

הרפרקציה בהלכה

הרב שמואל כליפא

דיון במספר עניינים הנוגעים לעיקום קרני האור של השמש והירח באוויר

מהי רפרקציה

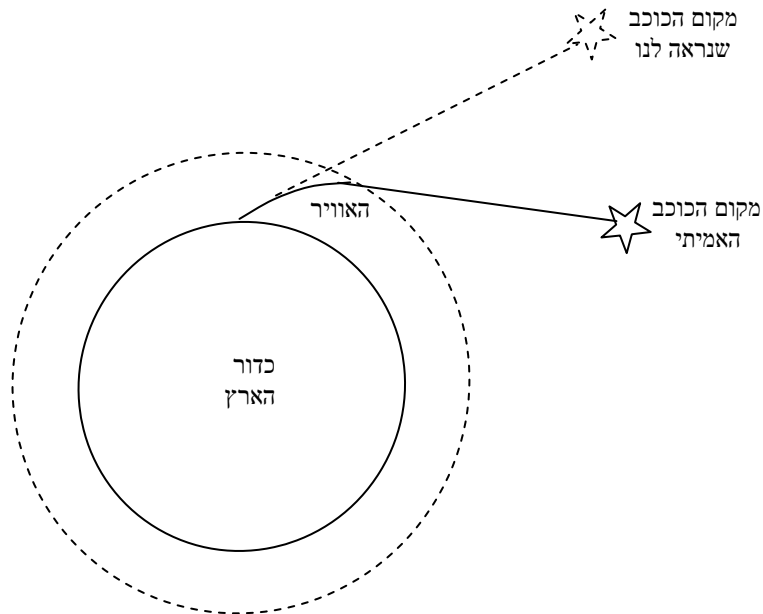
לפני שנדון בצדדים ההלכתיים צריך להקדים ולבאר את המושג "רפרקציה".

הרפרקציה (בעברית: שבירה) היא תופעת טבע לפיה כאשר קרן אור עוברת בתווך שקוף כמו האוויר, מים, זכוכית וכד' היא איננה ממשיכה בקו ישר ממש אלא "נשברת" ומתעקמת. וכן בתוך החומר עצמו, אם חלק ממנו חם קצת יותר או דחוס יותר תהיה מעט שבירה במעבר בין שני החלקים.

אפשר לראות את התופעה הזאת במיוחד בכוס מים ששמים בתוכה כפית החלק של הכפית שבתוך המים נראה כאילו הוא "שבור" כי בזמן שהאור יוצא מהמים לאוויר הוא מתעקם ולכן הכפית נראית לנו עקומה.

כאן נתמקד ברפרקציה של האור של הכוכבים שמגיע אלינו.

באור הכוכבים האור עובר בהתחלה בחלל שאין בו אוויר בכלל (ריק או ואקום בלעז) ואז הוא מגיע לאטמוספירה ובמעבר מהחלל לאוויר הוא מתעקם קצת, ואח"כ בתוך האטמוספירה עצמה הוא מתעקם עוד קצת כי אין האוויר עשוי כמקשה אחת ויש הבדלים בין שכבות האוויר של טמפרטורה ולחץ אוויר ולחות יחסית. תמיד הרפרקציה של אור הכוכבים "מרימה" לנו את הכוכבים דהיינו שכוכב שהיה צריך להיראות לנו נמוך נראה יותר גבוה ממה שהוא כמו שאפשר לראות בציור הבא:



בזמן שהכוכב זורח או שוקע כמו בציור תהיה הרפרקציה הגדולה ביותר כי ככל שקרן האור פוגעת באוויר בזווית חדה יותר כך ההתעקמות תהיה גדולה יותר וכשהכוכב זורח או שוקע הזווית מאד חדה, ועוד, שבזמן השקיעה והזריחה האור עובר הרבה שכבות של אוויר ובכל פעם הוא מתעקם עוד קצת ולכן הוא מגיע אלינו עקום מאד.

יש לרפרקציה נפ"מ גדולה להלכה לגבי שקיעת החמה כי לשמש - כמו לכל הכוכבים - יש ג"כ רפרקציה, ולכן בזמן שהשמש יורדת מתחת לאופק אנחנו עדיין נצליח לראות אותה כי הרפרקציה "מרימה" לנו את השמש מעל האופק. להלכה ודאי מתחשבים במה שנראה לעיניים ושקיעה להלכה איננה נחשבת שקיעה עד שהשמש תיעלם מעינינו ולכן כדי לחשב את זמני השקיעה אנחנו חייבים לחשב כמה הרפרקציה "מרימה" את השמש בזמן שקיעתה.

