

יורה מדע

גיליון חודשי להלכה, מדע וטכנולוגיה

גיליון 16 – תשרי תשפ"ג

הצבעים בהלכה (ב)

הקדמה

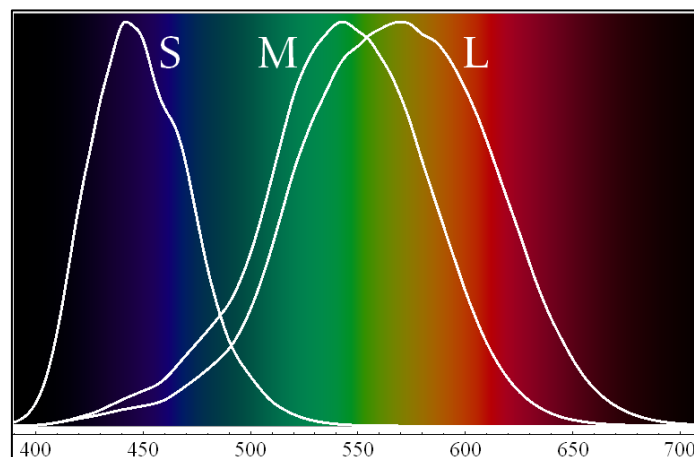
בגיליון הקודם למדנו מושגים כלליים לגבי הצבע ואת אופן היווצרות הקשת בענן, ועסקנו בסוגיות של זמן מצוות ציצית וברכת ראיית הקשת. במאמר זה נמשיך בחלק המדעי להעמיק את היכרותנו עם עולם הצבע, לקראת הסוגיות שנכיר בהמשך. ההסבר המדעי מבוסס על היסודות שהוסברו בהסבר המדעי שהופיע בגיליון הקודם¹.

החלק ההלכתי של מאמר זה יעסוק בסוגיה בהלכות ארבעת המינים הנוגעת לצבע. לשם כך, בנוסף להמשך ההיכרות עם מושגים מעולם הצבע באופן כללי, נלמד בחלק המדעי גם נקודה הנוגעת לצבעם של צמחים.

הסבר מדעי

צבעים חיבוריים

בגיליון האחרון עסקנו בהשפעת גל אור בעל אורך גל מסוים שפוגע ברשתית העין, ומתורגם לצבע באמצעות רמות הגירוי האופייניות של אורך הגל הזה לשלושת סוגי ה'מדוכים' שבעין. ניזכר בגרף² שראינו בגיליון הקודם, ובו מתוארת רגישותו של כל אחד מסוגי המדוכים לאורכי גל שונים (המספרים בתחתית הגרף הם אורכי גל, הנתונים ביחידת הננומטר, והצבעים בגרף הם הצבעים התואמים לכל אחד מאורכי הגל):



בגרף מתוארת תגובת המדוכים שבעין רק עבור גל בודד בעל אורך גל מסוים שמתפרש במוח כצבע מתוך גווני הקשת. אך כמעט כל הצבעים שאנו מכירים אינם תוצאה של גל בודד, אלא של קבוצת גלים בעלי אורכי גל שונים. כאשר כמה גלים בעלי אורכי גל שונים יוצאים מנקודה מסוימת ופוגעים ברשתית, הם מגרים את

¹ להשלמת הגיליון או כל הגיליונות (חיים), אפשר לפנות לכתובת הדוא"ל שמופיעה בסוף גיליון זה.
² הלקוח מאתר ויקיפדיה, ערך 'מדוד'.

המדוכים, כל אחד ברמה אחרת (לפי הגרף שראינו זה עתה), וצירוף של כל הגירויים הוא שמגיע למוח, ומתפרש כצבע מסוים של אותה נקודה שממנה יצאו אותם גלים. כדוגמה להסברת עיקרון זה, נתאר פגיעה של שלושה גלים באורכי גל שונים בנקודה מסוימת ברשתית³:

גירוי מדוכי L	גירוי מדוכי M	גירוי מדוכי S	אורך גל
6	0	0	670 ננומטר
5	7	100	440 ננומטר
90	90	0	550 ננומטר
101	97	100	סך הכל

בסך הכל, שמתאר את רמות הגירוי בפועל, ערכי הגירוי של שלושת סוגי המדוכים קרובים יחסית זה לזה. כפי שרואים בגרף, אין גל אור בעל אורך גל מסוים שיוצר גירוי גבוה של שלושת הסוגים, וממילא המוח יתרגם את הגירוי לצבע שאינו חלק מצבעי הקשת.

כדי ליצור 'צבע חיבורי' יש לגרום לפליטה של כמה אורכי גל מאותה נקודה, או כמעט מאותה נקודה. דבר זה נעשה במסכים החשמליים השונים, שבאמצעות פליטה של אורכי גל שונים, ומשחק ביחסים ביניהם מצליחה לגרום לעין להרגיש הרבה מהגוונים שקיימים בעולם.

הדוגמה שהובאה כאן, של שלשה אורכי גל שפוגעים שפוגעים יחד בנקודה ברשתית היא פשטנית מאוד. כמעט תמיד הצבעים החיבוריים שנפגוש בסביבתנו יהיו מורכבים מחיבור של תחום רחב (ספקטרום) של אורכי גל.

צבעים במסכי מחשב

כפי שצוין לעיל, מסכי מחשב משתמשים בעיקרון של צבעים חיבוריים כדי לייצג כל צבע. הרעיון הכללי הוא כזה: בסופו של דבר, כל צבע שקיים במציאות הוא תרגום של המוח לסדרה של שלוש רמות גירוי למדוכים השונים. אם מצליחים לגלות את רמות הגירוי שצבע מסוים גורם, נוכל לייצג אותו באמצעות כל סדרת גלים בעלי אורכי גל כאלה שיגרמו לסדרת גירויים מתאימה. למעשה, אפשר לייצג צבע של חפץ שנובע מאורכי גל מסוימים שהוא פולט או מחזיר, ולהציג אותו באמצעות שלושה אורכי גל שאינם כלל חלק מאורכי הגל שקיימים בצבע המקורי, בתנאי ששלושת אורכי הגל הללו יגרמו לסדרת גירויים דומה לסדרת הגירויים שהצבע המקורי גרם.

רעיון זה אמנם מצליח לייצר צבעים רבים, אך עדיין אין מסך שיוכל להציג את כל הצבעים הקיימים. על כך נרחיב בעזרת ה' בגיליון הבא.

