכה"ג בונה גם לשיטת החזו"א. "ולכן אין להאמין גם למי שיאמר בשמו של החזו"א זצ"ל ששמע כך ממנו בע"פ, ובודאי טעה השומע או לא הבין".

==========

עם זאת, מסתבר שהפעלת מכשיר חשמלי בדרך זו תיחשב רק לגרמא. כי הזרמת אויר קר בדרך מכנית, וכן להיפך, מתן אפשרות למוליך לחזור לחום הטבעי שבחדר, אין בהם שום מלאכה, אלא שהם גורמים למלאכה. אם התהליך דורש זמן ניכר,[24] יש כאן גרמא, ובמקום שגרמא מותר יהיה מותר להפעיל מכשיר חשמלי בדרך זו. כמו כן יהיה מותר להפעיל מכשיר, שיש בו זרם חשמלי עוד מערב שבת, ובשבת משתנית העצמה של הזרם - בצורה כזו ניתן "לכתוב" בשבת. כתב זה אינו כתוב באותיות הניכרות לנו, ולכן אינו כתב. ובאשר לשינוי עוצמת הזרם - אין כאן בונה גם לדעת ה"חזון-איש", כיון שיש כאן זרם עוד מערב שבת ורק עצמתו משתנית.[25] אין כאן הפיכת חומר מת לחי, אלא תוספת חיים ליצור חי.

3. השלכות על נושא מוליכי-על

מה תהיינה ההשלכות של שתי הדעות האמורות על מוליכי-על?

לדעה הראשונה (ה"ביצית-יצחק" וסיעתו) בלאו הכי איננו מתייחסים לחוט המוליך אלא להפעלת המכשיר, ולדעה זו מוליך-על אינו מעלה ואינו מוריד. אם כי, יש למוליכי-על השלכה על נושא הגרמא בשבת, וניתן יהיה להסכים לשימוש במוליכי-על ביישומים רבים ומגוונים יותר באשר להפעלת מכשירים בשבת בדרך גרמא (במקום שיש הכרח לכך, ובהנחייתם של פוסקי ההלכה).

אולם, לדעת החזון-איש נראה לענ"ד שיתכן כי יש במוליכי-העל שינוי משמעותי, כי ניתן יהיה להזרים מערב שבת זרם בעוצמה נמוכה בתוך מעגל חשמלי ובשבת לגרום להגברת עוצמתו של הזרם על-ידי תוספת גז קר בדרך מכנית שאין בה איסור. מכיון שהבנייה נעשתה כבר מערב שבת, אין בהגברת עוצמתו של הזרם בשבת אלא תוספת בנייה, וייתכן שזו מותרת בשבת, כפי שהובהר לעיל, שהרי מצינו שתוספת ריח ביו"ט מותרת,[26] וכבר העיר על כך פרופ' ר' זאב לב בתחומין ב. ולפי זה מכשיר חשמלי שהופעל בערב שבת בעוצמה נמוכה, ובשבת רק מגבירים את עוצמת הזרם, לכאורה אין בכך איסור (ואכן כך נוהגים למעשה המשתמשים במכשיר שמיעה[27]) בתנאי שהחוט אינו מתלהט ע"י כך. אולם דבר פשוט הוא שאם חוט לא התלהט בע"ש, ובשבת הוא מתלהט כתוצאה מהגברת הזרם - הדבר אסור משום הבערה, אך לא משום מוליד.

24. **הערת הרב ישראל רוזן:** כאן מקום אתי להעיר על הגדרת הגרמא ולציין ששיהוי הזמן איננו מרכיב עיקרי בהגדרה זו. "גרמא" תלויה בצירוף שני תנאים: א. כאשר האדם פעל ועשה - עדיין לא אירע דבר **ולא התחיל שום תהליך**. פעולתו היתה, בעת התבצעותה, "מתה" לחלוטין. למשל, הנחת כדי חרס מלאי מים בסביבת הדליקה, כדוגמת חז"ל, או שינוי מתג כאשר שעון השבת מנותק. ב. התוצאה תתרחש "אחר כך" **באמצעות גורם נוסף בלתי תלוי**, הקיים ומופעל מקודם - האש הדולקת מכבר וכשתגיע לכדים תגרום לכיבויה, או שעון השבת שיגיע זמנו. המושג "אחר כך" הנזכר בתנאי השני, משמעותו זמן המורגש אצל בני אדם כשיהוי **ועיכוב**, כמו שבכל דיני תורה הולכים לפי הבנת "אדם בינוני". זמן של חלקיק שניה איננו קרוי "אחר כך".
תשובת הרב אריאל: בנ"ד, במקרה שמפסיקים את הזרמת האויר הקר, והחוט מתחמם ע"י החום הטבעי שבסביבה, זהו גורם נוסף בלתי תלוי, ולכן הוא ייחשב לגרמא

