

מדריך לצפייה בהופעת הירח החדש בארץ ישראל¹

קידוש החודש הוא מצוות עשה מן התורה, ועניינה של המצווה לחשב, לדעת ולקבוע באיזה יום תחילת כל חודש מחודשי השנה. קביעת תחילת החודש בידי הסנהדרין תלויה בראייה הראשונה של הירח המתחדש. הרמב"ם וחוקרים מודרניים, קבעו קריטריונים אסטרונומיים שבאמצעותם אפשר לחשב מתי חל הערב הראשון אחרי המולד שבו ניתן להבחין בירח החדש. ההבחנה בירח החדש עשויה להיות קשה ודורשת ידיעה מוקדמת של מקום וזמן הופעתו. קביעת מקום הירח מתבססת על חישוב מהלכו באמצעות האסטרונומיה המודרנית. חישוב הזמן הצפוי להופעת הירח נעשה באמצעות שיטה הלוקחת בחשבון את עצמת ההארה של הירח, בהיקות השמים והבליעה של האטמוספירה, וכן נתוני תצפית של האגודה הישראלית לצפייה בירח החדש. הוראות לתצפיתנים כוללות שיטה פשוטה, שאינה דורשת ציוד משוכלל, לקביעת מיקום הירח בשעה הצפויה להופעתו. כמו כן כוללות הן בחירת מקום התצפית והלכות הקשורות לצפייה בשבת וראש השנה.

א. הקדמה

מצוות קידוש החודש היא המצווה הראשונה שנצטוו בני ישראל בצאתם ממצרים. למצווה זו יש חשיבות מרובה כיוון שקביעת המועדים, הכוללים למעלה משישים מצוות, תלויה בה. בנוסף לקידוש חודשים הנקבע לפי זמן הופעת הירח החדש, אור ליום ל' של החודש הקודם, תלוי הלוח העברי גם בעיבור שנים הנקבע לפי מצב השמש, בשלות התבואה וגורמים נוספים. כאן נעסוק רק בראיית הירח החדש.² לפי המסורת, הלל השני תיקן את הלוח כידוע, היום הלוח העברי נקבע על פי חשבון.²

* תודותינו נתונות לשיבת ברכת משה מעלה אדומים ותורמים פרטיים עבור תמיכה למחקר, לרב נחום רבינוביץ' ואינג' יעקב לוינגר עבור ייעוץ, ולחברי האגודה הישראלית לצפייה בירח החדש שצפו בירת. חלקים ממאמר זה הופיעו כנספח מדעי לפירוש של נ"א רבינוביץ', יד פשוטה על הלכות קידוש החודש, הוצאת מעליות, ירושלים, תש"ס.

1 הכללים לקביעת הלוח העברי מבוארים במשנה תורה לרמב"ם, הלכות קידוש החודש ובפירושים אחרים; א"א עקביא, הלוח ושימושיו בכרונולוגיה, ירושלים, תשי"ג; ר' שר-שלום, שערים ללוח העברי, נתניה, תשמ"ד; N. Bushwick, *Understanding the Jewish Calendar*, Jerusalem, 1989; M. Isaacs, *Calculating the Jewish Calendar*, in preparation; J. Obermann, *The Code of*

בשנת ד' קי"ט (359 למניינם), אך יש הסוברים שהלוח נתקן בתקופה מאוחרת יותר. היום הלוח העברי אינו תואם ללוח שנקבע לפי הראייה. אף-על-פי שבמשך הזמן הולך וגדל הפער בין שני הלוחות, אין לנו רשות לשנות את הלוח עד שתקום הסנהדרין. הגם שקידוש החודש לפי הראייה אינו נוהג היום, ראוי לעסוק בחישובים ולתרגל את הראייה של הירח החדש כדי להיות מוכנים לעשות כהלכה כשהסנהדרין שוב תחזור לנהוג. בדומה לזה אנו מוצאים היום עיסוק בענייני בית המקדש, פרה אדומה וכדומה.

זה כמו שנים שיחידים וקבוצות החלו לצפות בירח בתחילת כל חודש כדי להתרגל במצוות הראייה ולקבוע קריטריון לאפשרות הראייה.³ כמו כן נוסד מכון ללימודים הקשורים בהלכות קידוש החודש בישיבת כרם ביבנה,⁴ וגם קיימת קבוצה שהחלה להכריז על ראש חודש כל חודש ממקום סמוך להר הבית (לפי הלוח הקיים, כמוכן).⁵ יש מקום לשפר את קריטריוני הראייה הקיימים באמצעות תצפיות וניתוחן לפי שיקולים פיסיקאליים, מטאורולוגיים ופיזיולוגיים.

כיום ידוע על שני לוחות הנקבעים לפי הראייה בפועל: המוסלמי והקראי. לכן למוסלמים ולקראים יש עניין רב (וויכוחים רבים) בנושא. הידע שמוכא כאן מבוסס על תוצאות מחקר של מדענים וחוקרים מכל הדתות.

ב. קידוש החודש על-פי הראיה

קידוש החודש הוא מצוות עשה מן התורה, המוטלת על הסנהדרין, ועניינה לחשב ולידע ולקבוע באי זה יום תחלת כל חדש וחודש מחדשי השנה (רמב"ם, הלכות קידוש החודש פ"א ה"ז).

1. אופן קידוש וקביעת החודשים

קידוש החודש הוא מצוות עשה מן התורה, המוטלת על הסנהדרין, ועניינה לחשב ולידע ולקבוע באי זה יום תחלת כל חדש וחודש מחדשי השנה (רמב"ם, הלכות קידוש החודש פ"א

; *Maimonides: Sanctification of the New Moon*, Yale University Press, New Haven, 1956

ד' שפיצר, הלוח העברי, ירושלים תשנ"ט; י' לוינגר, על השמינית, תל-אביב, תשמ"ו. לדעת הרמב"ן (השגות על ספר המצוות, קנ"ג), כאשר הסנהדרין הפסיקה לפעול והלל תקן את הלוח, הוא קידוש חודשים ועיבר שנים עד הזמן שיבוא אליהו. הלוח נכנס לפועל בראש השנה ד' קי"ט (רבי אברהם בר חייה, ד' תתפ"ג). אומנם יש עדות שהלוח לא היה מקובל על כולם עד לשנת 924 אבל יש ממצאים אסטרונומיים התומכים בדעה שהלוח נקבע בימי הלל השני (י' לוינגר, דף שבועי — אוניברסיטת בר-אילן, 248, ואתחנן תשנ"ח). הלוח של הלל השני נשאר בתוקף עד שיבוא אליהו ז"ל ונחזור על פי הראיה כב"ד הגדול" (השגות הרמב"ן על ספר המצוות קנ"ג).

3 ש' ואלטר, חיבור חכמת העיבור, באר שבע, תשנ"ד; ש' ואלטר, מתוך לוח דבר בעתו, אחיעזר, בני-ברק, תשנ"ד, 1080; M. Ben Ya'aqov, *Your Jerusalem*, XXII(8), p. 1, (February 1999); P. Chernofsky, *Torah Tidbits*, 348, p. 2, (8th January 1999); K. B. Shanwee, *Your Jerusalem*, XXII(10), p. 1, (April 1999)

4 שיחת השבוע, 1, 668, י"ב חשוון תש"ס; הצופה, 16, כ"ה תשרי תש"ס; ש' ואלטר, מעט מן האור, כ"ד אדר ב' תש"ס, 2; שיחת השבוע, 4, 692, ב' ניסן תש"ס; S. Walter, *Torah Tidbits*, 412, p. 20B (31st March 2000)

5 י' עזיז, "כזה ראה וחדש", ירושלים, תשנ"א.

סנהדרין קובעין על הראיה, ובזמן שאין שם סנהדרין קובעין על פי חשבון זה שאנו מחשבין בו היום ואין נזקקין לראיה" (שם פ"ה, ה"ב). זאת אומרת שההלכה מחייבת אותנו להשתמש בלוח שנקבע לפי חשבון עד שתוקם סנהדרין של סמוכים. אין לשנות מחשבון זה, כמו שאחרים מציעים, עד שסנהדרין חדשה של סמוכים תורה אחרת. הרמב"ם מתאר במפורט כיצד בית דין קובע את החודש בזמן שהסנהדרין נהגת: "בית דין מחשבין בחשבונות, בדרך שמחשבים האיטגונין (=האסטרונומים) שיודעין מקומות הכוכבים ומהלכם, וחוקרין ומדקדקין עד שידעו אם אפשר שיראה הירח בזמנו שהוא ליל שלשים או אין אפשר. אם ידעו שאפשר שיראה — יושבין ומצפין לעדים כל היום כולו שהוא יום שלשים; אם באו עדים ודרשום וחקרום כהלכה ונאמנו דבריהם — מקדשין אותו; ואם לא נראה ולא באו עדים — משלימין שלשים ויהיה חדש מעובר. ואם ידעו בחשבון שאין אפשר שיראה — אין יושבים יום שלשים ואין מצפין לעדים; ואם באו עדים — יודע כודאי שהן עידי שקר, או שנראת להם דמות לבנה מן העבים ואינה הלבנה הודאית (שם פ"א, ה"ו). ומסביר רבנו נו"כ בעל הפירוש להלכה קידוש החודש, שכדי לקדש את החודש דרושים שני התנאים כאחד שמנה הרמב"ם, דהיינו עדי ראייה והחשבון האסטרונומי.