צבעים חיסוריים

עד כאן עסקנו בצבעים שנוצרים מכוח מקורות אור: שמש, קשת, מסכי מחשב וכו'. אך רוב חומרי הצבע שאנו מכירים אינם יוצרים גלי אור באורכי גל שונים, אלא מחזירים לעינינו גלי אור שפגעו בהם, אך עברו שינוי כשפגעו בחומר. השינוי המצוי ביותר, שגורם לצבעם של חפצים שונים, הוא בליעה של חלק מספקטרום מקור האור, ועליה נרחיב מעט.

באופן כללי, כאשר אור פוגע בחומר, הוא יכול לעבור אחת משלוש תופעות:

- העברה – כלומר האור ממשיך הלאה. דבר זה מתרחש בצורה בולטת בחומרים שאנו קוראים להם 'שקופים'.
- החזרה – גלי האור מוחזרים מהחפץ החוצה, ואינם מצליחים לעבור דרכו או לתוכו. דבר זה מתרחש בצורה בולטת במחזירי אור שונים, כמו מראה.

³ המספרים הם לפי קנה מידה כזה שהערך המקסימלי בגרף שמופיע לעיל הוא 100 והמינימלי הוא 0. אין משמעות למספרים האלה, והם משמשים רק כדי לתת בידינו כלי לדעת את היחס בין רמות הגירוי של המדוכים השונים. יש לציין (בעיקר עבור מי שחשוב לו הדיוק המדעי), שהגרף שראינו ועליו אנו מסתמכים אינו אמיתי, כי הוא 'מנומל'. כלומר, בכדי שמקסימום הגירוי של מדוך יהיה ערך שווה עבור שלושת המדוכים, חילקו את הערכים של שלושת הגרפים חלקי המקסימום של כל אחד מהם, וקיבלו שלושה גרפים בעלי מקסימום דומה. כלומר, כבר הגרפים שעליהם טבלה זו מסתמכת, בתצורה שראינו בגרף המוצג לעיל, אינה מדויקת.

- בליעה – האור נבלע בחומר, וגורם לשינויי אנרגיה בתוכו. דבר זה מתרחש בצורה בולטת בעצמים שחורים, שמתחממים מאוד בשמש, מפני שהם בולעים הרבה מהאור, ואנרגיית האור מתורגמת בתוכם לאנרגיית חום.

ברוב המקרים אין חומר שמתנהג רק באחת מהצורות, והוא יבצע את שלוש התגובות הללו, כל אחת מהן על חלק אחר מהאור הפוגע בו.

חפץ שאינו מקור אור לא מגלה את צבעו, עד שמאיר עליו מקור אור. רק כאשר מאיר עליו מקור אור, חלק מגלי האור של מקור האור, שלא נבלעים בו ולא עוברים דרכו, מוחזרים מהחפץ לעינינו, והם אלה שיוצרים את ה'צבע' של החפץ. אפשר להסתכל על הצבע הזה בתור צבע חיבורי, כי הוא כולל גלים בעלי אורכי גל שונים, אך בגלל שהגלים שבאים לעינינו הם רק חלק מהגלים שפלט מקור האור, ושאר הגלים 'התחסרו' ואבדו, נקרא הצבע הזה צבע חיסורי.

השפעת התאורה על הצבע

מקובל לחשוב שכאשר חפץ מואר באור צבעוני, האור כאילו 'צובע' את החפץ, והחפץ יראה בעל צבע שונה. אך האמת היא שצבע התאורה אינו 'צובע' את החפץ, כפי שמקובל לחשוב. כפי שלמדנו, אין לאף חפץ (שאינו מקור אור) צבע 'עצמי', אלא רק תכונות שגורמות להחזרה של חלקים מסוימים מהאור הנופל עליהם. לדוגמה: אם ניקח חפץ לבן – שמחזיר את כל גווי האור שפוגעים בו, ונקרין עליו אור ירוק באמצעות נורת לד המייצרת אור ירוק, החפץ הלבן יחזיר אור ירוק, לא בגלל שהוא 'נצבע' באור זה, אלא משום שדרכו להחזיר את כל האור שפגע בו, והאור שפגע בו היה ירוק.

זה מביא אותנו להכיר תופעה מעניינת ומבלבלת. כמו שלמדנו לעיל, אפשר להציג צבע של חפץ על גבי מסך, באמצעות גלי אור שאינם נפליטים על ידי החפץ במקור, בתנאי שהצלחנו להגיע לסדרת גירויים מתאימה. אך זה אומר שכאשר אנו רואים אור בעל צבע מסוים, איננו ידעים ממה הוא באמת מורכב. מכך נובע, שגם כאשר נשתמש במקורות אור שנראים דומים, חפץ צבוע יראה שונה בתאורות השונות שלהם, אילו החומר בולע באופן שונה את חלקי הספקטרום שמקורות אלו פולטים.

ניקח דוגמה פשוטה: כדי להפיק מנורות לד אור צהוב, ישנן שתי דרכים: הדרך הראשונה היא להשתמש בנורת לד שמוציאה גלים בעלי אורך גל מוגדר, המתפרש במוח כ'צהוב'. הדרך השנייה היא לקחת לד ירוק ולד אדום, ולגרום לערבוב של האור שלהם. הגירויים שהערבוב הזה יגרום בעין יתפרשו במוח כ'צהוב'⁴. עתה ניקח חפץ שבולע בעיקר אור באורכי הגל ה'צהובים'. אם נעמיד חפץ זה מול מקור האור הראשון, הוא יראה כהה, כי הוא יבלע הרבה מהאור של מקור האור. אך אם נעמיד אותו מול המקור השני הוא יראה צהוב, משום שאת הירוק והאדום הוא פחות בולע, ומחזיר אותם לעין, שמפרשת את השילוב ביניהם כ'צהוב'. יש לציין, שגם מקורות אור שמפיקים אור 'לבן' עלולים באמת להיות שונים זה מזה.