דרך חישוב הרפרקציה של השמש בשקיעה

הרפרקציה במוצע "מרימה" את השמש בשקיעה 0.566 מעלות. ובמציאות היא לפעמים יותר או פחות לפי מזג האוויר באותו יום שמשפיע על המעברים בין שכבות האוויר.

הנוסחא שמביא הר' משה קוסובר בספרו מעגלי צדק לחישוב הרפרקציה האמיתית של השמש בזמן השקיעה היא :

$$\text{הרפרקציה (במעלות)} = \frac{\text{לחץ אוויר (במיליבר)}}{273 + \text{טמפרטורה (במעלות צלזיוס)}} \times 0.1594$$

ואילו מיאוס (J. Meeus, Astronomical Algorithms, מהדורה שנייה, עמ' 106-107) מביא בשם סמודנסון מהאוניברסיטה של איסלנד שהנוסחא היא :

הרפרקציה (במעלות) =

$$\frac{0.285802}{\tan\left(\frac{10.3}{5.11 + \text{גובה השמש}} + \text{גובה השמש}\right)} \times \frac{\text{לחץ אוויר (במיליבר)}}{273 + \text{טמפרטורה (במעלות צלזיוס)}}$$

אלא שמיאוס כותב שהנוסחא נכונה כשהשמש האמיתית מעל האופק ובזמן שהשמש שוקעת השמש האמיתית כבר מתחת לאופק ואנחנו רואים אותה רק בגלל הרפרקציה ש"מעלה" אותה לעינינו ולכן הנוסחא הזאת לא כ"כ שייכת כאן, אבל הרי עדיין השמש לא הספיקה לרדת מאד ולכן אין כ"כ נפ"מ בזה. ואם נחשב שגובה החלק העליון של השמש 0.545- מעלות יצא כמו הנוסחא של הר' קוסובר.

בסוף דבריו מציין מיאוס למאמר של שפר (Schaefer) שטוען שבקרבת האופק יש סטיות גדולות של הרפרקציה כי יכולים להיות באוויר הרבה שינויים שא"א לצפות ולכן הרפרקציה במציאות יכולה להיות 0.16 מעלות יותר או פחות ממה שחישבנו, ולפעמים אפ"י הרבה יותר. ובא"י, יורדת השמש 0.16 מעלות במשך 45 שניות במוצע,

ובארצות צפוניות אפ"י יותר מזה¹. נמצא שא"א לחשב את הרפרקציה באופן מדויק בכלל. לכן טוען מיאוס שאין טעם לכתוב שניות בשעת השקיעה כי הנוסחא ממילא לא מדויקת.

והנה נעשו אלפי תצפיות בא"י ואף פעם לא היתה סטייה של יותר מ-15 שניות ולכן דעת הרב ידידיה מנת והרב חיים קלר² שיש טעות במאמר של שפר. ובאמת יש כמה טעויות במאמר של שפר:

א. שהרי הרפרקציה תלויה במזג האוויר כמו שנתבאר והוא לא כותב איזה מזג אוויר היה באותו יום.

ב. שבסברא יש השפעה גם לגובה המקום כי ככל שהאדם יותר גבוה והוא רואה את השמש נמוך תהיה זוית השבירה של קרני השמש יותר חדה וזה מעלה את הרפרקציה ושפר בכלל לא מתחשב בזה. וזה מסביר חלק גדול מהסטיות שמצא שפר.

ועדיין אין הסבר לכל הסטיות שמצא שפר אבל נראה שכיון שיש הרבה תצפיות בא"י שכולם לא סטו יותר מ-15 שניות והתצפיות של שפר הם בצילי ובאיי הוואי א"כ מסתבר שעכ"פ בא"י אין סטיה כ"כ גדולה ואולי בצילי והוואי יש תנאים שונים של מזג אוויר מבא"י.³

הרפרקציה כשיש עננים או כשיש הרים

והנה זה ברור לכל העוסקים בלוחות ששקיעת החמה להלכה נחשבת רק כשהשמש שקעה מעינינו עם התחשבות ברפרקציה ולא מחשבים מתי השמש עצמה ירדה מתחת לאופק, והיא סברא פשוטה שודאי לא ניתנה תורה לאיצטגנינים שיחשבו בכל יום איפה השמש באמת נמצאת. ונראה לי שיש עדיין מקום לדון במקרה של עננות שאולי לא נתחשב בכל הרפרקציה שהרי כל מה שהלכנו אחרי הרפרקציה אע"פ שהשמש האמיתית כבר שקעה הוא כי האור התעקם עד אלינו וא"כ הרי כשיש עננים האור לא

¹ במאמר של שפר הוא מביא גם סטיות של 2 דקות!