הרשות ביד חכמים לעבר או לחסר חודשים לפי הצורך, כגון אם במשך כמה חודשים רצופים לא יראה הירח בתחילת החודשים (בגלל תנאי מזג אוויר וכדומה) או כדי למנוע פחות מארבעה חודשים מעוברים או יותר משמונה חודשים מעוברים במשך שנה (רמב"ם, שם פ"ח, ה"ח-ה"י). לדעת רבנו טוביה ב"ר אליעזר (המאה הי"ב), דחיית ראש השנה מימי א' ד' ו' לימים שאחריהם (כדי לא להסמיך יו"כ לשבת או שלא יחול הושענא רבא בשבת) נהגה גם כשקידשו על-פי הראייה (מדרש לקח טוב, בראשית יז, יג).

2. מצוות הראייה

מצוות הראייה חלה כשאפשר לראות את הירח החדש בליל שלושים של החודש (בלילה שבין יום כ"ט ויום ל'), וחלה על כל עד כשר הנמצא בארץ ישראל בזמן שקיימת סנהדרין של סמוכים.⁷ קלות הראייה משתנה מחודש לחודש. לפעמים הירח ברור לכל עין, אבל מדי פעם קשה או קשה מאוד לראות את הירח החדש ורק עדים בעלי נסיון מצליחים לראות אותו. לכן יש חשיבות לתרגל את ראיית הירח גם בזמן הזה בהעדר הסנהדרין. הסנהדרין תקבל את עדות החודש רק משני עדים כשרים (רמב"ם, שם פ"ב, ה"א). אולם, לצורך מחקר מדעי המיועד לקבוע קריטריון לראיית הירח, אפשר להסתמך גם על "עדות" ראייה של תצפיתנים שאינם כשרים לעדות לפי ההלכה. כל מקום בקרקע או מקום הקשור לקרקע (כמו גג בניין) בארץ ישראל כשר לראייה.⁸ אוויר ארץ ישראל, כמו מטוס או כדור פורח או מצנח וכדומה, פסול לראייה.

- 6 יצחק בן שלומה, אור הלבנה, זיטאמיר, אוקריינה, תרל"ב; מ' שמואל, "חיזוק אמונה", אשדוד, תשרי תש"ס ומדי חורש; לוח שנה, המועצה הרתית, היהדות הקראית העולמית, אשדוד, תשנ"ז; דעת אמת, תל-אביב, תשנ"ט.
- 7 הרי"ג (הרב כשר, תורה שלמה, כרך יג, פרק ג) סבור שהחשבון עיקר, שהעדות לא באה אלא להוכיח למינים שהחשבון נכון. הרמב"ם (פה"מ ר"ה פרק ב) לא מקבל דעה זו.
- 8 ארץ ישראל מוגדרת כאזור הנמצא בתחום הרוחב הגיאוגרפי 29°-35° (רמב"ם, קה"ח יא, יז) או 30°-35° (יח, טו), בהשוואה, גבולה הדרומי של מדינת ישראל — אילת, רוחב 29½°. בימי המלך דוד

3. הראייה בשבת ובראש השנה

בזמן סנהדרין קיימת ובית המקדש קיים, העדים שראו את הירח החדש כליל שלושים יוצאים מחוץ לתחום בשבת ורשאים לעשות פעולות הכרוכות בחילול שבת כגון טלטול ושימוש באמצעי תחבורה, כדי להעיד בפני בית דין — בגלל הצורך להקריב את קרבן מוסף ראש חודש בזמנו. כאשר בית המקדש אינו קיים, העדים יוצאים בשבת להעיד בפני הסנהדרין רק בחודשים ניסן ותשרי בגלל הצורך לקבוע את החגים (רמב"ם, שם פ"ג, ה"ב). לעומת זאת, אין לדחות את השבת כדי לראות את הירח או לרשום את פרטי העדות אפילו כשהסנהדרין קיימת. עדים שראו את הירח לפני צאת השבת אינם חייבים לחכות עד מוצאי שבת, אפילו אם הם יכולים להגיע לבית דין בזמן. עד אחד או עדים שהם קרובים זה לזה יוצאים לבית דין בשבת, משום שאחד העדים, או העד היחיד, יכול להצטרף לעד נוסף שעשוי להגיע לבית דין.

בזמננו שאין סנהדרין, כשמחפשים את הירח כליל שבת או לפני צאת השבת או בראש השנה, יש להיזהר מחילול שבת ו/או ראש השנה. רוב האיסורים ידועים לכול, אך נחזור על האיסורים ששייכים לצפייה בירח בשבת, כדי להימנע מחילול שבת. אין לרשום ולא לצלם. אין לצאת מתחום השבת. אין להעביר חפץ, כמו משקפת, ברשות הרבים או מרשות לרשות (למעט בראש השנה החל ביום חול). מותר להשתמש במשקפת (שמירת שבת כהלכתה טז, מה), טלסקופ, חצובה ומשקפיים, כל עוד שאין בזה איסור כמו העברה ברשות הרבים ושימוש בחשמל, ובתנאי שלא נדרשת מיומנות מיוחדת להרכיב את הציוד. הותר לכוון משקפת וטלסקופ בדרך הרגילה. מאחר שחיפוש הירח נחשב כלימוד תורה (בזמן הזה, וכשהסנהדרין קיימת הוא מצווה למעשה) מותר למדוד את הכיוון בעזרת סקלות של רום ואזימות (או"ח שו, ז; שמירת שבת כהלכתה כט, לח; שבת קנז ע"א). מותר לצאת לרשות הרבים במשקפיים לראייה מרחוק (שמירת שבת כהלכתה יח, טז) ושעון יד. ניתן לנקות עדשות בעזרת ממחטה יבשה (שם טו, לא). אסור לתקן ציוד כלשהו בשבת (שם טו, עז).

בזמן הזה שאין הסנהדרין קיימת, הראייה אינה דוחה מצוות אחרות.

4. מסיבות עדות לסנהדרין

העדים שהגיעו לירושלים להעיד בפני בית הדין הממונה על-ידי הסנהדרין היו נכנסים לרחבה הנקראת בית יעזק. שם היה יושב בית הדין שחקר את העדים, ושם הוכנו סעודות גדולות כדי לעודד אנשים לבוא (ראש השנה כג ע"ב; רמב"ם, קה"ח פ"ב, ה"ז).⁹ בשבת ובראש השנה היה אסור לצאת מתחום העיר עד סוף היום.

בבוקר אחרי ליל הראייה התחיל בית הדין בחקירת העדים. זוג העדים שהגיע ראשון

הגיעה ארץ ישראל עד לצפון סוריה. יש לציין שבמקומות אחרים בעולם הירח יכול להיראות בצורה, כיוון וזמן שונים. הסנהדרין ישבה ותשב בירושלים ברוחב $31^{\circ} 46'$.

תנאי נוסף לעדות כשרה הוא, שיש אפשרות להגיע לסנהדרין ולהעיד לפני השקיעה ממחרת, דהיינו כמעט 24 שעות (להוציא מקרים יוצאי דופן. ראה: קה"ח ג', טו-טז). בזמן המשנה מרחק זה היה מוגבל. היום אפשר להגיע בזמן מכל מקום בעולם, ולכן כל ארץ ישראל כשרה למצוות הראייה.

9 התכנסות במקום מסוים אינה הכרחית. לאחר שהסנהדרין יצאה מירושלים קיבלו עדות בעליית ביתו של רבן גמליאל (ראש השנה כד ע"א).

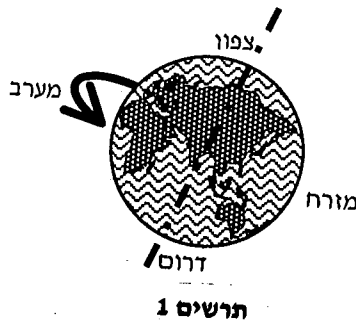
נחקר ראשון, קודם מכניסים את הגדול ואחר כך את השני. כשמצאו שיש התאמה בין העדויות המשיכו לחקור את יתר העדים שהגיעו, כדי לא לאכזבם, אולם רק בקצרה. בית הדין שאל את העדים את השאלות הבאות על אופן ראיית הירח:¹⁰

- א. מתי ראית?
- ב. מאיפה ראית?
- ג. מה ראית?
- ד. באיזה כיוון ראית אותו, צפון או דרום מהמערב?
- ה. לאיזה כיוון נטו הקרניים (קצותיה)?
- ו. כמה היה גובהו (רומי)?
- ז. כמה היה עובי החרמש?