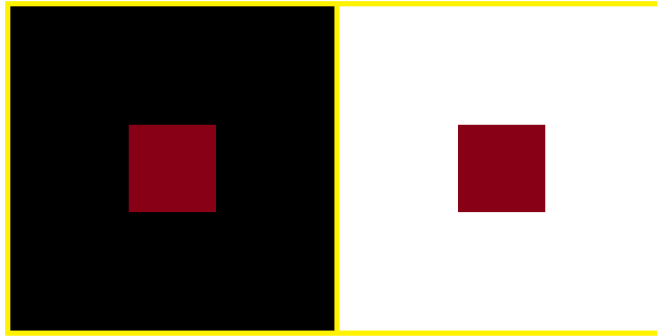
הצבע הלבן והצבע השחור

התמונה של עולם הצבעים לא תהיה שלמה ללא שני צבעים נפוצים: הלבן והשחור. הצבע הלבן, הוא התרגום של המוח שלנו למקרה שגלי אור בכל אורכי הגל מגיעים לעינינו ברמה קרובה. הצבע השחור – שהוא למעשה לא צבע, הוא בדיוק ההיפך מהלבן: הוא התרגום של המוח שלנו לנקודה שלא שולחת לעינינו אור כלל. או שמדובר על חושך, או שמדובר על חפץ שבולע את כל אורכי הגל, ולא מחזיר לעינינו אור כלל.

השפעת הרקע על תפיסת הצבע

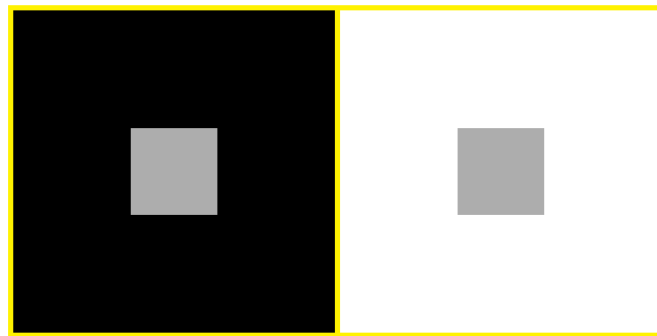
המוח שלנו מפרש צבעים לא רק בהתאם לספקטרום האור שמתקבל מהם לתוך העין, אלא גם בהשפעת גורמים שונים, כמו למשל הרקע. בתמונה הבאה יש הדגמה לכך:

⁴ עובדה זו ניתנת להמחשה בבית, כאשר מקרינים אל קיר לבן אור ירוק ואור אדום, כך שכתמי הצבע שהם יוצרים על הקיר מתערבים.



הריבועים הקטנים הם בעלי צבע זהה מבחינת הגדרות הדיו (למי שקורא עותק פיזי של הגיליון) או המסך (למי שקורא את הגיליון במחשב), אך הרקעים השונים שלהם גורמים לרואה לחשוב שהריבוע השמאלי אדום יותר או בהיר יותר מהימני.

דבר דומה לזה קורה עם הצבע האפור בתרשים הבא:



יש לציין, שמבוגר עלול להרגיש פחות בהבדל, כי הוא מודע לכך שלפניו תעתוע ראייה, אך ילדים יענו כרגיל שיש הבדל ניכר בין הריבועים הקטנים.

הצבע הירוק של עלים

הצבע הירוק של העלים נובע מחומר שנקרא כלורופיל, שתפקידו לקבל את אנרגיית האור מהשמש ולהשתמש בה לביצוע תהליך הפוטו-סינתזה, שבה מופק גלוקוז (סוג של סוכר) ממים ומפחמן דו חמצני. הגלוקוז המופק נצרך לחלקי העץ בשביל להתפתח ולהתקיים. בתהליך זה נפלט החוצה חמצן.

תהליך קבלת האנרגיה מהשמש נעשה על ידי הכלורופיל באמצעות בליעת אורכי גל באזור האדום וסביבתו ובאזור הסגול וסביבתו. לכן, מאור השמש – המכיל את כל אורכי הגל הנראים – מוחזרים מהעלה בעיקר הגלים הירוקים, וזו הסיבה לכך שעלים טריים ופעילים הם כמעט תמיד ירוקים.

נסביר מדוע הכלורופיל בולע דווקא אורכי גל מסוימים בצורה חזקה. כפי שהזכרנו בגיליון 14, אנרגיית האור מגיעה במנות קטנות הנקראות 'פוטונים'. כל גל בעל אורך גל מורכב מפוטונים בעלי אנרגיה אופיינית⁵. מבנה מולקולת הכלורופיל מאפשר קליטה של פוטונים מסוימים, כך שהאנרגיה של פוטון כזה תיבלע במלואה ותתורגם לאנרגיה אחרת. באופן כללי, זה ההסבר לכך שכל חומר בולע דווקא גלי אור מסוימים, או בולע גלים מסוימים הרבה יותר טוב מגלים אחרים.

כאשר עלה מתייבש, נהרס הכלורופיל, והוא כבר לא בולע את הבליעה האופיינית שלו. לכן עלים יבשים מאבדים את הצבע הירוק שלהם.

בכתיבת ההסבר המדעי נעזרתי בין השאר במידע שלמדתי במסגרת הרצאות במרכז

האקדמי לב מפי ד"ר דוד שיינפלד⁶, בספר COLOR-an introduction to practice an principles

שנכתב ע"י Rolf G. Kuehni, באתר מכון דוידסון ובאתר ויקיפדיה (בעברית ובאנגלית).

⁵ נוסחת פלאנק-איינשטיין: $E=h\nu$, מאפשרת לדעת מה האנרגיה של פוטון בודד המהווה מרכיב של גל בעל אורך גל מסוים.

⁶ אציין שהוא לא עבר על הנכתב כאן, ואם יש טעות, אין לתלות אותה בו, אלא בחוסר הבנה שלי.

דיון הלכתי⁷

לולב, הדס וערבה היבשים

במשניות בסוכה (פרק ג, משניות א, ב, ג, ה) מצוין לגבי כל אחד מארבעת המינים שאם הוא יבש הוא פסול למצוה. הגמרא (בדף כט, ע"ב) מסבירה שהיובש פוסל את ארבעת המינים משום שהוא נוטל מארבעת המינים את ה'הדר' (יופי) שלהם, מה שמנוגד לדברי הפסוק "פרי עץ הדר"⁸.

בירושלמי (סוכה, פרק ג, הלכה א) מופיע טעם אחר: משום שנאמר "לא המתים יהללו יה". כלומר, בגלל שארבעת המינים ניטלים בחג הסוכות בתור הלל והודאה לקדוש ברוך הוא, לא נכון לעשות הילול באמצעות צמחים יבשים שנראים כמו מתים.