25. **הערת הרב ישראל רוזן:** ראה הערה 14.

26. בביצה כג,א: "ריחא מיהא איתא ואוסופי הוא דקמוסיף".

27. ראה שמירת שבת כהלכתה לד,כח.

==========

לפי זה אם חוט התלהט כבר מערב שבת, ובשבת רק מגבירים את הזרם - הדבר לא יהיה אסור, לפחות מהתורה. אלא שלא מצינו שהפוסקים התייחסו למיניאור,[28] ולא שמענו שמישהו סובר שלא יהיה בו איסור מבעיר מדאורייתא.[29]

אולי יש לתלות שאלה זאת במחלוקת הרב מלאדי והאבני-נזר.[30] לדעת הרב מלאדי עיקר האיסור במבעיר הוא בריבוי האש. ראייתו מגחלת של מתכת שאין בה בלאי של עצים ושמן, אך יש בה שלהבת ולכן חייב משום מבעיר. לדבריו יתכן לומר שכל הגברת אור היא תוספת בהבערה, ויש כאן מלאכת מבעיר. אך האבני-נזר חולק עליו וסובר שחיוב מבעיר הוא בגלל כילוי השמן והפתילה ולא בגלל השלהבת, וגחלת של מתכת אינה אלא תולדות הבערה.[31] לדבריו יתכן לומר שהגברת האור שאין בה כילוי של שמן ופתילה אין בה משום מבעיר.[32]

כאמור, הגדרת הזרם החשמלי נגרמת כתוצאה מהורדת הטמפרטורה של המוליך. החזו"א עצמו במכתבו לגרשז"א הבחין בין שינוי טמפרטורה לבין זרם חשמלי. שינוי טמפרטורה לדעתו אינו נחשב לבונה, כי השינוי הוא חיצוני ומקרי; בעוד שזרם חשמלי

28. מנורה חשמלית שניתן להגביר או להפחית את עוצמת אורה על-ידי סיבוב המתג ללא כיבוי או הדלקה מחדש של המנורה (=עמעם).

29. **הערת הרב ישראל רוזן:** לענ"ד קיים איסור להשתמש בשבת בעמעם תאורה או חימום. גמ' ערוכה היא בביצה כב,א "**הנותן שמן בנר חייב משום מבעיר**, והמסתפק ממנו חייב משום מכבה." הלכה זו נפסקה כלשונה ברמב"ם (שבת יב,ב) ומשמע ד**חייב** מדאורייתא. הראשונים נחלקו בטעם האיסור, ודנו בעיקר בקשר למסתפק מן השמן. התוס' שם ד"ה והמסתפק כתבו "דבאותה שעה שהוא מסתפק מכבה קצת **ומכהה אורו**... ולכן **נראה ככיבוי**." משמעות דבריהם שהאיסור מדרבנן משום שניכרת השפעה מיידית, תוך כדי פעולת האדם.
ולענין מוסיף שמן, משמעות המימרא בגמ' היא ששני הצדדים סימטריים (ר' בחזו"א שבת לח שכתב "דמשמע בברייתא דנותן ומסתפק כהדדי נינהו"). א"כ צ"ל שע"י הוספת השמן **מגביר אורו מעט, מיידית, וזה בדיוק העמעם האלקטרוני**. ומצאתי בקרית-ספר על הרמב"ם שם שביאר: "הנותן שמן לתוך הנר הדולק חייב משום מבעיר **דבריבוי השמן דולק יותר**, והמסתפק ממנו חייב משום מכבה דלא אנהר כולי האי כי איכא שמן מועט בנר." לענ"ד כוונתו במלים "דולק יותר" (במוסיף שמן) - היינו ביתר עצמה, ולא זמן ארוך יותר, וכמ"ש לענין מסתפק "דלא אנהר כולי האי".
אכן, הרא"ש ודעימיה פירשו את המימרא בגמ' מצד תוספת זמן הבעירה (בנותן) או קיצורו (במסתפק), **ואסור רק אם** "נוגע בדבר הדולק" עצמו. האחרונים דנו האם לשיטתו האיסור הוא מדאורייתא או מדרבנן (ר' בחזו"א שם ובפנ"י ועוד). הראש חולק על התוס' בהסבר הגמ' מכח קושיא שמצינו איסור במסתפק מן השמן גם "בשפופרת שעל פי הנר" המטפטפת מבחוץ, ואז בודאי שהוצאת שמן מן המיכל החיצוני איננה משפיעה על הכהיית הנר. משמע, איפוא, שאם אכן מכהה או מנהיר את הנר מיד - גם לדעת הראש אסור, **ואולי אפי' חייב. הוי אומר: אין היתר לשנות מיניאור או עמעם בשבת.**

