

# מדור פרפראות לחכמה

## "כזוזא מלעיל, כאיסתרא מתחת"

הרב פרופ' יהודה הלוי

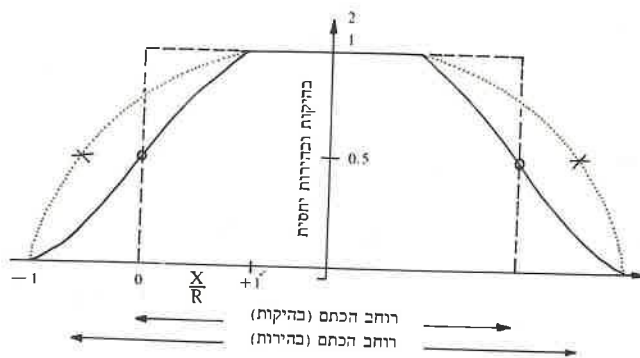
"כזוזא מלעיל, כאיסתרא מתחת"

שיש בו צל-במקצת, גם הוא מתרחב; כי גודל השמש גורם לטשטוש המעבר מאור לצל, בו אור וחושך משמשים בערבובייה. ותחת היות המעבר חד וברור, הוא נעשה איטי יותר, כל מה שמתרחקים. ראה בציור 1 את הקו המלא. וכאשר נוקטים את נקודת המעבר במקום שבו הבהיקות הגיעה למחצת ערכה המירבי ("נקודת חצי-הבהיקות"), נשאר גודל הכתם שזה לגודל החור בדיוק, כפי שמתבהר מהציור, בו נקודות חצי הבהיקות מסומנות בעיגולים קטנים. למה, אם כן, כותב רש"י שהחלק המואר גדול יותר?

אבל לפי המדע המתקדם התברר שאין עין-האדם חשה את הבהיקות ממש כפי כמות האור המגיעה לעין, אלא היא חשה אותה בערך כפי שורש שלישית של כמות האור. כלומר, כאשר יש פי שמונה אור, הרואה חש רק פי שתיים בהירות (התחושה הנובעת מהבהיקות מכנים אותה "בהירות"). משמעות הדבר, שהבהירות (התחושה) משתנה איטית בהשוואה לאור. כמו שעלית אור פי שמונה גורמת לתחושה של עליה פי שתיים בלבד, כמו כן ירידה לשמינית האור גורמת לירידה לחצי בהירות בלבד. לפי זה, התפלגות הבהירות בכתם שונה מהתפלגות הבהיקות והיא תהיה

במשנה ריש סוכות: "...ושחמתה מרובה מצלתה, פסולה". ופ"ב (דף כב.): "סוכה המדובללת ושצלתה מרובה מחמתה, כשרה". ושם בגמרא (כב.): מקשים שהדיוק מהמשנה הראשונה משמע שחמתה וצלתה שוים, כשרה; והדיוק מהמשנה השניה משמע להיפך. ומתרצים: "כאן מלמעלה, כאן מלמטה; א"ר פפא היינו דאמרי אינשי: כזוזא מלעיל, כאיסתרא מתחת".

ופירש"י: כשהחור רחב כשיעור זוו, חמתה מרובה למטה כשיעור סלע". לפי זה, כאשר קרני השמש חודרים דרך חור במסך אטום אופקי, כתם האור הנוצר על משטח אופקי רחוק מהמסך, יתרחב כל מה שמתרחק המשטח מהמסך. והמשנה הראשונה, שלפיה בחמה וצל שוים הסכך כשר, היינו שווים למטה, וכשר משום שאז ודאי למעלה הרוב צל. אבל אם למעלה חמה וצל שוים, הסכך פסול משום שלמטה חמתה מרובה מצלתה. ודבריו צריכים עיון מצד המציאות, שהרי כל מה שהמשטח המואר בכתם אור מתרחק מן המסך שבתוכו החור, אמנם החלק המואר במקצת, מתרחב, אבל באותה מדה גם החלק



ציור 1: הקו המקווקו מראה את התפלגות האור במסך. הקו המלא, את התפלגות האור (בהיקות) בכתם. הקו המנוקד, את התפלגות הבהירות המוחשת. העיגולים הקטנים מראים גבולות הכתם בבהיקות (נקודת חצי-בהיקות). X מראה גבולות הכתם בבהירות (נקודת חצי-בהירות).

כמצויר על ידי הקו המנוקד בציור 1, ורוחב הכתם בין נקודות חצי-הבהירות, שהן מסומנות על ידי  $x$  בציור, הוא הרבה יותר מאשר הרוחב המקורי הנמדד בין נקודות חצי-הבהירות המסומנות בעיגולים קטנים, וממילא צדקו דברי רש"י.