בית הדין יכול להיעזר בתמונות כדי לסייע בחקירה (ראש השנה כד ע"א). זוג העדים שתשובותיהם מתאימות זה לזה ומתאימות לחישובי בית הדין, עדותם התקבלה. אחרי שגמרו לחקור את כל העדים ואחרי שהתברר שהעדויות כשרה, ראש בית הדין היה מכריז "מקודש" וכל העם ענה "מקודש מקודש". בהעדר עדות כשרה, בית הדין קובע את ראש החודש לפי שיקול דעתו ובלי להכריז "מקודש". לעתיד לבוא כשהסנהדרין תחזור לתפקד, אנו מצפים שתהליך החקירה יהיה דומה למה שהיה בימי קדם.

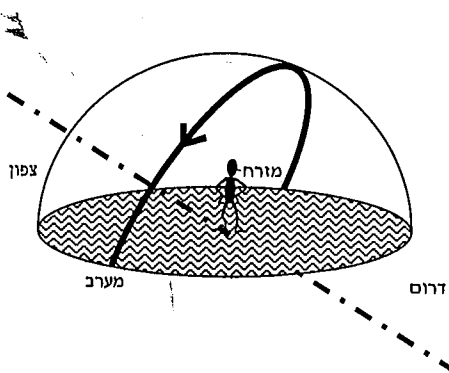
ג. מהלך המאורות

את הצורך של ידיעת מהלך השמש, הירח והכוכבים מסביר הרמב"ם: "בית דין מחשבין בחשבונות, כדרך שמחשבים האיציטגנינין (=האסטרונומים) שיודעין מקומות הכוכבים (כולל השמש והירח) ומהלכם, וחוקרין ומדקדקין עד שידעו אם אפשר יראה שהירח בזמנו" (רמב"ם קה"ח פ"א ה"ו). הרמב"ם עושה את חישוביו באמצעות האסטרונומיה היוונית (פי"ז, הכ"ד) כיוון שהספרים שחיברו חכמי ישראל לא הגיעו אלינו. אבל הואיל והאמיתות של הדברים ברורה ומוכחת, "אין חוששין למחבר בין שחברו אותם נביאים בין שחברו אותם גוים". להלן מתוארת דרך החישוב לפי האסטרונומיה המודרנית.

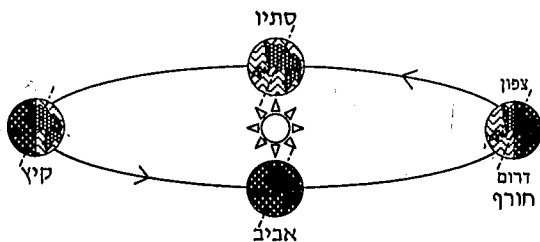


10 השאלות המוזכרות כאן אינן תואמות לאלו בראש השנה כג ע"ב והלכות קה"ח ב, ד, משום שאין לצפות שעדים רגילים מסוגלים לענות על השאלות הנזכרות שם. לכן בית הדין היה שואל שאלות דומות לרשומות לעיל, ומהתשובות הסיקו לגבי השאלות הנזכרות במשנה ובהלכות קה"ח. להסבר מלא ראה: נ"א רבינוביץ', יד פשוטה על הלכות קידוש החודש, הוצאת מעלות, ירושלים, תש"ס.

כדור הארץ סובב פעם ביום (24 שעות) סביב ציר המחבר את הקוטב הצפוני עם הקוטב הדרומי (תרשים 1) ממערב למזרח. לצופה הנמצא על כדור הארץ נראית הארץ קבועה, והכוכבים, כולל השמש והירח, נראים נעים על פני כיפת השמים ממזרח למערב במסלול הנטוי כלפי האופק (תרשים 2).

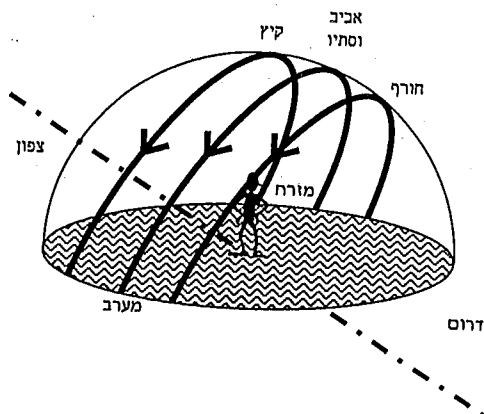


תרשים 2

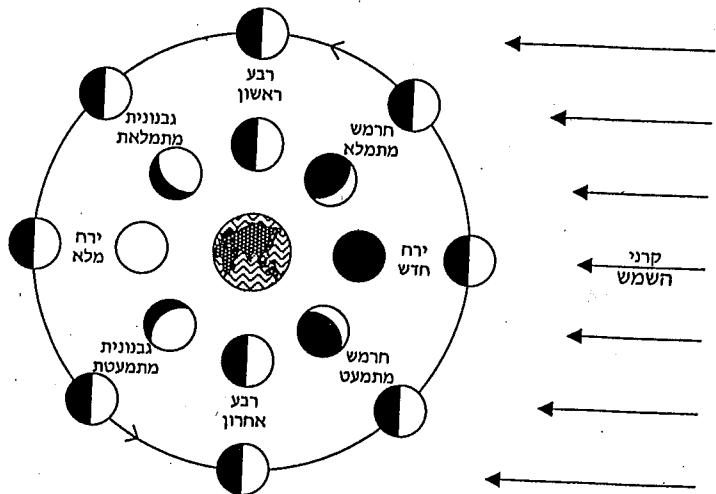


תרשים 3

כדור הארץ מקיף את השמש פעם בשנה. באמצעות כוכבים מסוימים, העולים זמן קצר לפני נץ החמה, אפשר לקבוע את מיקומה של השמש ביחס לכוכבים. ממעקב אחרי מיקומה של השמש במשך שנה, ניתן לראות שיש לה תנועה נדמית ממערב למזרח ביחס לכוכבי השבת, וחוזרת למקומה היחסי אחרי סיבוב מלא רק לאחר שנה. כיוון שציר כדור הארץ נוטה ביחס למסלולו, משתנית הזווית שבה פוגעות קרני השמש בכדור הארץ, במהלכו במשך השנה (תרשים 3); כתוצאה מכך נראה לצופה על כדור הארץ, שמסלול השמש משנה את מיקומו צפונה ודרומה במשך השנה (תרשים 4). בקיץ השמש מקדימה לזרוח בצפון-מזרח, נמצאת בצהריים גבוה מעל לאופק בדרום, ושוקעת מאוחר בצפון-מערב. באביב ובסתיו השמש עולה בנקודת המזרח ושוקעת במערב. בחורף השמש מאחרת לזרוח בדרום-מזרח, נמצאת בצהריים נמוך יחסית בדרום, ושוקעת מוקדם בדרום-מערב.



תרשים 4



תרשים 5

משך זמן ההקפה של הירח סביב הארץ תלוי בנקודת הייחוס לפיה מודדים. חודש סידרי, 27.321 יום – זמן ההקפה ביחס לכוכב מסוים. חודש סינודי, 29.530 יום – הזמן הממוצע בין שני מולדות ביחס לצופה על כדור הארץ בתחילת החודש, נראה הירח קרוב לשמש על פני כיפת השמים. מסלול ההקפה הנדמה היומי של השמש והירח קרובים זה לזה. הירח עולה בכוכר מעט אחרי זריחת השמש, ושוקע בערב מעט אחרי שקיעתה. כיוון שחרמש הירח דק בתחילת החודש, אפשר להבחין בו רק אחרי שמתחיל להחשיך, כלומר בערב סמוך לשקיעת השמש. הירח אינו מאיר אלא רק מחזיר את אור השמש. כשהירח נמצא בין הארץ והשמש הוא לא נראה, משום שאור השמש מגיע רק לצד הירח הנסתר מאתנו (תרשים 5). בתחילת החודש ובסופו, אפשר לפעמים להבחין בוהר

הארץ (Earthshine) כלומר הארת הצד החשוך של הירח מאור השמש המוחזר מהארץ. הירח נראה בצורת חרמש ואור אפרורי על יתר השטח של פניו.

כוכבי הלכת סובבים את השמש במסלולם במחזוריים שונים, לדוגמה: כוכב חמה מקיף את השמש ב-88 יום, נוגה ב-225 יום, וצדק ב-4333 יום (11.9 שנה). לעתים נמצאים כוכבים אלה קרובים לירח, על כיפת השמים במבט מהארץ, וניתן להיעזר בהם לאיתור המקום שבו הירח צפוי להופיע (ראה ה-2 להלן).

