

חישוב נטיית הירח ורומו מעל האופק

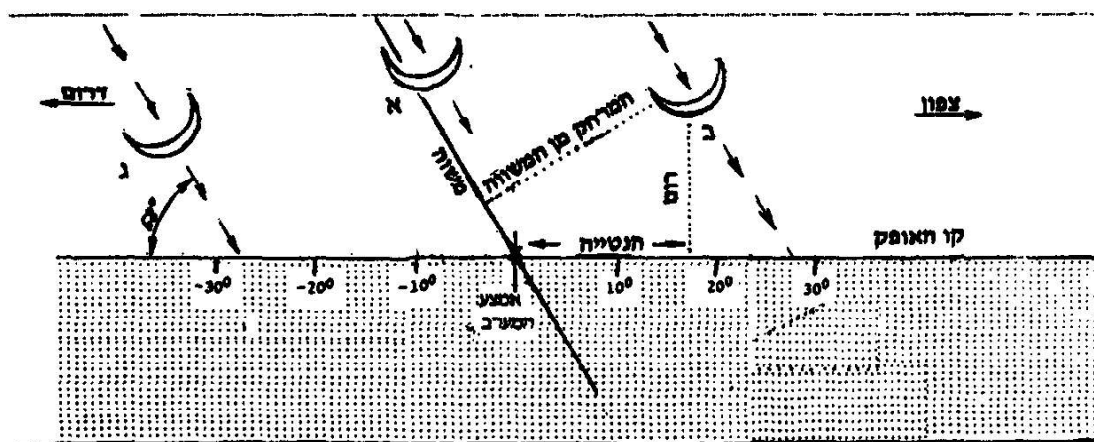
איתן צקוני

אחד מן הנושאים הסתומים בהלכות "קידוש החודש" לרמב"ם הוא: למה מתכוון הרמב"ם במושגים "נטיית הירח" ו"נטיית פגימתו"? ננסה בעזרתה לבאר במאמר זה את המושגים הנ"ל. המאמר לקוח מן הספר "חזון שמים" - פירוש על הלכות "קידוש החודש" לרמב"ם, מהדורה שניה, בשינויים קלים. וזה לשון הרמב"ם בפרק י"ט:

י"ב אם תרצה לידע לאיזו רוח מרוחות העולם יראה הירח נוטה. תחשוב ותדע מרחקו מעל הקו השווה. אם יהיה על קו השווה קרוב ממנו בשמים או שלש מעלות בצפון או בדרום. יראה מכוון כנגד אמצע מערב ותראה פגימתו מכוונת כנגד מזרח העולם בשווה: י"ג ואם יהיה רחוק מעל הקו השווה לצפון העולם. יראה בין מערב העולם ובין צפונו. ותראה פגימתו נוטה מכנגד מזרח העולם כנגד דרום העולם: י"ד ואם היה רחוק מעל הקו השווה לדרום העולם. יראה בין מערב העולם ובין דרומו. ותראה פגימתו נוטה מכנגד מזרח העולם כנגד צפון העולם. ולפי רוב המרחק יהיה רוב הנטייה:

אחת מן הבדיקות שבודקים בהן את העדים היא: "לאן היה הירח נוטה?" (רה"ש פ"ב מ"ו) הרמב"ם מפרש ש"נטיית הירח" היא המרחק הנראה לעין מאמצע המערב של האנך היורד מן הירח אל קו האופק. לדוגמא: נטיית הירח המסומן באות ב' היא כ- 17° לצפון. (ראה ציור 1). גודל הנטייה תלוי בשני גורמים: א. שעת התצפית. ב. מרחק הירח מקו המשווה השמימי (ראה ציור 1) באופן זה: מסלול השקיעה של הירח (מצויין בציור בחיצים), של השמש ושל שאר הכוכבים מקביל לקו המשווה השמימי, ולכן הוא יוצר זווית של 58°

(הזווית המשלימה את מעלת הרוחב הגיאוגרפי 32° ל- 90°) עם קו האופק המערבי. (ראה ציור 1).