30. ראה להלן בפרק "מלאכה אחר מלאכה".

31. **הערת הרב ישראל רוזן:** שאלה זו, האם יש איסור הבערה בגחלת של מתכת שאין בה כילוי חומר בעירה, היא מוקד הדיון בשאלת איסור החשמל בשבת, כאשר מדובר על תאורה או חימום שהם בבחינת "גחלת של מתכת". כל משיבי הדורות האחרונים עסקו בשאלה זו, ודומה כי נמנו וגמרו (פרט לגר"ש גורן זצ"ל, "הדלקת החשמל בשבת", סיני כסלו ושבט-אדר תש"ט, ונדפס שנית ב"משיב מלחמה") כי יש איסור דאורייתא בגחלת של מתכת. ראה מאמרו של הגרשז"א זצ"ל בענין החשמל בשבת ב"קובץ מאמרים בעניני חשמל ושבת" (ירושלים תשל"ח), ומאמרי "מיקרופון ורמקול בשבת", תחומין טו, עמ' 371 ואילך, ובמיוחד בעמ' 376, "מכשירי שמיעה".

32. **הערת הרב ישראל רוזן:** ואין להחשיב את העובדה שהגברת הצריכה החשמלית מגדילה את צריכת חומרי הבעירה שבתחנת הכוח, כי כמות כזו אין לה השפעה, מה גם שבו זמנית אחרים מפחיתים את הצריכה, והגברת הצריכה במקום אחד מתקזזת ע"י הפחתתה במקום אחר (סברא זו מובאת גם בשש"כ, פכ"ג הערה קלז, בשם הגרשז"א זצ"ל לענין השפעה במעלית.)

==========

משנה את החוט מהותית, כי האלקטרונים נמצאים כל הזמן בתוך החוט ושינוי זרימתם הוא העמדת החוט על מתכונתו והפיכתו ממת לחי, כלשונו. מה תהיה איפוא דעתו כאשר בו זמנית משתנית הטמפרטורה של החוט, ויחד עמה משתנית גם עוצמת הזרם החשמלי?

מסתבר לומר כי למרות ששינוי הטמפרטורה לכשעצמו מותר, שינוי עוצמת הזרם יהיה תלוי: אם בערב שבת לא היה זרם חשמל במוליך, ועי"י שינוי הטמפרטורה בשבת יזרום חשמל בחוט - יש כאן משום בונה בשבת. אך אם בערב שבת היה כבר זרם בחוט, ועי"י שינוי הטמפרטורה רק התגברה עצמתו - יש מקום אולי להתיר את הדבר, כי הבנייה נעשתה כבר מערב שבת[33] (כנראה שהחזו"א יתיר גם להגביר את הקול במכשירי שמיעה, שאין בהם התלהטות, ואין בכך משום בונה).