לסיכום: כדור הארץ סובב פעם ביום על צירו וגורם לתנועה נדמית של הכוכבים סביבנו. בנוסף, כדור הארץ מקיף את השמש פעם בשנה וציר הסיבוב שלו נטוי כלפי מסלול ההקפה. כתוצאה מכך נראית השמש בצהריים גבוהה יותר מעל לאופק בקיץ ונמוכה יותר בחורף. הירח מקיף את כדור הארץ פעם בחודש ומחזיר את אור השמש, דבר הגורם למופעי הירח. כל זה מסביר את תנועות השמש והירח בשמים בקירוב ראשון. כדי לדעת את מיקומם המדויק של השמש והירח יש לקחת בחשבון שמהירות התנועה שלהם אינה קבועה, מסלול הירח נטוי כלפי המילקה (מסלול הנדמה של השמש), בנוסף המסלולים של השמש והירח אינם קבועים.¹¹ כיוון שהתחשבות בכל הגורמים דורשת עבודת חישוב מרובה, משתמשים בתוכנת מחשב כדי לדעת מתי והיכן נראה הירח.¹²

ד. זמן ומקום הופעת הירח החדש ומראהו

הירח נראה לראשונה כל חודש כחרמש דק, כיממה או יותר (מ-20 עד 56 שעות¹³) אחרי

11 מסלולי כדור הארץ וכוכבי לכת אחרים אינם עגולים מושלמים אלא אליפטות. אנחנו הכי קרובים לשמש (בפריהליון) בינואר והחוקים (אפהליון) ביותר ביולי. משתמשים במלים 'פריהליון' ו'אפהליון' כשמדובר בכוכב המקיף את השמש. כשמדובר בירח (או עצם אחר) המקיף את כדור הארץ משתמשים במלים 'פריגאון' ו'אפוגאון'. מסלול הירח יותר פחוס מזה של כדור הארץ ואינו אליפסה טהורה, מחמת השפעת כדור הארץ והשמש וכוכבי הלכת. לכן התנועה המדויקת של הירח מסובכת. המיקום של הפריגאון משתנה מהר ומקיף את כל מסלול הירח במשך כתשע שנים. מישור מסלול הירח נוטה בכחמש מעלות ביחס למילקה. לכן הירח יכול להופיע קצת מעל ומתחת המילקה (מסלול הנראה של השמש ביחס לכוכבים קבועים). לאמיתו של דבר, הירח אינו מקיף את כדור הארץ אלא שניהם מקיפים את מרכז הכובד שלהם הנמצא קצת מתחת לפני כדור הארץ הפונה כלפי הירח. כשלוקחים את כל הגורמים האלה בחשבון, ניתן לחשב את מקומות השמש והירח בקירוב טוב מראש או לאחור עד לטווח של מאה שנה.

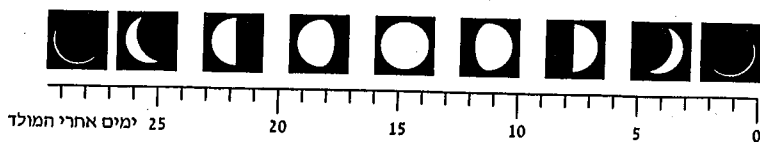
כדי לחשב לטווח ארוך יותר צריכים לקחת בחשבון שה"קבועים" הנוכריים לעיל אינם קבועים. מקומות הפריהליון של כדור הארץ וכוכבי לכת אחרים משתנים. נטיית ציר כדור הארץ משתנה. אפילו אורכי השנה והחודש משתנים. אבל מעל הכל, משך היממה משתנה. בהתחשב בכל הגורמים האלה ניתן לחשב את המיקום של השמש והירח לתקופה של אלפי שנים, בדיוק מספיק טוב כדי לדעת אם הירח ייראה או לא.

12 דוגמה לתוכנות טובות הן "חזון שמים" של א' צקוני (תשנ"ד-1994, ספר ותוכנת מחשב), ו-Mooncalc שהוכנה על ידי ד"ר מונצור אחמאד מאנגליה: (<http://www.starlight.demon.co.uk/mooncalc>); M. Ahmed "MoonCalc 6.0" 2001. התוכנות קלות לשימוש, בעזרתן אפשר לחשב את מקומות השמש והירח, אחוז התאורה, מרחק הירח ואפשרות הראייה. וכן, Software to Astronomical Algorithms, Willmann Bell Inc. מאפשרת גם חישוב המיקום של כוכבי לכת.

13 לפי ממצאים שנאספו ע"י האגודה הישראלית לצפייה בירח החדש. במקרים נדירים תיתכן הופעת הירח אחרי קצת יותר מ-15 שעות (16 שעות לפי פרקי דרבי אליעזר וז' מהמולד. לדעת רש"י (ר"ה כ ע"ב)

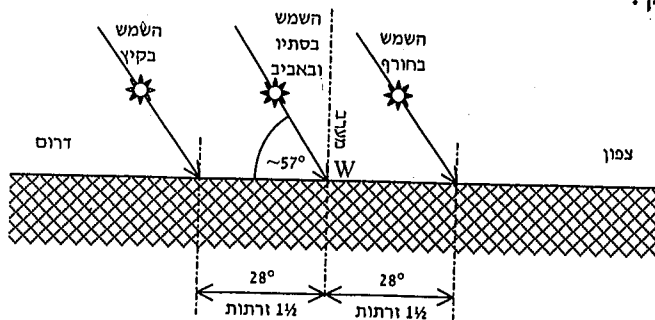
המולד האמיתי (שעת הקיבוץ), סמוך לשקיעת השמש וקרוב אל מקומה. במשך החודש משתנה מראית גוף הירח כמתואר בתרשים 6:

1. הופעת הירח סמוך לשקיעת השמש



6 תרשים

כיוון שהירח מופיע קרוב למקום שקיעת השמש, אפשר להסתייע במקום השקיעה כדי לדעת היכן יופיע הירח. אין להסתכל בשמש בעין בלתי מוגנת! הסתכלות ליותר משנייה עלולה לגרום נזק בלתי הפיך לעיניים עד כדי עיוורון. על אחת כמה וכמה אין להסתכל בשמש דרך משקפת, טלסקופ או מצלמה. לפיכך כדאי להיעזר במצפן לדעת את מקום השקיעה. אם אין דרך אחרת, אפשר לקבוע מקום זה על ידי צפייה בשמש בשניות האחרונות לפני שהיא נעלמת לגמרי, או כשאורה מוחלש על-ידי עננים או אובך.



7 תרשים

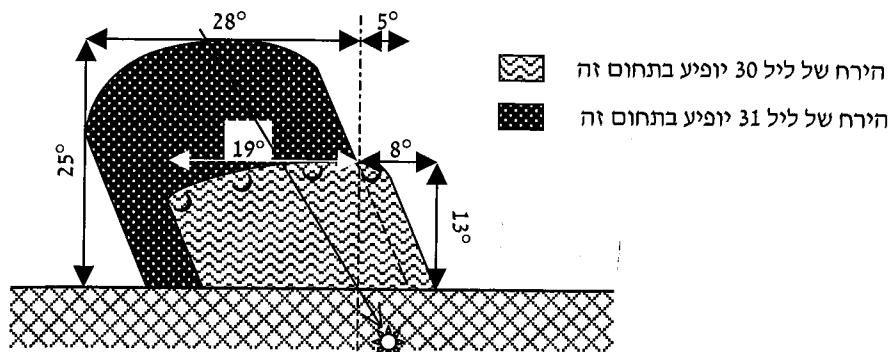
השמש שוקעת באופק המערבי. בתקופת ניסן ובתקופת תשרי השקיעה היא בנקודת המערב W. בקיץ היא שוקעת קצת דרומה לנקודת המערב, ובחורף קצת צפונה לה (תרשים 7).

זמן שקיעת השמש משתנה במשך השנה ונע בין 16:35 בחורף (לפי שעון חורף) ובין 19:50 בקיץ (לפי שעון קיץ). מזג האוויר משפיע באופן ניכר על ראיית הירח, במיוחד בחורף כשהשמים מעוננים.¹⁴

ניתן להבחין בירח החדש 6 שעות אחרי המולד. ד"ר נ' וידאל בקונטרס כ"ד השעות, ירושלים תשנ"ט, בהסבירו את הסוגיה לפי פירוש רש"י, אומר ש-6 שעות הוא השיעור המינימלי לראיית הירח, שייתכן אולי להגיע אליו עם התפתחות שיטות התצפית. בדרך כלל השפעת העננות פוחתת ככל שמדרימים, אך לפעמים כל הארץ מכוסה בעננים. לדוגמה,

2. היכן נמצא הירח החדש

הירח החדש של ליל שלושים בחודש מופיע בטווח הזמן המתחיל כמה דקות לפני שקיעת השמש¹⁵ ועד כשלושים דקות אחרי שקיעתה. (אם הירח מתחדש רק בליל 31 בחודש, טווח הזמן להופעתו מתחיל כשלושים דקות לפני שקיעת השמש ועד 13 דקות לאחר שקיעתה). משך הזמן שבו ייראה הירח משתנה בין דקות ספורות עד שעה ורבע (בליל 31 יש שייראה למשך ארבעים וחמש דקות עד לשעתיים ורבע), בהתאם למקומו בַּרְקִיעַ ותנאים אחרים. לפעמים הירח יימוג לפני הגעתו לאופק, למרות שהשמים בהירים לגמרי. התחום שבו ייראה הירח של ליל 30 הוא בין 8° צפון ממקום שקיעת השמש ובין 19° דרומה ממנו, וברום — עד 13° . באביב הירח נוטה ימינה (צפון) מהשמש, ובסתיו הוא נוטה לשמאלה (דרום)¹⁶ (תרשים 8).