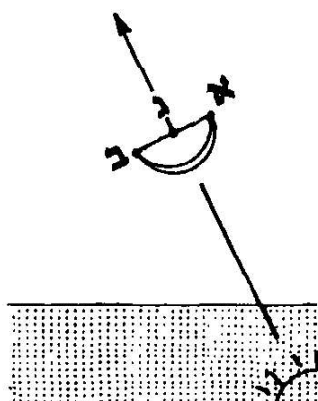


כמובן, ככל שהשעה בה נצפה בירח תהיה מאוחרת יותר, יראה הירח נמוך יותר וצפוני יותר. בקירוב "נע" הירח צפונה כ- 8° בשעה, ולמטה כ- 13° בשעה. מכיוון ששעת התצפית היא כמעט קבועה, כ- 20 דקות אחר שקיעת השמש, לא התחשב הרמב"ם בגורם זה, אלא בגורם העיקרי, והוא מרחקו של הירח מקו המשווה השמימי אשר חושב בהלכות א'- י"א. מרחק זה משפיע על ה"נטייה" ביחס ישר, ולכן קבע הרמב"ם כללים אלו:

אם הירח קרוב לקו המשווה, הוא יראה באמצע המערב (הי"ב). ואם הוא צפונית למשווה, הוא יראה נוטה לצפון מערב (הי"ג). ואם הוא דרומית למשווה, הוא יראה נוטה לדרום מערב (הי"ד). וככל שיגדל מרחקו מן המשווה, כן תגדל נטייתו מאמצע המערב. מכיוון שמרחקו של הירח מן המשווה יכול להגיע ל- 28.5° לצפון או לדרום, יכולה הנטייה בזמן שקיעת הירח להגיע לכ- 34° .

כל זה פשוט, אך הרמב"ם משתמש במושג נוסף, והוא "נטיית הפגימה". מה פירוש מושג זה?

ציור 2



נתבונן בירח בעת שקיעתו במערב. ונעלה קשת דימונית ממרכז הירח (ג'), המאונכת לישר המחבר את קרניו (א"ב), ונמשיך אותה לאורך כיפת השמים עד שתפגע באופק המזרחי. מקום הפגיעה הוא נטיית הפגימה אותה מחשב הרמב"ם.

א. בתקופת ניסן נראה הירח באמצע המערב (ראה ציור 3) והישר א"ב המחבר את קרניו כמעט מקביל לאופק, ולכן הקשת הנ"ל תעבור קרוב לנקודת נוכח הראש ותפגע באופק המזרחי באמצע המזרח.