רש"י (סוכה, דף כט, ע"ב) נותן טעם נוסף לכך שהיובש פוסל: משום שאת כל המצוות צריך לעשות בצורה יפה ונאה, כמו שדרשו חז"ל מהפסוק "זה אלי ואנוהו"⁹.

הגמרא לא ביארה מה ההגדרה המדויקת של לולב, הדס או ערבה¹⁰ 'יבשים' שנחשבים כפסולים, והראשונים נחלקו בכך:

- דעת התוספות (סוכה, דף כט, ע"ב, ד"ה 'לולב יבש') שאם העלים נפרכים בציפורן הלולב נחשב ליבש. את שיטתו הוא מוכיח מסוגיה במסכת בכורות העוסקת בהגדרת הביטוי 'יבש' בעניין אחר. על פניו גם לגבי ההדס והערבה יגדירו התוספות הגדרה זו.
- הריטב"א (דף כט, ע"ב) בשם רבו (כנראה הרא"ה) כותב שהשיעור הוא כאשר אין בלולב לחלוחית. הסימן שהוא נותן לזיהוי שלב זה הוא שצבע העלים הפך ללבן. כך גם כתב הר"ן על הרי"ף (סוכה, דף יג, ע"ב – בדפי הרי"ף). כך מופיע כבר בהלכות לולב של הראב"ד, והוא אף הביא סימוכין לשיעור זה מדברי הירושלמי שפסל את היבש משום שנראה כמו מת שעליו נאמר "לא המתים יהללו יה".
- המאירי (סוכה, תחילת פרק ג, ד"ה 'ומעתה ראוי לנו לברר') מביא שבכל אחד מהמינים ההגדרה היא שונה: בלולב – כאשר העלה נשבר בקיפול, ובהדס והערבה – כשנפרך בציפורן. הטור (או"ח, סימן תרמה) והשלחן ערוך (שם, סעיף ו) פסקו כדעת הראב"ד, הריטב"א והר"ן, ששיעור 'יבש' הוא כשהעלים כבר לא ירוקים אלא לבנים. לעומתם, הביא הרמ"א בדרכי משה (בסימן תרמה, ס"ק ג) בשם הגהות מימוניות¹¹, שבאירופה סמכו על דעת התוספות (כנראה משום שלא היו בנמצא לולבים). כפי שנראה בהמשך, יש סיבה נוספת להקל במקומות שאי אפשר להשיג לולב טרי. מכל מקום, במשנה ברורה (ס"ק כה) כתב שאין לסמוך על שיטה זו כאשר אפשר להשיג לולב טרי יותר.

מינים יבשים בשעת הדחק

בגמרא מסכת סוכה (דף לא, ע"א-ב) מופיע דיון לגבי שיטת רבי יהודה בנושא ארבעת המינים יבשים:

תנא: יבש פסול, רבי יהודה מכשיר. אמר רבא: מחלוקת בלולב (מחלוקת חכמים ורבי יהודה היא לגבי אתרוג), דרבנן סברי – מקשינן לולב לאתרוג, מה אתרוג בעי הדר אף לולב בעי הדר (חכמים לומדים ב'היקש' את דינו של הלולב מדינו של האתרוג. כמו שאתרוג צריך לענות על ההגדרה 'הדר', כך גם צריכים שאר המינים). ורבי יהודה סבר – לא מקשינן לולב לאתרוג (רבי יהודה לא לומד מאתרוג לשאר המינים). אבל באתרוג, דברי הכל הדר בעינן... ובאתרוג מי בעי רבי יהודה הדר (האם רבי יהודה אכן מצריך שהאתרוג יהיה 'הדר' ויפה)? והתניא: ארבעת מינין שבלולב, כשם שאין פוחתין מהן כך אין מוסיפין עליהן. לא מצא אתרוג, לא יביא לא פריש ולא רימון ולא דבר אחר. כמושין – כשרין, יבשין – פסולין, רבי יהודה אומר: אף יבשין. ואמר רבי יהודה: מעשה בבני כרכין שהיו מורישין את לולביהן לבני בניהן. אמרו לו: משם ראייה? אין שעת הדחק ראייה! (עד כאן הברייתא) קתני מיהת רבי יהודה אומר אף יבשין כשרין (שנינו בברייתא שלדעת רבי יהודה

⁷ החלק ההלכתי של מאמר זה מקיף רק נושא קטן מתוך הנושאים הרבים הנוגעים לצבעם של ארבעת המינים.

⁸ בהמשך נראה דיון האם הביטוי 'הדר' שבפסוק הוא רק לגבי אתרוג, או שהוא משליך גם על שאר המינים.

⁹ ראה בתוספות ובמאירי (דף כט, ע"ב), שדנו בהסברו של רש"י.

¹⁰ במסגרת זו לא נדון בהגדרת אתרוג היבש.

¹¹ מופיע בהגהות מימוניות דפוס קושטנטינא, בהלכות לולב, פרק ח.

היבש כשר), מאי לאו אאתרוג (האם שיטת רבי יהודה שיבש כשר אינה נוגעת אף לאתרוג)? לא אלולב (רק בלולב רבי יהודה היקל).

דעת רבי יהודה שאתרוג יבש פסול, אך לולב יבש כשר. את שיטתו הוא מוכיח מבני הכרכים, שהיו מורשישים את לולביהם לבניהם לשימוש בסוכות, למרות שאחרי זמן מה הלולב יבש. חכמים לא קיבלו את ההוכחה, כי טענו שבני הכרכים היו במצב של שעת הדחק, ולא במצב רגיל. נראה מסוף הסוגייה, שגם לפי דעת החולקים על רבי יהודה, לולב היבש יהיה כשר בשעת הדחק. על פניו, הלכה זו תהיה נכונה לכל ארבעת המינים. אך כשהרמב"ם הביא הלכה זו למעשה (הלכות לולב, פרק ח, הלכה א) הוא מסייג:

ובשעת הדחק או בשעת הסכנה לולב היבש כשר אבל לא שאר המינים.