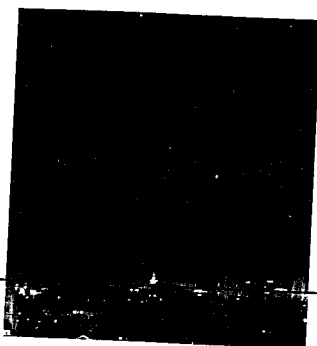


תרשים 8

בראייה של אדר תשנ"ט רוב המזרח התיכון היה מכוסה בעננים. הירח היה אמור להיות קל לראייה אך לא נראה בישראל, מצרים, ירדן, סעודיה או עיראק. דיווח הראייה הקרוב ביותר הגיע מאיראן. לעומת זאת בכסלו תשנ"ט הירח צולם בירושלים מעל רקע בהיר ובאותו זמן ירד גשם באל-בידה, כ-15 ק"מ צפונה. במקרה פחות קיצוני, כמחצית הארץ היתה מכוסה בעננים אולם חציה השני היה בהיר יותר. לדוגמה, השמים היו אביכים בתחילת ניסן תשנ"ט והירח לא נראה בדרום או במישור החוף, אך הוא נראה בהרי המרכז והצפון וברכת-עמון בירדן.

15 בדרך כלל אי אפשר לראות את הירח של ליל 30 לפני השקיעה (רש"י ראש השנה כג ע"ב). אולם תצפיתנים מומחים הצליחו כמה פעמים בעשור האחרון לראות את הירח לפני השקיעה.

16 נתונים אלו מבוססים על כמאה וחמישים תצפיות בשמים בהירים של תצפיתנים מנוסים, חברי האגודה הישראלית לצפייה בירח. ראה גם: "לוינגר, בדר, 3 (תשנ"ו), עמ' 45-85.

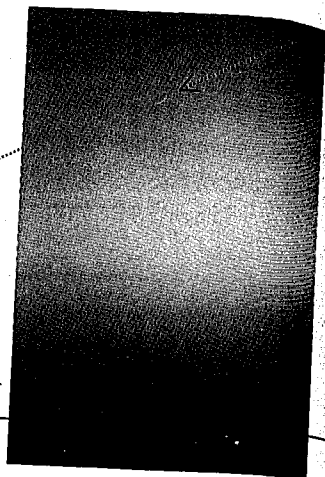


אופק

שלב ג
הירח הולך ונמוג

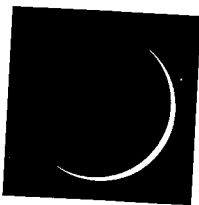


שלב ב
שיא בהירות הירח
תרשים 9

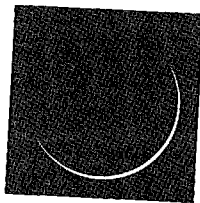


שלב א
תחילת הופעת הירח

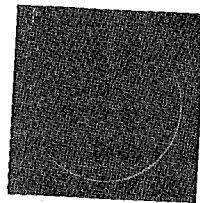
3. מראה הירח החדש
עובי החרמש ביחס לקוטר הירח מצוין באמצעות "אחוז התאורה" (זהה יחס שטח החלק המואר למלוא עיגול הירח). סמוך לקיבוץ, אחוז התאורה הוא קרוב לאפס (0%), ולפיכך בלתי אפשרי לראות את הירח. כשאחוז התאורה הוא כמאה אחוזים (100%) אז הירח "מלא". ירח שרק אחוז אחד (1%) ממנו מואר נראה בקושי כחוט השערה (תרשים 10). לעומת זאת, אחוז התאורה של הירח החדש בליל 30 יכול להגיע עד לשלושה אחוזים וחצי (3.5%), וניתן להבחין בעובי הירח בכירור (אם הוא מתחדש רק בליל 31 עשוי הירח להגיע עד לשישה אחוזים).



ירח חדש קל לראייה. הירח נראה דק ולפני שקיעתו ניתן לראות את פגמתו מוארת קצת. אחוז התאורה 3.5%.



ירח חדש בקושי בינוני לראייה. הירח נראה דק מאוד. אחוז התאורה 2%.



ירח חדש קשה מאוד לראייה. הירח נראה כחוט השערה. אחוז התאורה 1%.

תרשים 10

בתחילת הופעתו נראה הירח דק וחלש, וככל שהשמים מחשיכים הוא נראה ברור יותר ועבה, עד שמגיע לשיא הבהירות בין שקיעת השמש לשקיעת הירח. לאחר מכן הוא מתחיל לדעוך, וברוך כלל נמוג לגמרי לפני שמגיע לאופק (תרשים 9).
 אם קשת הראייה¹⁷ גדולה מכ- 16° (כלומר, הזמן בין שקיעת השמש ושקיעת הירח גדול משעה וחמש דקות), ניתן לראות החל מכארבעים וחמש דקות אחרי שקיעת השמש את קונטור עיגול הירח מואר מעט בגלל זוהר הארץ (תרשים 10 ירח ב- $3\frac{1}{2}\%$ תאורה). תופעה זו נדירה בירח של ליל 30 אך שכיחה יותר בזה של ליל 31. זוהר הארץ יכול להופיע בצילום אפילו שהוא אינו נראה לעין או בעזרת משקפת.
 לפעמים עננים דקים נראים אחר שקיעת השמש מעל האופק בצורת חרמש (כמו הירח החדש) אבל ניתן להבחין ביניהם לבין הירח, מפני שאינם נעים בכיוון שקיעת הירח. נוסף על כך, בדרך כלל הם נראים מטושטשים ודועכים בניגוד לאור הירח ההולך ומתחזק.

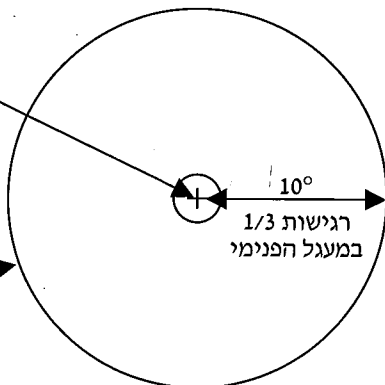
ה. חיפוש המקום המיועד להופעת הירח

1. חשוב להסתכל בדיוק בכיוון הירח

רגישות מלאה באמצע שדה הראייה המאפשרת ראיית ירח קשה מאוד.



רגישות 1/15 במעגל החיצוני המאפשרת ראיית ירח בקושי בינוני.



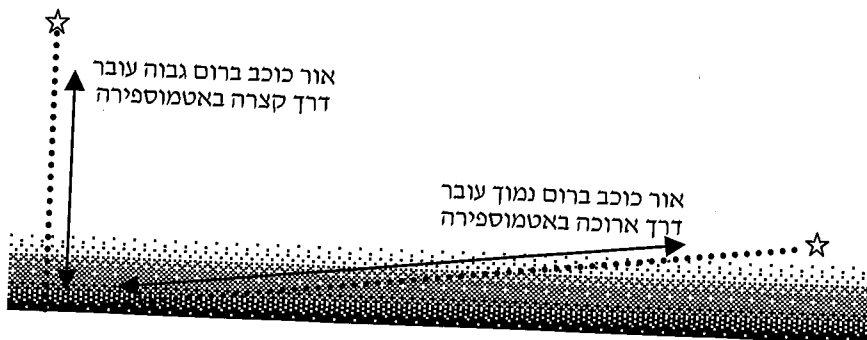
תרשים 11

כדי למצוא את הירח כשהוא קטן וקשה לראייה יש לדעת את מיקומו במדויק. העין רגישה לראיית עצמים שקשה להבחין בהם רק באזור קטן מאוד במרכז שדה הראייה (תרשים 11). מעלה אחת מהמקום הזה, רגישות העין יורדת לכדי שליש. במרחק עשר מעלות ממרכז שדה הראייה רגישות העין קטנה פי 15 מרגישותה במרכז.¹⁸ לכן אם לא מסתכלים בדיוק לכיוון הירח הוא לא ייראה.

17 קשת הראייה במעלות היא הזמן בין שקיעת השמש ושקיעת הירח בדקות מחולק ב-4 (רמב"ם, קה"ח פרק יז; נ"א רבינוביץ, יד פשוטה).