4. מלאכה אחר מלאכה

שאלה עקרונית, הראויה לדיון מעמיק יותר בהקשר זה, היא: האם יש בונה אחר בונה? לסוברים שאיסור חשמל בשבת מקורו ב"מולידי", מצינו שתוספת הולדה מותרת. אך לשיטת החזו"א, האוסר משום "בונה", יש לדון מה דין תוספת של בניה, דהיינו חיזוקה והגברתה? לדעת פוסקי דורנו, השקאת בטון אסורה בשבת,[34] למרות שזו רק תוספת בניה. יש לדמות השקאה זו להשקאת צומח שאסורה, ובכל זאת לדעת הרמב"ם אין איסור מהתורה להניח עציץ נקוב על הקרקע, כפי שיתבאר להלן. האם ניתן ללמוד ענין בונה ממלאכות אחרות?

הגר"א בביאורו לשו"ע או"ח (שכא,טז) הביא תוספתא: "מוללין את המלול",[35] והוסיף על כך הגר"א: "והוא הדין לכל מלאכה, כמ"ש שם", ור"ל שבתוספתא נאמר גם: "ואופין את האפוי ומבשלין את המבושל." אולם הגר"א סובר שה"ה **לכל** המלאכות, שבכולן אין מלאכה אחר מלאכה.

אולם בחזו"א (סי' נז ד"ה ענין) כתב, שענין טחינה אחר טחינה אינו ענין לבישול אחר בישול. כי דבר שנתבשל כבר פעם אחת התרכך ונעשה ראוי לאכילה, והבישול החדש אינו מוסיף לבישול עצמו (ואכן, אם הבישול הראשון אינו מורגש, כגון מתיך מתכת שחזרה ונקרשה - יש בבישול השני בישול). משא"כ טחינה אחר טחינה, שמותרת, למרות שהטחינה הראשונה בטלה ע"י שינוי בצורתה של העיסה אחר אפייתה, משום שהטחינה השניה טוחנת דבר מלאכותי ולא דבר טבעי, ואין איסור טחינה בדבר שהתגבש בצורה מלאכותית. לדעתו, אין כלל מוחלט וגורף שאין מלאכה אחר מלאכה, ואנו דנים כל מלאכה לגופה.

האם החזו"א חולק על הגר"א, הסובר שכלל הוא **בכל המלאכות** שאין מלאכה אחר מלאכה? מסתבר לומר שגם הגר"א מודה שאין לדמות מלאכה לחברתה, ולכל מלאכה גדרים נפרדים. העיקרון הוא אכן שווה בכל המלאכות, או ברובן, שאין מלאכה אחר

33. **הערת הרב ישראל רוזן:** לפי מה שהערנו (הערה 12) כי הזרם ה"חלש" צריך לזרום במכשיר המופעל עצמו, ובצורה מיכרת ומורגשת בחושים, נראה כי דרישה כזו מצמצמת מאד את היישום המעשי.

34. עי' שמירת שבת כהלכתה כג,מג וכן ל,יג שאמירה ישירה לנוכרי שישקה בטון בשבת אסורה משום שזו מלאכה מהתורה.

35. עיין ברכת אליהו שם שהביא שני פירושים: ממנחת-ביכורים, שאין טוחן אחר טוחן; ושלו, שאין דישה אחר דישה.

==========

מלאכה; אך אין אפשרות ליישם את הכלל הזה באופן שווה בכל המלאכות, ולכן **יישום** הכלל שונה ממלאכה למלאכה. ונפרט את המלאכות אחת לאחת:

בבישול הכלל הוא שאין בישול אחר בישול. לדעת הרשב"א אפילו אם הבישול הראשון היה רק כמאכל בן דרוסאי, אין בבישול נוסף משום בישול. לכו"ע בבישול גמור (יבש) אין בישול אחר בישול.

בטוחן אחר טוחן - באגלי-טל (טוחן סע' טו) למד ממבשל, ולדעתו ירק שהיה חתוך מערב שבת דק דק, לדעת רוב הפוסקים פטור על טחינתו הנוספת בשבת. וכן סממנים שהיו כתושים כל צרכם, ושחקם בשבת כדי שתהיה דקה מן הדקה - פטור לכל הדעות. וכן סולת שטחנה עד שנעשית כאבק דק - פטור. מאידך גיסא, הקטורת ביוה"כ, שעיקר שימושה הוא דוקא בהיותה דקה מן הדקה, אסור לכותשה ביוהכ"פ. משמע שהכל תלוי בטיב השימוש.