דברי הרמב"ם, שהוציא מן הכלל את ההדס והערבה קשים להבנה¹². משום שבתחילת הסוגייה נראה שמחלוקת רבי יהודה וחכמים תלויה בשאלה האם לומדים מהאתרוג שנקרא 'הדר'. לכאורה, אם רבי יהודה סובר שלא לומדים מהאתרוג לשאר המינים, זה לא משנה אם מדובר על לולב, הדס או ערבה. לכולם לא צריך להיות 'הדר' כדי שיהיו כשרים. אמנם חכמים חלקו על רבי יהודה, אך נראה שבשעת הדחק הם מודים לשיטתו, ולכן כל שלושת המינים שאינם אתרוג אמורים להיות כשרים בשעת הדחק אף כשהם יבשים. בהגהות הגר"א (על השלחן ערוך, סימן תרמט, סעיף ו) הסביר שהרמב"ם סבר שבגלל שהמעשה של בני הכרכים תיאר רק היתר בלולב, אין להרחיבו לשאר המינים. לפי הסבר זה, נראה שהרמב"ם הבין שחכמים לא הודו לרבי יהודה בשעת הדחק, אלא רק הסכימו לנוהג הספציפי שנהג אצל בני הכרכים. אולי יש מקום לתת סברה לחילוק בין הלולב להדס והערבה. הלולב כמעט לא מאבד מחוזקו ומבנהו עקב היובש, אך ההדס והערבה היבשים הם פריכים ועלולים להתפורר בנגיעה קלה. לכן דווקא בלולב היובש אינו סיבת פסול קריטית¹³.

לעומת שיטת הרמב"ם, הראב"ד בהשגותיו סבר שבכרכים היו נוטלים לולב יבש ללא ברכה, לא בתור מצוות נטילת לולב, אלא רק כדי שלא תשתכח מהם מצוות הלולב. לדעת הראב"ד, אין מצב שבו לולב יבש יהיה כשר לברכה.

בדברי הגהות מימוניות (על הרמב"ם הני"ל, באות ד) הובא שסומכים על מסקנת הסוגייה אף בהדס היבש. מדבריו נראה שאף היו מברכים עליו. כלומר, לא רק שסברו שהלכה כדברי הרמב"ם ולא כדברי הראב"ד, אלא אף לסיוגו של הרמב"ם, שהיתר שעת הדחק נוגע רק ללולב, הם לא חששו. דברים אלו של הגהות מימוניות, הובאו על ידי הרמ"א בדרכי משה (סימן תרמט, ס"ק ט)¹⁴.

מהי שעת הדחק

רש"י (סוכה, דף לא, ע"ב) מסביר שבני הכרכים היו גרים רחוק ממקומות הגידול של הלולב. לפי זה, מדובר על מקומות שהקושי בהשגת לולב טרי אינו מעבר ליכולת האנושית, אלא 'רק' קשה מאוד. דבר זה תואם את דברי האור זרוע (הלכות סוכה, סימן שו) בשם הראב"י, שסובר שאין חילוק בעניין זה בין דוחק גדול לדוחק קטן.

אך לפי גירסת הירושלמי (סוכה, פרק ג, הלכה א), המעשה שמתאר רבי יהודה קרה ב"כרכי היס", כנראה הכוונה למדינות רחוקות מאזורי הגידול של הלולב. לפי גרסה זו, מדובר על מצב שבו אין כלל יכולת להשיג לולב טרי (עד להמצאת דרכי התחבורה המהירות), כי הוא יתייבש בדרך.

לפי גרסה המופיעה בדברי המגיד משנה (הלכות לולב, פרק ח, הלכה ב) מדובר על מקום ששמו "כרכוס". מגרסה זו קשה ללמוד עד כמה היה המצב דחוק.

מכל מקום, בדברי המשנה ברורה (סימן תרמט, ס"ק נב) מופיע, שאם יש אדם אחר בעיר שיש לו לולב לא יבש, אי אפשר לצאת ידי חובה בלולב יבש.

¹² ראה טור (או"ח, סימן תרמט) שכתב על דברי הרמב"ם: "ולא נראה, דמאי שנא זה מזה?".

¹³ ראה עוד בספר המפתח על דברי הרמב"ם "אבל לא שאר המינים".

¹⁴ ראה עוד בדברי הרמ"א בהגהותיו על השלחן ערוך (או"ח, סימן תרמט, סעיף ו), ובדברי המשנה ברורה שם.

תירוץ הגמרא מסביר שלפעמים כשהצל והאור בסכך תופסים שטחים שווים היא פסולה, ולפעמים היא כשרה – וזה תלוי האם מדובר "מלמעלה" או "מלמטה" (בהמשך יובהרו המושגים הללו). כחיזוק לתירוץ מביאה הגמרא פתגם השגור בפי הבריות, המציין שדבר שנראה כמו זוז (מטבע מזמן חז"ל) כשמסתכלים עליו במקומו – למעלה, נראה כמו איסתרא (מטבע אחר מזמנים) כשמסתכלים עליו מלמטה. תירוץ זה לסתירה בין המשניות טעון הבהרה, והראשונים עוסקים בביאורו.

במאמר זה נעסוק רק בשיטת רש"י ובשיטת בעל העיטור¹⁵. רש"י מבאר:

כי הדדי פסולה למעלה קאי, כשיש בין קנה לקנה כמלא קנה אפילו מצומצם פסולה, לפי¹⁶ שחמת האויר נראית בארץ רחבה הרבה מן הצל של סכך, והא דדייקין כי הדדי כשרה – נקט שיעוריה מלמטה, שחמה וצל שוין, בידוע שהקנים רחבים מן האויר.

כזוזא מלעיל כאסתירא מלתחת – כשהנקב רחב כשיעור זוז, חמתו מרובה למטה כשיעור סלע.

לפי רש"י – ובדומה לו פירשו גם רבנו חננאל (סוכה דף כב, ע"ב) והרי"ף (סוכה, דף י, ע"ב – בדפי הרי"ף) – כתם האור על הרצפה נראה רחב יותר מהרווח שבין חלקי הסכך. פירוש התירוץ של הגמרא לשיטתם הוא: במקרה שהאור והצל שווים 'מלעילא' – כלומר בסכך עצמו – הסוכה פסולה, כי ברצפת הסוכה יראה יותר אור מאשר צל. אך אם האור והצל שווים 'מלתחת' – כלומר ברצפת הסוכה – הסוכה כשרה, כי בסכך עצמו יש פחות אור מצל.

את הרעיון שמציין רש"י מכיר כל מי שהסתכל על אור השמש הנכנס מבעד לחריצים שבין תריסים, ויוצר כתמי אור גדולים יותר מגודל החריצים. כדי להיווכח בתהליך הגדלת כתמי האור עם ההתרחקות מהחריץ שדרכו נכנס אור השמש, נתבונן בתמונה הבאה, שבה מופיעה רצפה של תחנת אוטובוס. אור השמש מגיע אל הרצפה דרך חורים במחיצה שבצד התחנה.