18 E.S. Lamar, S. Hecht, S. Shlaer and C.D. Hendley, *J. Opt. Soc. Am* 37 (1947), pp. 531-545; E. S. Lamar, S. Hecht, C.D. Hendley and S. Shlaer, *J. Opt. Soc. Am.* 38 (1948), pp. 741-755

בעזרת תוכנות מחשב טובות,¹⁹ ניתן לדעת במדויק את מקום השמש והירח ואת הזמן המדויק הצפוי להיראות הירח ולהיעלמותו. אותן תוכנות גם מציגות את המרחק הזוויתי בין מקום הופעת הירח למקום שקיעת השמש ולכוכבי לכת זוהרים בזמנים מסוימים. למעשה, הראייה תלויה בגורמים הנגזרים ממזג האוויר: בהיקות הירח ביחס לבהיקות השמים ברקע, צלילות האור או אביכותו — אם השמים אביכים הירח יופיע מאוחר יותר, וייתכן שתימנע הופעתו לגמרי.²⁰

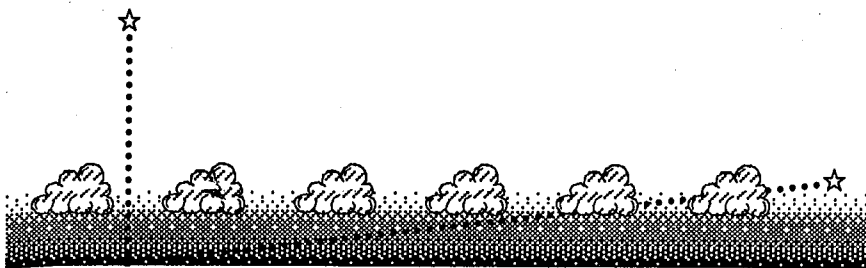


תרשים 12

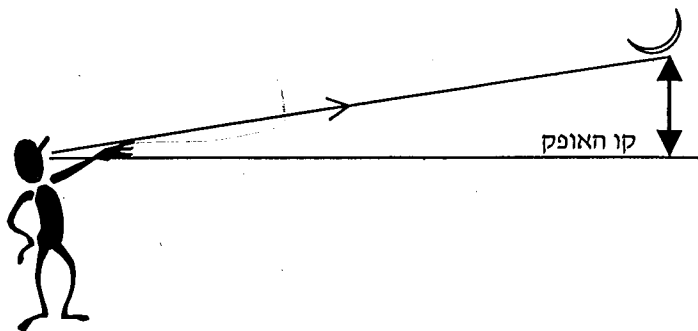
הירח שוקע במקביל למשווה השמים כמעלה אחת בכל ארבע דקות. כאמור לעיל, רגישות העין במרכז שדה הראייה גדולה פי שלושה מהרגישות במרחק מעלה אחת מהמרכז (ראה תרשים 11 לעיל). לכן יש לדעת את מקום הירח במדויק, וטעות של דקה בזמן משמעותית. שעון-יד מדויק נדרש כדי לדעת מתי הירח נראה במקום מסוים.

2. איך למצוא את הרום והכיוון הנכון כדי למצוא את המקום שבו הירח אמור להופיע ללא ציוד עזר יקר, אפשר להשתמש בכמה אמצעים פשוטים: את הרום של נקודה כלשהי מעל האופק ניתן למדוד בקירוב ע"י האצבעות של היד הפשוטה כמודגם בתרשים 14 (אצבע = 1.5° בקירוב — ראה תרשים 15). כך גם ניתן למדוד את המרחק הזוויתי בין מקום שקיעת השמש לבין מקום הופעת הירח בזמן מסוים.

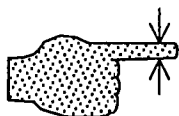
19 ראה לעיל הערה 12.
 20 אור הירח, בזמן שהוא סמוך לאופק, צריך לעבור דרך ארוכה באטמוספירה (תרשים 12). לכן שינוי קטן בבליעת (אביכות) האטמוספירה גורם לשינוי עצמת הארה של הירח ובהירות השמים ברקע. כמו כן, הסיכוי להפרעת העננים גבוה יותר ככל שרום הירח נמוך יותר (תרשים 13). לכן ניתן לחזות את זמן הופעת הירח בתנאי שהאוויר צלול, עם סטיית תקן של שבע דקות. אם השמים אביכים הירח יופיע מאוחר יותר, או בירח קשה לראייה לא יופיע כלל. כמוכך, כשהשמים מעוננים או אביכים מאוד לא תתאפשר הראייה בכלל.



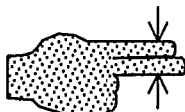
תרשים 13



תרשים 14



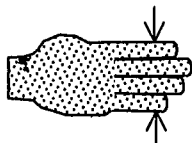
אצבע אחת $1\frac{1}{2}^\circ$



שתי אצבעות 3°



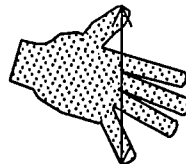
שלוש אצבעות $4\frac{1}{2}^\circ$



ארבע אצבעות $6\frac{1}{2}^\circ$



אגרוף 9°

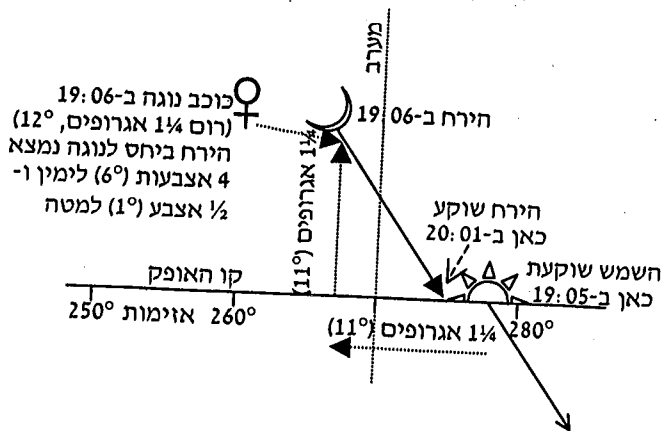


זרת $18\frac{1}{2}^\circ$
כשהאצבעות מתוחות

תרשים 15

לפעמים ניתן להשתמש בכוכבים זוהרים, כשאלה נמצאים קרוב לירח, כנקודת ייחוס למדידת אזימות ורום. כשאחוז התאורה של הירח קטן מ- 2.5 וכשנוגה נראה קודם לשקיעת השמש, ניתן להיעזר בו למציאת מקום הופעת הירח (כשאחוז התאורה של הירח גדול מ- 2.5 , הוא צפוי להיראות לפני נוגה). הדגמת הדברים בתרשים 16.

הירח החדש ביום ד' כט באב תשי"ס (30.8.00)



הירח הופיע מעל אופק המערב בין 19:06 ובין 19:20 ביום ד' כט באב תשי"ס (30.8.00), 1¼ אגרופים שמאלה ממקום שקיעת השימש וברום של 1¼ אגרופים (באורך הזרוע). ניתן היה להשתמש בכוכב נוגה (כוכב ערב זוהר) כדי לאתר את הירח. הירח היה ימינה וקצת למטה ממנו. ראיית הירח היתה קלה (למעט בדקות הראשונות של הופעתו). הירח שקע ב- 20:01 או נמוג קצת לפני כן.

תרשים 16

יש להתחיל בחיפוש הירח כחמש דקות לפני הזמן הצפוי להופעתו. צופה המאמץ את עיניו, נוטה לפעמים לדמיין שראה את הירח. כדי לוודא שהראייה היא אמיתית, יש להפנות את העיניים לרגע למקום אחר ולחזור ולבדוק אם אמנם נראה הירח. קלדוול, ²¹ ממצפה הכוכבים של דרום אפריקה, מציין שלגבי ראיות קשות שבהן נראה רק נצנוץ קצר של הירח, יש לוודא שהוא יראה לפחות למשך כמה שניות ושייראה שוב אחרי מבט נוסף לאותו מקום. אחרי שהירח נמצא בעין רצוי להמשיך בתצפית עד שהירח יימוג וישקע. באמצעות משקפת (בקוטר 50 מ"מ והגדלה 10x) אפשר לראות את הירח עשר דקות עד רבע שעה מוקדם יותר מאשר בעין בלתי מזוינת. לצורך גילוי הירח בעין, נוה יותר להשתמש תחילה במשקפת כדי למצוא את מיקומו ואז לוודא בעין בלתי מזוינת. כשהראייה קשה, המשקפת יכולה לוודא שאכן הירח נראה ולא דבר אחר. לצורך זה יש להשתמש במשקפת מתאימה. ²²

21 J.A.R. Caldwell and C.D. Laney, SAAO crescent visibility database, South African Astronomical Observatory, 1998 (<http://da.sao.ac.za/sky/database.html>)

22 המשקפת מאופיינת בכושר הגדלתה וקוטר. ההגדלה היא גודל הדמות הנראית במשקפת ביחס לגודלה בלעדית. קוטר המשקפת מוגדר כקוטר העדשה דרכה נכנס האור. ככל שקוטר העדשה גדול יותר, כמות האור המגיעה לעין גדולה יותר ומאפשרת להבחין בעצמים בעלי עצמת הארה קטנה יותר. בהגדלה גבוהה מדי, שדה הראייה יהיה מוגבל ויהיה קשה למצוא את המטרה (הירח). צידוף נכון של קוטר והגדלה קובע את התכונות האופטימליות של המשקפת. ההגדלה והקוטר מצוינים על המשקפת.