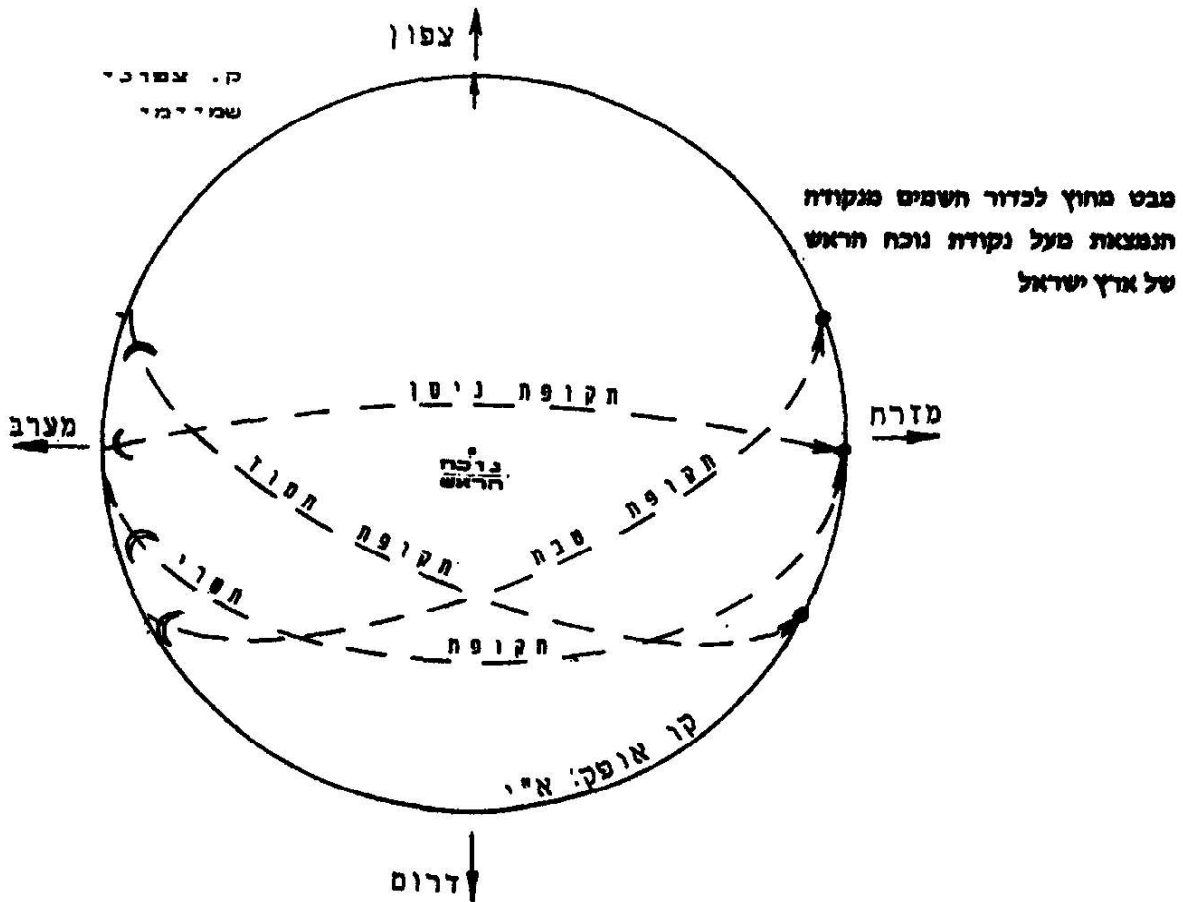
ב. בתקופת תשרי נראה הירח גם כן באמצע המערב (ראה ציור 3), אבל קרניו נוטות דרומה הרבה, ולכן תעבור הקשת הנ"ל מדרום לנקודת הנוכח ובכ"ז תפגע גם כן באמצע המזרח. על פי זה יתבאר מה שכתב הרמב"ם בהל' י"ב, שאם הירח קרוב לקו המשווה תהיה פגימתו מכוונת למזרח העולם.

ג. בתקופת תמוז נראה הירח בצפון מערב (ראה ציור 3), קרניו נוטות מעט לדרום, והקשת הנ"ל תפגע באופק המזרחי בדרום מזרח. בזה יתבאר מה

שכתב בהל' י"ג שאם הירח רחוק מקו המשווה לצפון "תהיה פגימתו נוטה מכנגד מזרח העולם לדרום העולם".

ד. בתקופת טבת נראה הירח בדרום מערב (ראה ציור 3), קרניו נוטות דרומה מעט, והקשת הנ"ל תפגע בצפון מזרח. בזה יתבאר מש"כ בהל' י"ד שאם הירח רחוק מקו המשווה לדרום "תראה פגימתו נוטה מכנגד מזרח העולם לצפון העולם".