¹⁵ במאמר של הרב דוד בן עזרא שליט"א, שהוזכר בפתיחת המאמר, נידונה שיטת רבנו תם (שלא נעסוק בה כאן), וכן מופיע בו נספח העוסק בזיהוי המטבעות 'זוז' ו'איסתרא'.

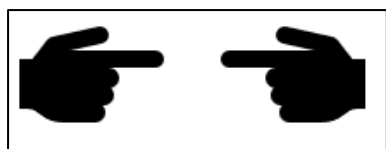
¹⁶ מהמילה "לפי" נראה שהעובדה שכאשר האור והצל בסכך תופסים שטחים שווים, יראה ברצפת הסוכה יותר אור מאשר צל, היא הסיבה לכך שהסוכה פסולה במקרה זה, ולא רק תיאור מציאותי עקרוני. אפשר שבכך הוא מתרץ את קושיית התוספות (ד"ה 'כזוזא'), השואלים מדוע בהלכות עירובין פרוץ כעומד (כלומר מחיצה שחצי מאורכה בדיוק בנוי וחצי ממנה לא קיים) כשר, ובסוכה יש צורך שיהיה יותר סכך מאויר. רש"י הבין שמבחינת דיני מחיצה אין צורך שהחלק הקיים יהיה גדול מהחלק החסר, וגם אם הם שווים המחיצה נחשבת מלאה. אך בסכך, שתפקידו לתת צל על קרקע הסוכה והיושבים בה, צריך גם לגרום לכך שברצפת הסוכה לא יהיה יותר אור מאשר צל.

אפשר לראות שכתמי האור הקרובים למחיצה, שהאור שמגיע אליהם לא עבר מרחק רב מהחור, הם בצורת החור המקורי, שדרכו נכנס אור השמש. אך אלה הרחוקים מהמחיצה, ונוצרו על ידי אור שעבר דרך ארוכה יותר מהחור אל הרצפה, רחבים יותר ומתחברים יחד לפס אור אחד. לעומת פירוש רש"י, הרא"ש (מסכת סוכה, פרק ב, סימן ג) מביא את פירוש העיטור, המסביר את הסוגיה בכיוון הפוך:

...ובעל העיטור כתב בשם רבותיו אם יש בין קנה לקנה כמלא קנה למעלה, ולמטה צלחה מרובה מחמתה, שהחמה מועטת למטה, כשרה, ואם למטה כי הדדי, ולמעלה חמתה מרובה מצלתה, פסולה.

לפי בעל העיטור, כתמי צל מתרחבים במרחק מהסכך, ולא כתמי אור. לפי דבריו, הגמרא מתרצת את הסתירה בין המשניות כך: במקרה שהאור והצל שווים 'מלעילא' – כלומר בסכך עצמו, אך ברצפת הסוכה ייראה יותר צל מאשר אור – הסוכה כשרה. אך אם האור והצל שווים 'מלתחת' – כלומר ברצפת הסוכה – הסוכה פסולה, כי בסכך עצמו יש יותר אור מצל.

את המציאות שמתאר בעל העיטור קשה יותר להוכיח בתמונה, וקשה לקבל את דבריו אם מתבוננים על סביבתנו¹⁷, אך אפשר להבינם דרך הניסוי הבא: יש לדאוג לחדר שאין בו אור חשמלי פועל, והוא מואר רק באור שמש הנכנס דרך חלון ופוגע ישירות בקיר שמול החלון (קרוב לזריחה או לשקיעה). יש לעמוד במרחק



של שני מטר מהקיר המואר באור שמש, ולהחזיק את שתי הידיים בצורה המתוארת משמאל, כך שהאור יחדור בין הידיים אל הקיר, בלי להיחסם על ידי הגוף. עתה יש לקרב לאט את הידיים זו לזו, ולהסתכל בצללית שהן יוצרות על הקיר. בהתבוננות טובה, אפשר

להבחין שצלליות שתי האצבעות נפגשות עוד לפני שהאצבעות עצמן נפגשות. הרי לנו המחשה לכך ששטח הצל גדל עם המרחק.

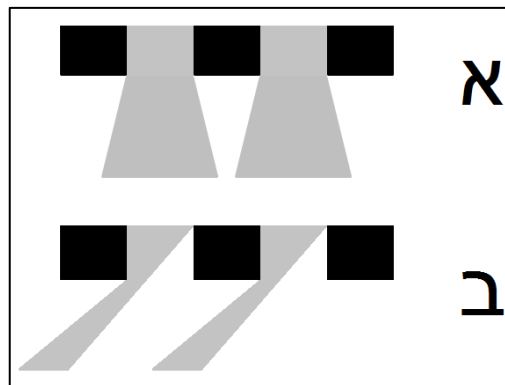
אם כן, אנו ניצבים בפני שני קשיים: ראשית, רש"י ובעל העיטור חולקים לכאורה במציאות – דבר שכרגיל לא מצוי. שנית, גם המציאות עצמה סותרת!

בספר קרבן נתנאל (על דברי הרא"ש הנ"ל, ס"ק ט) עמד על הקושי הראשון, והציע תירוץ:

...ודבר תימה הוא שהרי"ף ורש"י ורבותיו של בעל העיטור יהיו מחולקים בהמציאות...ונראה דשניהם צדקו יחדיו כגון בזמן שהחמה עומדת בראש כל אדם שהצל עושה תחתיו באותו עת החמה מלמטה מרובה על הצל אך אם החמה זורח בשיפוע באותן העתים החמה מועטת מלמטה שעושה צל גדול...

הוא מסביר שכאשר השמש מאירה בדיוק מלמעלה, המציאות תתאים לדברי רש"י, ואם השמש מאירה בשיפוע, המציאות תתאים לדברי בעל העיטור. נראה על פניו שהוא מבין את המציאות כדברי רש"י, שכתמי אור נוטים להתרחב, אך הוא מסביר שבגלל עובי הסכך, שתופס גובה מסוים, כאשר השמש תאיר בשיפוע, ייווצר יותר צל מהצל המקורי של הסכך. כדי להמחיש את ההסבר הזה, נתבונן בתרשים מימין. [אור השמש מיוצג בתרשים זה בצבע אפור].