בזורע, כאמור מצינו שהרמב"ם (שבת ח,יד) פטר מי שהניח עציץ נקוב שנמצא ע"ג יתדות והניחו בשבת על הקרקע, אע"פ שע"י הנחה זו מתנספת יניקה ויש כאן תוספת זריעה. לכאורה, הרי בכל תולדות זורע - משקה, מזבל וכדי - הפעולה רק מוסיפה לצמיחה; צריך לחלק בין השקאה וזיבול שיש בהם תוספת איכות של כח הצמיחה, לבין הנחת עציץ נקוב על הקרקע, שניתן להגדירה כתוספת כמות (עי' אג"ט זורע כב,ב).[36]

בחורש אחר חורש - אם החרישה הראשונה תיחחה את העפר, אין בחרישה השניה משום חורש (תוס' מכות כב,א ד"ה אמר). צ"ע מהו גדר התיחוח - אם החריש הראשון תיחח את האדמה עד שהיא ראויה לזריעה והחריש השני מתחח טוב יותר, האם אסור מהתורה? בתוס' גיטין מד,ב ד"ה ונטייבה הביאו את פירוש הר"ח: "נטייבה - חרש בה חרישה יתרה", ומשמע שם שהאיסור הוא מהתורה. אך יתכן שהתוס' שם חולקים על הר"ח. ואכן בירושלמי שביעית פ"ד ה"ב: "שדה שנתקווצה - תמן אמרין, כניטלו קוציה. ורבנן דהכא אמרין, כשחרש. על דעתייהו דרבנן דהכא, איזהו הטיוב? כל העם חורשין פעם אחת, והוא חורש שתי פעמים." משמע שיש בדבר מחלוקת בין הבבלי לירושלמי (אך בפי' הר"ש סיריליו משמע שגם הירושלמי סובר שחרישה באדמה תחוחה אינה חרישה, והדברים עדיין צ"ע).

הכותב כתב ע"ג כתב, פטור. אולם זהו רק כאשר אין הכתב העליון מוסיף על הכתב התחתון. כאשר הכתב העליון מוסיף - כגון דיו ע"ג סיקרא, או אפילו דיו ע"ג דיו והוסיף בעליון לשמה - חייב (גיטין יט,א ובתוס' ד"ה דיו). יתכן לומר שהכתב העליון נחשב

36. הערת הרב ישראל דוזן: לכאורה יקשה ממנכש, שזו פעולה "סביבתית" ואינה מוסיפה באיכות, ואעפ"כ חייב! אכן, לענ"ד מלאכת זורע שאני, משום שכל כולה של מלאכת זריעה איננה אלא "הוספת כח" ויצירת תנאים שבהן הקב"ה, באמצעות הכוחות הטבעיים, מגדל ומצמיח. לפיכך יש "זורע אחר זורע", שכן זו הגדרת המלאכה. וראה בירושלמי (שבת פ"ז ה"ב) "כל דבר שהוא מבחיל את הפירות חייב משום זורע; הנוטע, המבריך, המרכיב... המזהם, המפרק, המאבק, המעשן, המתליע, הסך והמשקה... חייב משום זורע". על סמך מימרא זו, הכוללת גם מלאכות כמו ריסוס ופעולות חיצוניות לאילן, כתב בעל שביתת השבת (זורע אות י): "אעפ"י שלהרבה דיני תורה מבריח ארי, שהוא סילוק ההיזק, לא חשיב מעשה - אבל לענין שבת ושביעית מצינו שגם מבריח ארי חשוב כעושב גוף הפעולה... על כן מי שיש לו עציץ הזרוע בחלון, אסור לפתוח או לנעול או לפרוס סדין אם יש בזה תועלת להצמחים." מכל זה עולה שמלאכת זורע שונה ממלאכות אחרות.