תמונה 3



חישוב רום הירח מעל האופק

ט"ו ומחקירת העדים שאומרים להם כמה היה גבוה. ודבר זה ידוע מקשת הראייה. שבזמן שתהיה קשת הראייה קצרה יראה הירח כאילו הוא קרוב מן הארץ. ובזמן שתהיה ארוכה יראה גבוה מעל הארץ בראיית העינים:

מכיוון שכל גרמי השמים נעים מערבה בתנועתם היומית, מובן שרום הירח מעל האופק תלוי בשעת הראיה, וככל שהשעה מאוחרת יותר, יראה הירח סמוך יותר לאופק עד שישקע ויעלם לגמרי. (הערה: בגלל שכבת האטמוספירה העוטפת את כדור הארץ, הירח "נכבה" כ- 4° סמוך לאופק ואי אפשר לראות את שקיעתו ממש, כפי שאנו רואים את השמש בשקיעתה). ולפי זה מה שכתב הרמב"ם, שרום הירח תלוי בקשת הראייה כוונתו לרום המירבי שיכולים העדים לראות את הירח.

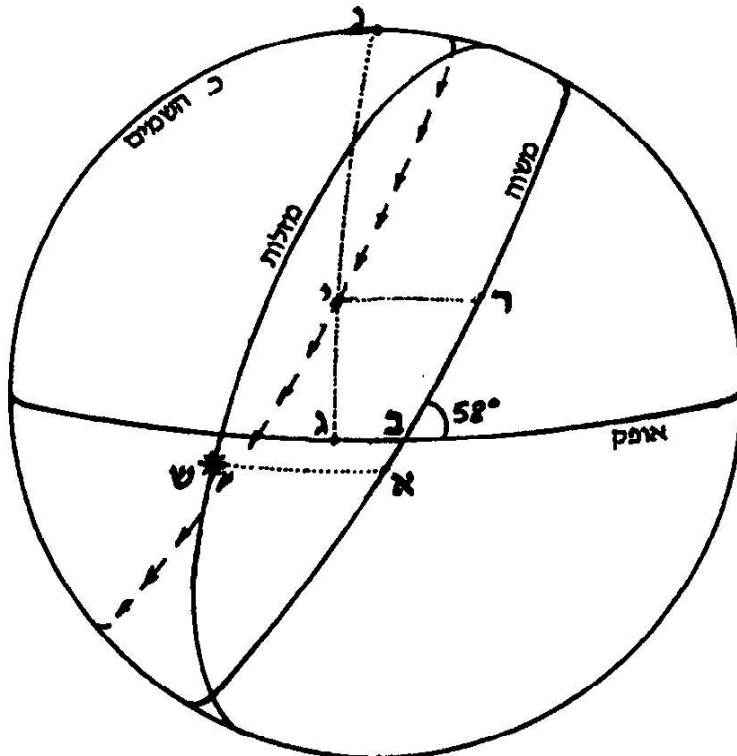
מדוע רום הירח תלוי

בקשת הראייה?

נתבונן בציור כפי שנתבאר בפ"ז, נקודה א' בקו המשווה שוקעת עם השמש (ש'), ונקודה ר' עם הירח. קשת א"ר היא קשת הראיה. כאמור, את הירח ניתן לראות רק כעשרים דקות אחר השקיעה. בזמן זה תשקע מקו המשווה קשת א"ב.

ציור 4

מבט מחוץ לכדור השמים, ממערב אל הכדור



מכיוון שמהירות הסיבוב של כדור השמים היא כ- 15° בשעה, נמצא שאורך קשת א"ב הוא כ- 5° . כדי לחשב רום הירח מעל האופק, נמשוך קשת מנקודת נוכח הראש (נ') דרך הירח (י') אל נקודה ג' שבקו האופק. אורך הקשת י"ג הוא רום הירח מעל האופק. כמובן, ככל שקשת הראיה תהיה גדולה יותר, גם הקשת ר"ב תהיה גדולה יותר, גם הקשת י"ג תהיה גדולה יותר, ולכן רום הירח תלוי בקשת הראיה.

כדי לקבל את רום הירח בקירוב בשעת הראיה, יש לחסר 5° מקשת הראיה ולכפול ב- 0.85, ומה שנקבל הוא רום הירח.