במקרה א, כאשר השמש מאירה מעל הסכך, האור שלה ממלא את החלל שבין חלקי הסכך, וכתם האור מתרחב בדרכו מהסכך אל הקרקע¹⁸.



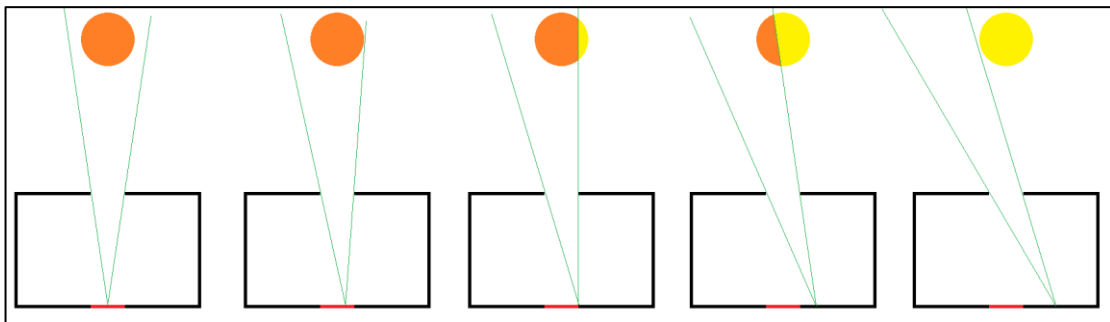
¹⁷ ראה ערוך השלחן (או"ח, סימן תרלא, סעיף ב).

¹⁸ במזרח התיכון – שבו נכתבה המשנה והגמרא, וכן בצרפת – שבה חי רש"י, השמש תמיד מאירה באלכסון. אך כשמסדרים את קרשי הסכך מצפון לדרום, באמצע היום אור השמש נכנס דרך החללים שבסכך בלי להיבלם על ידי עובי הסכך.

במקרה ב, כאשר השמש מאירה באלכסון, חלק מהאור שלה נבלם בגלל עובי הסכך, הניצב לגובה. אמנם האור שמצליח לחדור מתרחב בדרכו אל הקרקע, אך גם אחרי התרחבות זו רואים בקרקע יותר צל מאשר אור.

יש נקודה שקשה להבין בהסבר הקרבן נתנאל: מדוע כל אחד מגדולי הראשונים התייחס דווקא לחלק אחר של היום? כמו כן, כפי שהוזכר לעיל, המציאות "סותרת את עצמה" בעניין זה. לכן יש מקום להציע תירוץ נוסף.

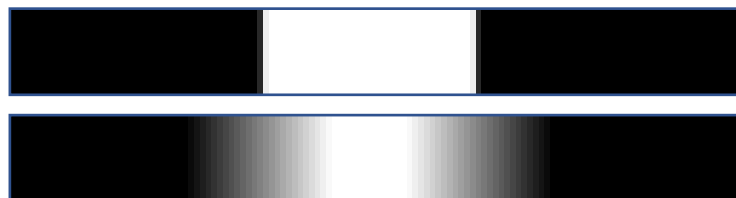
בגלל שהשמש אינה נקודה, אלא גוף בעל ממדים, לכל נקודה שאליה מגיע אור שמש יגיע אור מכמה וכמה נקודות על פני השמש. נקודה בקרקע שחשופה לכל גודל השמש, תקבל תאורה מכל פני השמש, ונקודה שמוסתרת חלקית מהשמש תקבל אור רק מכיוונו של חלק מהנקודות על פני השמש. נדגים זאת בתרשים הבא¹⁹:



כל חמשת הציורים מתארים את אותו המצב: שמש מעל מרווח בסכך, שאורה פוגע ברצפת הסוכה. חלק מהנקודות הן באזור שממש מתחת למרווח (המסומן באדום), וחלקן מעבר לאזור זה. הקווים הירוקים שבכל אחד מהציורים מציגים את הטווח של הזוויות שממנו יכול להגיע אור מהשמש לנקודה מסוימת בקרקע הסוכה. הצבע הכתום מציין את החלק של השמש שממנו מגיע אור לנקודה ברצפה.

נתחיל משמאל לימין: בציור השמאלי רואים שהנקודה שנמצאת מתחת למרכז המרווח שבסכך יכולה לקבל אור מטווח זוויות שכולל את כל גוף השמש. בתרשים הבא רואים, שגם נקודה שמרוחקת מעט ממרכז האזור שתחת המרווח יכולה לקבל אור מכל גוף השמש. בתרשים הבא רואים שנקודה באזור שתחת קצה הפתח כבר לא יכול לקבל אור מכל גוף השמש, אך עדיין מקבלת אור מרוב הנקודות על פני השמש. כלומר, היא תהיה מוארת, אך לא באותה עוצמה שהנקודות שבתרשימים הראשונים היו מוארות. בתרשים הבא רואים שנקודה שנמצאת מחוץ לתחום שמתחת לפתח מקבלת אור מחלק קטן של השמש. כלומר, היא תהיה מוארת, אך באור חלש עוד יותר מהאור שמגיע לנקודה הקודמת. בתרשים האחרון רואים שנקודה המרוחקת מהאזור שתחת הפתח אינה מקבלת כלל אור מהשמש.

ה'הפתעות' העיקריות הן בתרשים האמצעי – שבו גם נקודה שנמצאת מתחת למרווח אינה מוארת לחלוטין, ובתרשים שמימנו – שבו נקודה שנמצאת מתחת לסכך עדיין מקבלת אור מחלק מהשמש. לפי הבנה זו שקיבלנו לגבי צורת ההארה של אזור מתחת למרווח בסכך, נתאר את המרווח בסכך ונשווה אליו את מה שרואים על רצפת הסוכה מול אותו מרווח. השוואה תראה כך:



¹⁹ שאינו בנוי בפרופורציה אמיתית, אך נותן הבנה נכונה של העיקרון.

במרכז האזור שתחת המרווח יהיה אור מלא, אך לקראת הקצוות יתחיל להיות צל חלקי שילך ויתחזק, עד שיהפוך לצל מלא בנקודות שנמצאות תחת הסכך מעבר לקצוות המרווח²⁰.