מקום עדיף לתצפית הוא כזה שבו אפשר לראות את האופק ללא הפרעה, ושלא יהיו מאורות העשויים לסנוור את העיניים ולהקשות על הראייה. רום האופק הנראה צריך להיות פחות מ- 3° , כלומר לא יעמוד בעמק או בכקעה.²³ מטרת התצפית בירח החדש הן: א. להתאמן בראיית הירח בהכנה לקראת קידוש על-פי הראייה; ב. לחדד ולשפר קריטריוני ראייה.

1. קריטריונים לחיזוי הראייה

הזמן בין המולד לבין הראייה הראשונה של הירח אינו קבוע (ראה תחילת סעיף ד), הוא תלוי במצב ההדדי של הארץ השמש והירח. קריטריוני הראייה הם פרמטרים אסטרונומיים שבאמצעותם ניתן לחשב מתי חל הערב הראשון אחרי המולד שבו הירח ייראה לראשונה. פרמטרים אלו משמשים להכנת הוראות לתצפיתנים²⁴ (ראה תרשים 16). בנוסף לקביעת היום שבו מומלץ לצפות בירח החדש, הפרמטרים גם מסייעים להעריך את השעה שבה הירח צפוי להופיע ואת טיב הראייה.

1. הקריטריון של הרמב"ם

כאמור, אפשר להבחין בתחילת החודש בחרמש הדק של הירח, סמוך לאופק המערבי, רק כשמתחיל להחשיך. הרמב"ם מחשב את היתכנות הראייה על סמך שני פרמטרים הקובעים את עובי החרמש ואת מידת ההחשכה. הפרמטר האחד הוא האורך הראשון (L') המוגדר כמרחק הזוויתי בין השמש והירח על מישור המילקה (תרשים 17) — ככל שמרחק זה קטן יותר כך חרמש הירח דק יותר. הרמב"ם קובע, שאם האורך הראשון קטן או שווה ל- 9° הירח לא ייראה. הפרמטר השני הוא קשת הראייה (במעלות) שגודלה הוא רבע הזמן בדקות בין שקיעת השמש לשקיעת הירח (לדוגמה: הפרש השקיעות 48 דקות, קשת הראייה 12°). ככל שהזמן בין השקיעות קטן יותר הירח נמוך יותר, קרוב יותר לאדמומיות הזוהרת של שמי המערב והבליעה של האטמוספירה גדולה יותר, ולכן יהיה קשה יותר להבחין בירח (ראה פה"ש לרמב"ם ראש השנה פ"א, ה"ה). כשקשת הראייה קטנה או שווה ל- 9° (36 דקות בין שקיעת השמש לשקיעת הירח) הירח לא ייראה. ראה הלכות קידוש החודש פי"ז ה"ג-ד פט"ו הכ"ב, כיצד לחשב את היתכנות הראייה כאשר שני הפרמטרים הם מעל לערכם המינימלי.

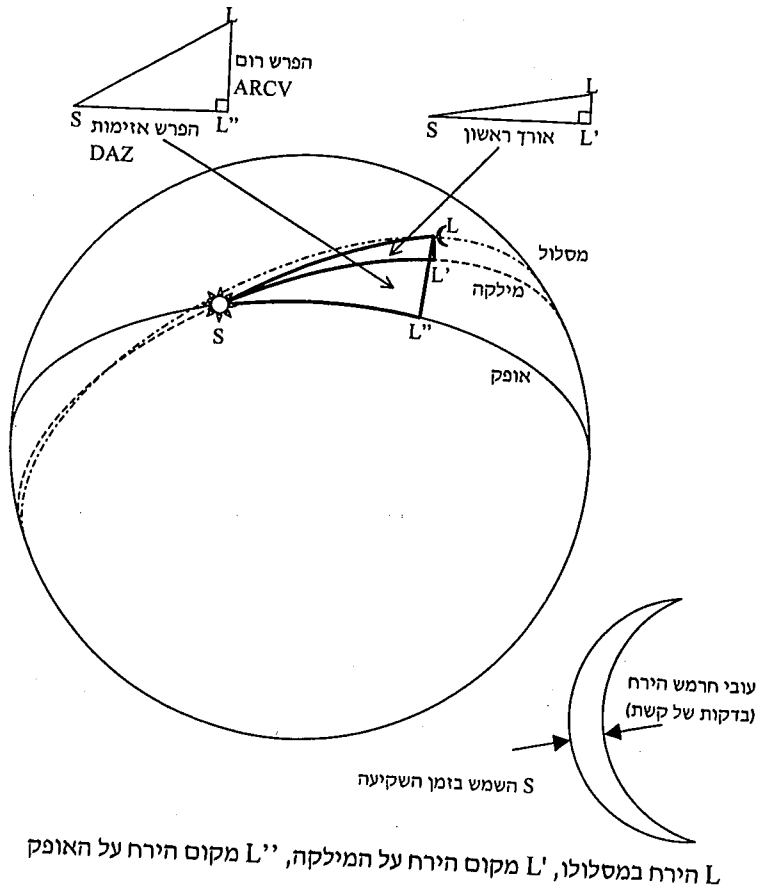
לדוגמה 10×50 משמעותו כושר הגדלה פי 10, וקוטר 50 מ"מ. לצרכינו מספיקה הגדלה בין 7 ל- 12° וקוטר בין 40 ל- 60 מ"מ, אך ניתן להשתמש בקוטר בין 30 ל- 80 מ"מ. כמו כן יש להקפיד על איכות המשקפת. משקפת טובה ובעלת עדשות מצופות נגד החזרה, תיתן דמות חדה בלי אברציה (הופעת צבעים נוספים בקצוות). יש לשמור את המשקפת במקום יבש, להימנע מלגעת בעדשות ולנקותן לפי הצורך בעזרת מטליות מיוחדות לעדשות. שימוש בחצובה מומלץ, משום שהיא מייצבת את המשקפת ומאפשרת ראייה טובה יותר.

23 כשהראייה גבולית הסיכויים לראיית הירח גדולים יותר במקומות גבוהים, כיוון שרוב האבק והזיהום באטמוספירה מרוכז במקומות הנמוכים. כמו כן, סיכויי הראייה טובים יותר בנגב במקומות הגבוהים (כמו הר הזוקיה), שם האופק אינו מעל הים ולכן בד"כ הראות טובה יותר.

24 ר' הופמן, ט' כאץ, מדריך לתצפיות בירח החדש, ה'תש"ס (1999), ומדי שנה ע"י האגודה הישראלית לצפייה בירח החדש.

2. קריטריונים מודרניים

בחקופה המודרנית התחילו כמה מדענים לגלות עניין בחיזוי ראיית הירח, ^{25,29,30,36} פות'רינגהם²⁶ ומונדר²⁷ באנגליה, וכן שוך²⁸ בגרמניה ששיטתו אומצה על-ידי מדענים הודים,²⁹ הציעו קריטריוני ראייה המבוססים על שני פרמטרים (ראה תרשים 17):



תרשים 17

- 25 יי לוינגר, תחומין, יד (תשנ"ד), עמ' 473-500; מ' שמואל, "חיזוק אמונה", אשדוד, תשרי ה'חש"ס, ומרי חודש: M. Ilyas, *Astron. Astrophys*, 206 (1988), pp. 133-135; M. Ilyas, *Q.J. Roy. Astr. Soc.*, 35 (1994), pp. 425-461.
- 26 J.K. Fotheringham, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 70 (1910), pp. 355-381
- 27 W. Maunder, *J. Brit. Astron. Assoc.*, 21 (1911), pp. 356-362
- 28 C. Schoch, *Erganzungsheft zu den Astronomischen Nachrichten*, 8(2), p. 17
- 29 *Indian Astronomical Ephemeris*, Indian Meteorology Department, New Delhi 1979 (and annually)

DAZ: ההפרש בין אזימות השמש לבין אזימות הירח.
ARCV: הרום של מרכז הירח מעל לאופק בשקיעה הגיאומטרית (מרכז השמש על האופק ללא תיקון עבור שבירת האור).