לדוגמא: כאשר קשת הראיה 18° גובה הירח יהיה $11^{\circ} \approx 0.85 \times (18 - 5)$

כדי לחשב את רום הירח בדיוק רב יותר, יש צורך להשתמש בטריגונומטריה כדורית, אבל גם חשבון (זה שהבאנו כאן) אינו נחוץ לבדיקת העדים, אלא די בידיעה הכללית שכאשר קשת הראיה גדולה, יראה הירח גבוה, וכאשר היא קטנה יראה הירח נמוך, וכמ"ש הרמב"ם.

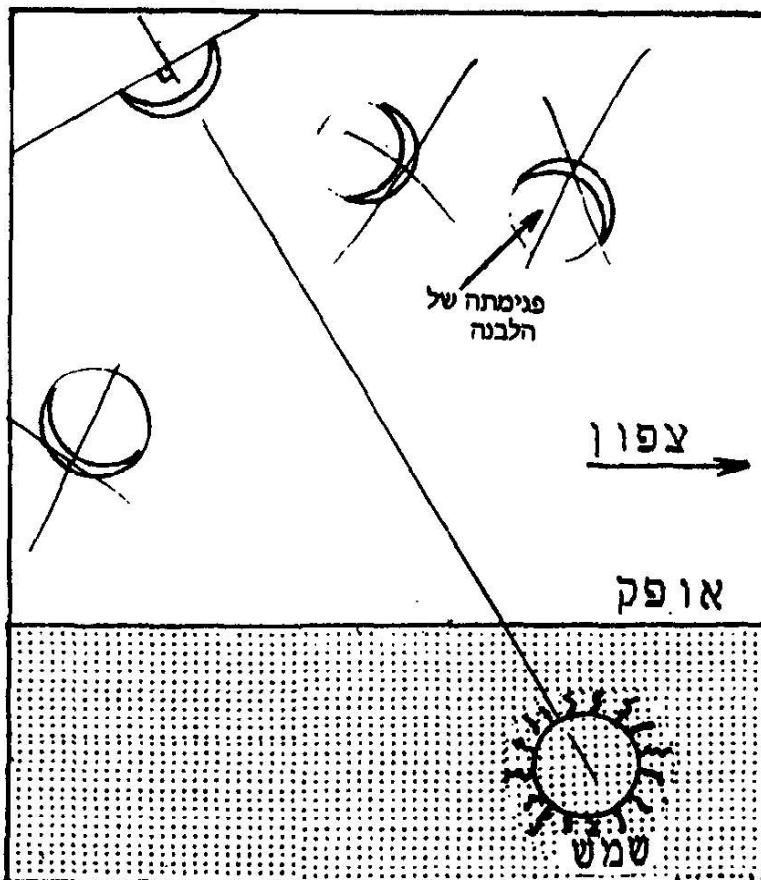
כיוון החרמש

היום משתמשים התוכנים במושג אחר הנקרא "כיוון החרמש", אשר איננו "נטיית הפגימה, בה משתמש הרמב"ם בחיבורו. מה משמעות מושג זה?

כפי שנתבאר בפרק י"ד, בתחילת החודש רק חלק קטן מן הירח נראה, ולעולם החלק הפגום של הירח, החלק שאינו נראה, נסתר לגמרי מן השמש. כמו שאמרו חז"ל: "מעולם לא ראתה חמה פגימתה של לבנה". (רה"ש כ"ג:)

ציור 5: "מעולם לא ראתה חמה פגימתה של לבנה"

ראה ציור:

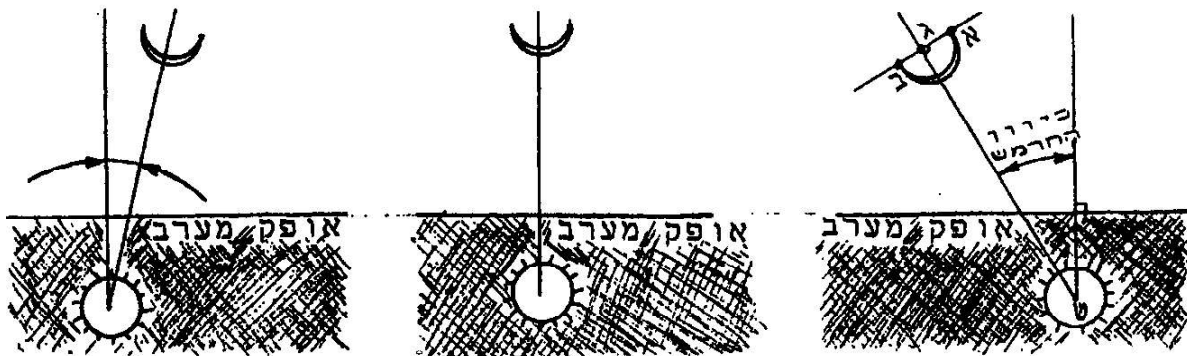


ולכן כאשר נמשוך קו ממרכזה של השמש, שבעצם כבר אינה נראית, אל מרכז הירח, הוא יהיה מאונך לקו הישר המחבר את קרני הירח.

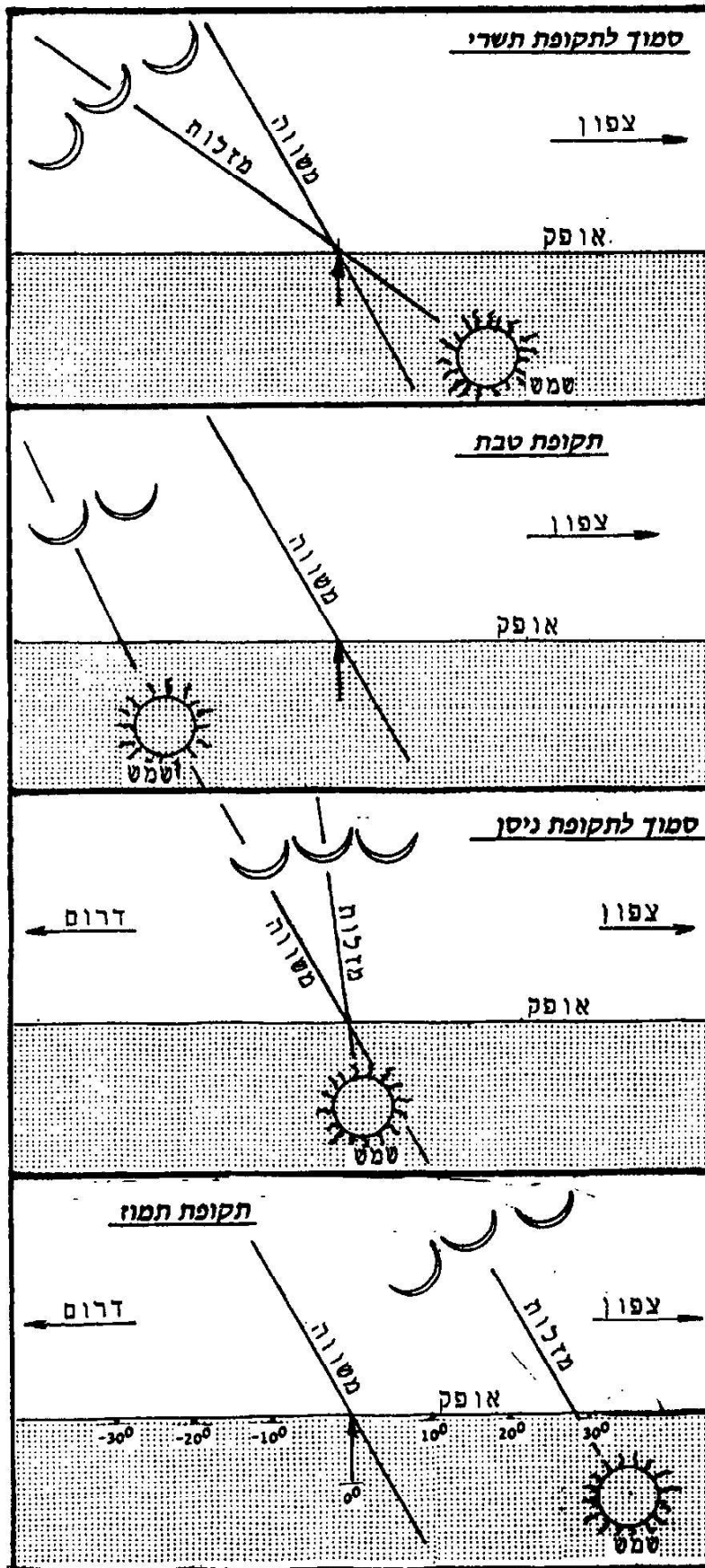
הירח נראה בשעת "הראייה" ביחס לקו האופק באחת משלוש צורות עיקריות אלו (ראה ציור):