אבל נכדו ר"ת הקשה עליו (שם תד"ה כוזזא) שתי קושיות, וזאת מבחינה תורנית.

א. בענין מחיצות קי"ל פרוץ כעומד מותר (עירובין טו:) ואם כן גם בסכך שמחצתו מכוסה ומחצתו חורים צריך להיות כשר, לא כרש"י שלדבריו הוא פסול.

ב. הגמרא (קידושין יא:) אומרת: "דעבדי אינשי דקרי לפלגא דזוזא איסתרא", הרי שאיסתרא קטנה מזוז, ולא כרש"י.

ומתוך ר"ת: כאן מלמעלה — מי שמודד את האויר מלמעלה ומצאו מחצית הסכך בלבד, כשרה. אבל העומד מלמטה בארץ ומסתכל כלפי מעלה, ונראה לו אז האויר והסכך שוה בשוה, פסולה, כי בכגון זה באמת האויר רב על הסכך, ורק בגלל המרחק הוא נראה שוה.

ולכאורה גם דבריו תמוהים. אמנם מרחוק חור נראה קטן יותר, אבל בדיוק באותה מדה גם המסך (או הסכך) בו נמצא, גם הוא נראה קטן יותר, ואם כן, מחצה על המחצה נראה כך גם מרחוק.

ואפשר ליישב את דבריו על יסוד פסיכולוגי בראיה. אם מסתכלים על משטח מגוון, רואים בו שטחים מסוימים כצורה והשאר כרקע בלבד, כאשר תשומת לבו של המסתכל קובעת איזה שטח צורה ואיזה שטח רקע. כעת, כאשר מסתכלים מלמטה על סכך גבוה, מסתבר שרואים את ה"אויר", השטחים הבהירים, כצורה, ואת הסכך כרקע, שלגביו לא ישימו לב לגבולותיו. ולכן החורים אמנם נראים קטנים יותר, בעוד והסכך נתפס בגודלו המקורי, או בגודל קרקעית הסוכה. ולכן אם הם נראים שוים, באמת חמתה מרובה מצלתה, כדברי ר"ת.

## הערה

### כביור המעבר מצל לאור

איך נברר בהיקות של כל נקודה ונקודה במעבר מצל למואר? מקום שממנו נראה כל גוף השמש, הוא מואר לגמרי; מקום ממנו כל גוף השמש מוסתר, הוא בצל מוחלט; מקום ממנו רואים בדיוק חצי השמש, בו הבהיקות תהיה מחצית הבהיקות של המקום המואר לגמרי (היא נקודת חצי-הבהיקות) וכו'.

אילו השמש היתה ריבועית, היתה העליה מצל מוחלט למואר לגמרי כקו ישר, עולה מתחום הצל לתחום המואר. אבל מאחר וגוף השמש עגול, העליה כתחילתה איטית יותר, וכאשר היא מתקרבת לאמצע המעבר, מהירה יותר. אפשר להמחיש את הדבר ע"י ציור 2. במצב א: רבע הקוטר מגולה, אבל חלק השטח המגולה (מסומן) הוא הרבה פחות מרבע שטח העיגול.

במצב ב: כאשר בדיוק חצי קוטר השמש מגולה, בדיוק חצי השטח מגולה, ולכן זה המבט מנקודת חצי-הבהיקות.

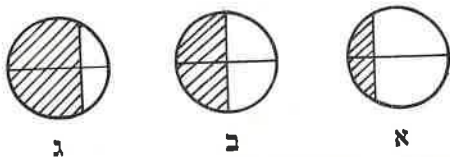
במצב ג: שלוש רבעי הקוטר מגולה, אבל יותר משלוש רבעי פני השמשה מגולות, ולכן הבהיקות תעלה על שלושת רבעים.

בשיטות המתמטיקה אפשר לכתוב את הנוסחה המתארת את גודל הבהיקות היחסית (L) בתלותה בנקודת החתך בקוטר (x) כדלקמן:

$$L = 1 + \sqrt{(X/R)^2 - (X/R)^2} - \cos^{-1}(X/R) \cdot \pi - R < X < R$$

בכל מקום אחר הבהיקות נעלמת.

כאן R הוא חצי טווח המעבר מצל לאור. ו-X נמדד ממרכז הטווח.



ציור 2: מבט על השמש מנקודות שונות במעבר מצל לאור. השטח המסומן מראה שטח גוף השמש המגולה ולכן כמות האור, יחסית, המגיעה לנקודה.

א. רבע קוטר השמש מגולה.

ב. חצי קוטר השמש מגולה.

ג. שלוש רבעי קוטר השמש מגולה.