תשובת הרב אריאל: לענ"ד מנכש מעלה את איכות הקרקע, כמו מזבל. אך המוסיף עפר לעציץ מוסיף רק כמות, ויתכן שאין איסורו מהתורה. משום כך, המניח עציץ נקוב שהיה מונח ע"ג יתידות על הקרקע רק מוסיף כמות לעציץ, ולכן הוא פטור לדעת הרמב"ם.

==========

לכתב בגלל מחיקת הכתב התחתון (ועי"ש בסוגיה שהא בהא תליא; ובטעם בדבר עיין חי' הגר"ח בשכפול, שם אות קמה).

במבעיר שנינו (ביצה כב,א): "הנותן שמן בנר חייב משום מבעיר". גחלת כשל מתכת חייבין עליה משום מבעיר (רמב"ם שבת יב,א, ועי"ש ראב"ד ולח"מ). לדעת הרב מלאדי בשו"ע שלו (סי' תצה בקונ"א) עיקר חיוב מבעיר אינו משום שריפת העצים, אלא בגלל עצם ההבערה, והביא ראיה מגחלת של מתכת שאין בה שריפת חומר בעירה. לדידו יתכן שאם גחלת של מתכת "בוערת" ומוסיף ללבנה עד שהיא מתלהטת יותר, אזי כל תוספת הבערה היא מלאכה, כמו בנותן שמן לנר.

אך באבני-נזר (או"ח רלד) חולק עליו וסובר שעיקר ההבערה היא כילוי העצים, וגחלת של מתכת אסורה כתולדה בלבד. לדבריו צ"ע, האם תוספת הבערה בגחלת של מתכת תהיה אסורה מהתורה, שהרי אין כאן תוספת כילוי אלא תוספת הבערה.

מצינו, איפוא, שוני בגדרי מלאכה אחר מלאכה באבות השונים, ולכן יש מקום להסתפק בבונה אחר בונה אם יש בזה איסור מהתורה: אע"פ שמשקה בטון אסור מהתורה, משום שהדבר דומה למשקה זרעים והתוספת היא באיכות, אך בתוספת זרם חשמלי צ"ע אם זו רק תוספת בכמות? אמנם מסתבר שאם זרם חלש יכול להפעיל רק מכשיר מסוג אחד (כגון נורית בקרה) וזרם מוגבר יכול להפעיל מכשיר מסוג אחר, אין זו תוספת כמותית בלבד אלא תוספת איכותית, ויהיה בכך משום איסור דאורייתא לחזו"א. הרי זה דומה למה שמצינו בקטורת ביוהכ"פ, שהצורך הוא דוקא בדקה מן הדקה, ולכן יש בכך איסור מהתורה. אין זו תוספת ב"כמות" הטחינה, דקה יותר, אלא תוספת ב"איכות", וצ"ע.

וכן מביא הרי"ל הלפרין בספרו "מעליות בשבת" (עמ' קסו), שתוספת זרם אין בה משום בונה לדעת החזו"א.[37] וכן כתב הגרשז"א במנחת-שלמה ס"ס יב (עמ' קי): "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 כאמור דומה שהעולם נוהג להתיר שימוש במכשירי שמיעה, כולל הגברת העצמה. גם בעצם הדיבור יש הגברת העוצמה, ובכל זאת התירו את הדבר. אמנם בדיבור יש לומר שהמדבר אינו מתכוון לכך, וא"כ אינו אלא מתעסק (עי"ש במנחת-שלמה).[38] אך גם במתעסק לדעת ר' עקיבא אייגר (שו"ת סי' ח) הוא איסור תורה. ואם התירו לדבר, על כרחך צ"ל שלפחות אין כאן אסור תורה גם לדעת החזו"א.

37. אם כי כתב שם סניפים נוספים לכך שאין השימוש במעלית אוטומטית משום איסור בונה.