ציור 6

א. נוטה דרומה ב. מקביל לאופק ג. נוטה לצפון



כיוון זה של הירח נקרא בלשון התוכנים "כיוון החרמש". כדי להגדיר בדיוק מושג זה, נעלה אנך לקו האופק ממרכז השמש (ש') עד לנקודה כלשהיא ד' (אנך זה נקרא "מאניך") נחבר קו ישר בין שני קרני הירח, קו א"ב, נמצא את אמצעו, נקודה ג', ונחבר בקו ישר את השמש עם נקודה זו. קו זה יהיה תמיד מאונך לישר א"ב המחבר את קרני הירח, כפי שנתבאר לעיל. הזווית דש"ג הנוצרת בין שני הישרים היא "כיוון החרמש". מכיוון שכיוון החרמש הוא הכיוון של הקו המחבר את השמש עם הירח, הוא תלוי בשני גורמים: א. הזווית שבין גלגל המזלות לקו האופק. ב. רוחב הירח, דהיינו מרחקו מגלגל המזלות. ולכן ככל שרוחב הירח יהיה צפוני יותר, כך כיוון החרמש יהיה צפוני יותר. (הירח הימני בכל הציורים). וכן להיפך, ככל שרוחב הירח דרומי יותר, כך כיוון החרמש דרומי יותר. (הירח השמאלי בכל הציורים).



בתקופת תשרי הזוית שבין גלגל המזלות וקו האופק קטנה יחסית ולכן יראה הירח נוטה דרומה הרבה (ראה ציור).

בתקופת טבת (וגם תמוז) הזוית בינונית ולכן יראה הירח נוטה דרומה מעט ואם גם רוחבו יהיה צפוני, הוא יראה כמעט מקביל לאופק.

בתקופת ניסן הזוית שבין גלגל המזלות וקו האופק כמעט ישרה ולכן יראה הירח מקביל לאופק. אם גם רוחבו יהיה צפוני, יראה נוטה צפונה מעט.

הערות:

1. לצורך ההמחשה הוגדל קוטר השמש והירח פי עשרה וכן הוגדל "רוחב הירח" (מרחקו מגלגל המזלות) פי שניים.
 2. באמצעות התוכנה המצורפת לספר "חזון שמים" ניתן לקבל את כל הנתונים הנדרשים לקידוש החודש, לכל תאריך ומקום בעולם, ובפרט את תמונת הירח באופק המערב אחרי שקיעת השמש.
- עוד ניתן לקבל באמצעות תוכנה זו את כל זמני היום בהלכה בדיוק של שניות עפ"י רוב השיטות ההלכתיות, לכל מקום וזמן, וכן את זמני המולדות האמיתיים והממוצעים ועוד ועוד.