ענה נחזור למחלוקת רש"י ובעל העיטור. רש"י מגדיר את האזור ההדרגתי האפור (או לפחות את רובו) כ'אור', ולכן אומר שכתמי האור גדלים עם המרחק. לעומתו, בעל העיטור מגדיר את האזור ההדרגתי האפור (או לפחות את רובו) כ'צל', ולכן אומר שכתמי הצל גדלים עם המרחק.

נשאר להבין מדוע בכתמים של אור שעובר בחריצי התריסים, או בחריצי המחיצה שצולמה לעיל, נראה שכתם האור גדל, אך בניסוי עם אצבעות הידיים נראה שכתמי הצל מתרחבים. הסיבה לכך היא הניגודיות לרקע, שלמדנו עליה בהסבר המדעי של המאמר הראשון בגיליון זה. כאשר מסתכלים על כתמי האור שעובר בחריצים, הרקע הוא מוצל וכמה, ולכן גם אור חלש ניכר היטב לעומתו. לכן חלק גדול מהאזור האפור ייחשב במוחנו כ'אור' ונאמר שהאור מתרחב. אך בניסוי עם אצבעות הידיים, הרקע של צלליות הידיים הוא מואר ולבן, ולכן גם אור חלש יחסית נראה כצל לעומתו, והרבה מהאזור האפור ייחשב מבחינתנו כ'צל'.

סוכה שבה האור והצל שווים או כמעט שווים, היא מקרה גבולי, שבו לא ברור מה הרקע ומה הצבע שבתוך הרקע, ולכן נחלקו רש"י ובעל העיטור איך להתייחס אליו.

הלכה למעשה פסק השלחן ערוך (או"ח, סימן תרלא, סעיף א) כדעת רש"י והראשונים ההולכים בשיטתו, שסוכה שבסכך שלה שטח המרווחים שווה לשטח המסוכך היא פסולה. המקרה הזה נדיר מאוד, כי קשה למדוד את יחסי השטחים בצורה מדויקת, אך הדיון משפיע על השאלה הבאה שבה נעסוק.

בשו"ת אגרות משה (או"ח א, סימן קפב) נשאל על כשרות סוכה שיש בה יותר סכך ממרווחי אוויר, אך ברצפתה רואים יותר אור מצל. הוא אומר שאם אכן קיימת סוכה כזו, היא תהיה פסולה לשיטת רש"י (שנפסקה בשלחן ערוך), כי לשיטת רש"י, העובדה שבקרקעית הסוכה יש יותר אור מצל היא סיבת פסילת הסוכה, כלשון רש"י: "פסולה לפי שחמת האויר נראית בארץ רחבה הרבה מן הצל של סכך"²¹. בהמשך דבריו, האגרות משה לא מקבלת את הטענה שיש סוכה כזו, כי מתירוף הגמרא לשתי המשניות נראה שרק אם הסיכוך והרווחים שבסכך עצמו שווים יכול להיות מצב שבקרקעית הסוכה יש יותר חמה מצל²².

בשו"ת שבט הלוי נידונה אותה שאלה שנשאל האגרות משה, בשתי תשובות שונות. בחלק א (סימן קע) הוא פסק כדברי האגרות משה, אך מטעם שונה מעט. בחלק ג (סימן עח, אותיות ג-ו) נראה שהוא חזר בו, והכשיר סוכה כזו, משום שמלשון הרמב"ם, הריטב"א והמאירי נראה שמתחשבים במה שנראה בקרקע הסוכה רק כאשר הסכך לא תופס שטח גדול יותר מהמרווחים²³.

²⁰ אפשר שתופעה זו רומזת לנו תובנה חשובה, שעלינו להפנים ביושבנו בסוכה – בצילא דמהימנותא. לפעמים בעולם אנו רואים ערבובים, עיוותים ו'שטח אפור' רב. צריך להפנים שההנהגה של ה' (הרמוזה בסכך) היא ברורה ואמיתית ללא ערפול, אך כשההנהגה מופיעה למטה, בעולם הזה, אנו פוגשים דברים שנראים שלא כסדר שבו הם אמורים לכאורה להיות.

²¹ לולי דברי האגרות משה, יש מקום להבין את רש"י באופן אחר: דווקא בסוכה שבה הסכך והמרווחים שווים, ויש צורך בגורם מכריע, כתמי האור הרחבים מן הצל יכולים להוות הכרעה, אך לא בסוכה שבה הסכך תופס שטח גדול יותר מן המרווחים. מכל מקום, בהערות על המשנה ברורה המבואר, בהוצאת עוז והדר (סימן תרלא, הערה ח) ציינו שבתוספות הרי"ד (סוכה, דף כב, ע"ב) כתב כדברי האגרות משה:

אבל כשהיה חציו מסוכך וחציו אויר שהחמה נכנסת שם ומתרבה בסוכה, אין לומר שם פרוץ כעומד מותר, שהרי חמתה מרובה מצילתה, וכל זמן שחמתה מרובה מצילתה, אפילו אם היה נכון שלא נכנסה אלא מחור קטן, היא פסולה. שכיון שחמתה מרובה מצילתה, בטל ליה להאי סכך לגמרי כאילו אינו. כך גם נראה מדברי השו"ת שבסוף ספר ראב"ן (הובא בספר 'קובץ שיטות קמאי' על הסוגיה): והכא לאו משום פרוץ כעומד היא פסולה אלא משום למטה על הארץ חמה מרובה מצל (ואם בענין) [ואנן בעינן] סוכה לצל וליכא.

²² אם נלך בדרך שהוצעה בתחילת ההערה הקודמת, אפשר היה לומר שהגמרא לא דיברה על מקרה כזה שבו יש סיכוך גדול יותר מהמרווחים ובקרקעית הסוכה יש יותר חמה מצל, כי במקרה זה אין משמעות לעובדה שבקרקע יש יותר אור מצל. היחסים בין אור לצל בקרקעית הסוכה יכולים להוות רק 'הכרעה' למצב של שוויון בסכך, אך אם בסכך יש יותר סיכוך ממרווחים – הסוכה כשרה ללא תנאי.

²³ בדבריו מופיעה טענה נוספת: בסכך שבו יש רק קצת יותר סכך ממרווחים, כתמי האור והצל היו שווים אילו גובה הסוכה היה עשרה טפחים, שהוא הגובה המינימלי של סוכה. אמנם כאשר מניחים את הסכך בגובה גבוה יותר, ובגלל הדרך הארוכה יותר שהאור עושה מהסכך אל הקרקע גדלים כתמי האור יותר מהצל, אין בכך בעיה.