38. **הערת הרב ישראל רוזן:** ראה במאמרי הנ"ל: "מיקרופון ורמקול בשבת", ובמיוחד לענין איסורי שבת בדיבור בעמ' 377: "פעולה חשמלית ע"י הבל פה". שם הצעתי להבחין בין הנוגע במכשיר המופעל (במיקרופון, למשל) לבין המדבר מרחוק, עפ"י מה שמצינו בחו"מ (תכ,כה) לענין נזיקין "צעק באזנו וחרשו - פטור מדיני אדם וחייב בדיני שמים; **אחזו ותקע באזנו** וחרשו - נותן לו דמי כולו", וצ"ע בחידוש זה להלכה.

==========

ה. מסקנות

נתייחס עתה להצעות הקונקרטיות שהוצעו לעיל:

א. הפעלת מכשיר בדרך גרמא בשבת על-ידי קירור מוליך-על בעזרת חנקן נוזל:
הגז או הנוזל יגיעו למוליך בדרך מכנית (על-ידי פתיחה עקיפה של ברז רגיל) ובהדרגה, כדי שהמכשיר לא יפעל מיד, אלא כעבור זמן, והרי לנו מכשיר גרמא פשוט ונוח (כמובן, ההיתר לשימוש הגרמא בשבת כפוף לתנאים הלכתיים, כגון לחולה שאין בו סכנה, ולמניעת הפסד מרובה). דרך זו ישימה גם לדעת החזון-איש, כי אין כאן בניה גמורה בשבת אלא רק תוספת. אולם זו מותנית בכך שזרם חשמלי בעוצמה נמוכה יזרום במוליכים, ואולי אף במכשיר עצמו, כבר מערב שבת. כאמור, מן הראוי שזרם זה יהיה מוחשי על-ידי נורית בקרה, או גוף מתנועע וכדו'.

ב. "כתיבה" באמצעות טבעת מוליכת-על:
לשיטת בית-יצחק הרעיון פשוט יותר ליישום. מכיוון שאין כאן כתיבה הניכרת לעין, אלא רק סימנים מגנטיים, אין איסור לעשות זאת בשבת ולפענח את הסימנים במוצ"ש.[39] לשיטת החזון-איש יש צורך בהעברת זרם חשמלי בטבעות בערב שבת (וכנ"ל, בעוצמה הניכרת בדרך מוחשית) ורק לשנות את העוצמה בשבת.

ג. מפסק הבנוי ממוליך-על וממגנט:
לפי בית-יצחק השימוש במפסק זה מותר ע"פ עקרון הגרמא. הגז מתאדה מאליו, וגם המוליך המתכתי יורד למקומו מאליו וסוגר את המעגל החשמלי. וכן, כשמוסיפים נוזל קר בעקיפין ובהדרגה, המוליך מתקרר, והמוליך מתרומם מאליו ופותח את המעגל החשמלי. אין כאן מעשה ישיר אלא גרמא בלבד. גם לפי חזו"א מפסק זה יכול להיות מותר,[40] כי עוצמת הזרימת החשמל במוליכים נעשית בגרמא.

39. רעיון דומה במקצת הוצע בזמנו על-ידי מכון "יצומת", להשתמש בשבת בכתב סתר או בהקלטה ברשם קול, שיופעל בדרך מותרת, ואין הבדל עקרוני בין הדברים.

40. **הערת הרב ישראל רוזן:** לא נתברר לי מה ענין החזו"א לכאן - אם קירור/חימום מוליך-על נחשב גרמא, יש להתירו ככל גרמא, לכל הדעות, בנסיבות שבהן מתירים גרמא. אגב, כאשר מתירים "גרמא" - ההיתר הוא גם בדאורייתא, ולא רק כעין כיבוי אש שהוא דרבנן, וכמ"ש בביאור-הלכה שלד,כב: "דגרם כיבוי מותר, לאו דוקא גרם כיבוי דהוא מלאכה שאינה צריכה לגופה דאפי' בכל מלאכות הדין כן", וראה במאירי שבת קכ,א במשנה: "מותר להגין בכלי האש הקשין אעפ"י שהאור שולט בהם, לכונה לעכב האש מעט שלא יעבור במהירות... ואעפ"י שגורם להבעיר **אף גורם להבערה במקום פסידא התירו**".
תשובת הרב יעקב אריאל: אכן, זו כוונת הדברים שבנקודה זו אין מחלוקת בין החזו"א לבין יתר הפוסקים.