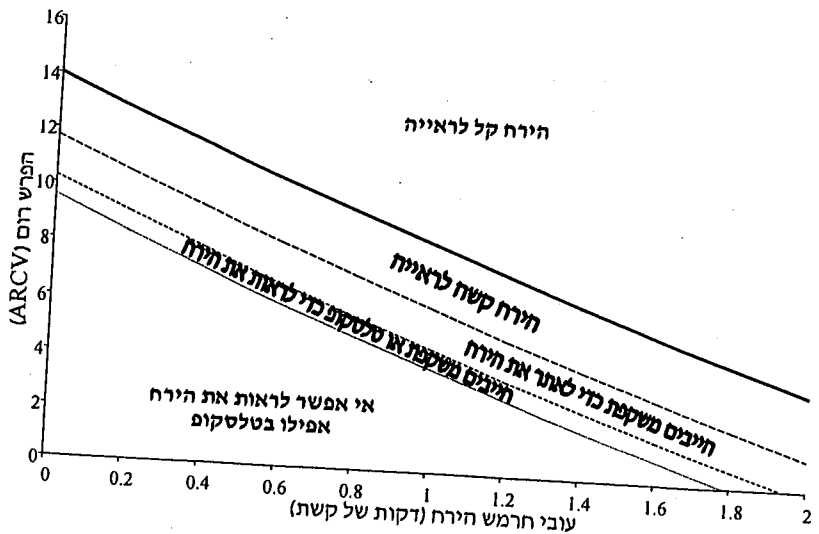
לדוגמה, הקשר בין שני הפרמטרים לפי הקריטריון ההודי הוא:

DAZ	0	5	10	15	20
ARCV	10.4	10	9.3	8	6.2

קריטריון נוסף נתן האסטרונום ברוין³⁰ ומבוסס על ARCV ורוחב חרמש הירח (w). שיפור נוסף עשה יאלופ³¹ שניתח קרוב ל-300 תצפיות ירח שנעשו ברובן בארצות-הברית ובאירופה על-ידי מדענים וחובבים ופורסמו על-ידי שיפר³². בהתבסס על תצפיות אלו ועל הקריטריון ההודי, חישב פרמטר q שבאמצעותו ניתן לקבוע את טיב ראיית הירח. פרמטר זה התקבל על-ידי התמרת הקריטריון ההודי לפונקציה של הפרש רום ARCV ועובי חרמש הירח w' (ראה תרשים 17). באמצעות הפרמטר q ³³ ניתן לקבוע אם הירח ייראה, ייראה בקלות, בקושי או רק באמצעות משקפת (תרשים 18). על סמך עבודתו של ברוין הציע יאלופ שהזמן המיטבי לראייה נמצא בערך באמצע (ליתר דיוק 4/9) הזמן בין שקיעת השמש ושקיעת הירח. יאלופ שיפר את הקריטריון של ברוין בהציבו במקום w את w' . לצורך חישוב w' נלקח בחשבון שרוחב הירח תלוי גם במרחקו מהארץ. בדומה לזה הכין קלדוול³⁴ ממצפה הכוכבים של דרום אפריקה, תחזיות לראיית הירח בהתבססו על התצפיות של שיפר³⁵ ועל תצפיות שנעשו בדרום אפריקה.

לוינגר³⁶ ניתח את כל התצפיות הנ"ל באמצעות מספרי 'בוהן' המאפשרים להשוות בין הקריטריונים השונים. מההשוואה עולה שמספרי הבוהן של הקדמונים: הרמב"ם ואל-בתאני, קרובים לאלו של החוקרים המודרניים: ההודי, מונר, יאלופ וברוין. במקרים גבוליים כדאי להיעזר בכל הקריטריונים גם יחד.

30 F. Bruin, *Vistas Astron.*, 21 (1977), pp. 331-358
 31 B.D. Yallop, *NAO Technical Note No 69*, HM Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory, Cambridge UK 1998
 32 B.E. Schaefer, *Q. J. Roy. Astr. Soc.*, 29 (1988), pp. 511-523; L.E. Dogget and B.E. Schaefer, *Icarus*, 107 (1994), pp. 388-403; B.E. Schaefer, *Q. J. Roy. Astr. Soc.*, 37 (1996), pp. 759-768; B.E. Schaefer, *Sky Telescope* 57-60 (May 1998)
 33 $q = (ARCV - 11.8371 + 6.3226 w' - 0.7319 w'^2 + 0.1018 w'^3) / 10$ כאשר ARCV הוא הפרש הרום הגיאוצנטרי במעלות, w' הוא עובי החרמש הגיאוצנטרי בדקות של קשת. שני הפרמטרים נמדדים 4/9 של הזמן בין שקיעת השמש (הגיאומטרית) לשקיעת הירח.
 34 ראה לעיל, הערה 21.
 35 ראה לעיל, הערה 32.
 36 לוינגר, בדר, 3 (תשנ"ו), עמ' 45-85.



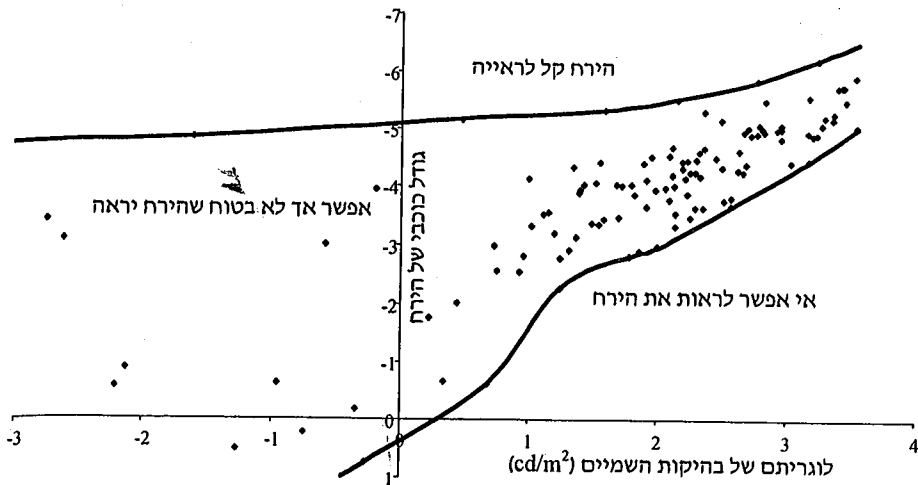
תרשים 18

3. שיפור קריטריוני הראייה רוב הקריטריונים שפורסמו עד כה תלויים בגדלים אסטרונומיים בלבד. אולם כפי שהרמב"ם מעיר בהלכות קידוש החודש פרק יח, יש להביא בחשבון גם גורמים אטמוספיריים. הרמב"ם מונה שני גורמים: בחורף הראייה קלה מאשר בקיץ, במקום גבוה קל יותר לראות את הירח מאשר במקום נמוך. אנתנו יודעים היום שאחד הגורמים הדומיננטיים לראיית עצמים שהאור שלהם מגיע מחוץ לאטמוספירה הוא כמות האירוסולים (aerosol) - חלקיקי אבק עשן וטיפות מים - (מזלף) הנמצאים באוויר והמחלישים את עצמת האור המגיעה לעינינו. הריכוז של האירוסולים באוויר משתנה בעונות השנה וקטן עם העלייה בגובה מעל פני הים. גורמים נוספים להחלשת קרן האור העוברת באטמוספירה הם מולקולות האוויר ושכבת האוזון בשכבות העליונות של האטמוספירה. כדי להתחשב בגורמים אלו יש להעמיד את הקשר בין עובי חרמש הירח ומידת ההחשכה, שהתקבלה בקריטריונים שראינו לעיל באופן אמפירי, על בסיס כמותי. במקום עובי חרמש הירח נתחשב בעצמת ההארה שלו, שאותה ניתן לחשב מתוך מרחק הירח מכדור הארץ וזווית המופע.³⁷ מזה יש לנכות את החלשת הקרן במעבר דרך האטמוספירה באמצעות חישובים.³⁸ במקום מידת ההחשכה נתחשב כביהיקות השמים, אשר אותה אפשר לקבוע מתוך נתוני מדידה.³⁹

37 C.W. Allen, *Astrophysical Quantities*, 3rd ed. Athlone, London 1976

38 B.E. Schaefer, *Vistas Astron.*, 36 (1993), pp. 311-361; B.E. Schaefer, *Sky Telescope*. 57-60 (May 1998)

39 M.J. Koomen, C. Lock, D.M. Packer, R. Scolnik, R. Tousey and E.O. Hulburt, *J. Opt. Soc. Am.*, 42 (1952), pp. 353-356



תרשים 19

את הקשר בין שני פרמטרים אלו — עצמת ההארה ובהיקות הרקע, ניתן לקבל באמצעות תצפיות. לשם כך נוצלו דיווחי ראייה של האגודה הישראלית לצפייה בירח החדש. בתרשים 19 ניתנת עצמת ההארה של הירח, ביחידות של גודל כוכבי ובהיקות הרקע ביחידות של קנדלה (candela) למטר רבוע על סקלה לוגריתמית. כל נקודה על התרשים התקבלה מתצפית שנעשתה ללא הפרעת עננים, בה דיווח תצפיתן מנוסה על הרגע הראשון שבו נראה הירח. ברגע זה חושבה עצמת ההארה של הירח (מתוקנת להחלשת האור באטמוספירה) ובהיקות השמים במקום שבו הירח נראה. הקו העובר דרך הנקודות בעלות עצמת הארה מזערית מתאר מצב גבולי, כל נקודה מתחת לקו מייצגת מצב של אי ראייה, מעל לקו יראה הירח בתנאים אטמוספיריים טובים. המיקום של כל נקודה ביחס לקו מושפע מלחות האוויר, עונת השנה והגובה מעל פני הים.