² בשיחה טלפונית עמם.

³ נוסף שמצויות במאמריו של שפר טעויות נוספות ואין כאן מקום להאריך.

עבר את העננים וכל הדרך מהעננים עד אלינו הוא לא התעקם כלל כיון שבכלל לא הגיע לשם, וא"כ אולי נתחשב ברפרקציה רק על מה שהתעקם האור עד שהגיע לעננים. ואמנם לולי העננים האור היה ממשיך להתעקם אבל הרי למעשה האור לא המשיך ולא התעקם ואיך נתחשב בעיקום שלא קרה בפועל.

והנה הסברא הפשוטה היא שנתייחס לעננים כמי שאינם וכאילו היה האור עובר עד אלינו אבל לכאוי אין סברא זו מוכרחת ואולי לגבי עיקום האור צריך להתייחס למציאות כמו שהיא ולא לנכות את העננים. ואין בפוסקים שום התייחסות לדין הזה שנוכל לדייק מדבריהם כזה חידוש ואמנם מצינו לגבי שקיעה מאחורי הר שלפעמים מנכים את ההר ומחשבים מתי היתה השמש שוקעת לולי ההר וכן לגבי עננים ודאי אין נפ"מ שהשמש שוקעת מאחורי העננים ומחשבים מתי היתה שוקעת לולי העננים אבל שם מדובר על השמש עצמה שנמצאת מאחורי ההר והענן והנידון רק מתי נחשב שהשמש ירדה מתחת לאופק אבל כאן השמש הרי כבר מתחת לאופק והנידון רק על עיקום האור ויתכן שא"א לחדש מציאות שהאור יתעקם כיון שלמעשה לא התעקם ואולי ננכה את העננים רק כדי לדעת איפה השמש נמצאת מאחוריהם אבל לא נחדש שהאור עבר עוד דרך והוא התעקם. ודו"ק.

ועוד יש לדון שאפי' אם נאמר שמנכים את העננים מה יהיה הדין כשיש הר גבוה באופן שלפי ההלכה בחישוב השקיעה מנכים את ההר איך נחשב את הרפרקציה במקרה כזה שהרי גם אם ננכה את ההר צריך לדון באיזה סוג אוויר נתחשב במקום ההר כדי לדעת איך האור יתעקם שם - האם הוא אוויר חם או קר, ובאיזה לחץ אוויר הוא וכו' ואולי לא נציב במקום ההר כלום אלא נשאיר את ההר כאילו היה ריק, ואיך נמציא עיקום חדש שלא קיים כלל. ודעת הרב מנת שי"ל שמחשבים כאילו במקום ההר מצוי אותו אוויר שמעל ההר. ולכאוי אינו מוכרח שנאמר שכשמנכים את ההר היינו ש"הורדנו" את ההר והאוויר שהיה מעליו יהיה עכשיו במישור.

ואם נאמר שצריך לחשוש לכל זה ולומר שלא מתחשבים ברפרקציה כזאת, יהיה קשה מאד לחשב את כמות הרפרקציה עד שהגיע האור לעננים ולהר ואולי מספק נצטרך להחמיר כאילו אין בכלל רפרקציה. ובזמן שלא היו לוחות ודאי היו כל העולם מחמירים ביום מעונן ובמקום שיש הר כדי לצאת מן הספק (וכן מפורש בגמ' שבת קיח: לפי פירש"י שבטבריא היו מחמירים לקבל שבת מספק כיון שיש הר לידם וכן

מפורש בגמ' שבת לה: שביום המעונן יקבל שבת כשהתרנגולים יושבים על הקורה) ולפי דברינו נצטרך להחמיר גם אם אנחנו יודעים את החשבון. ודו"ק.

רפרקציה בזמני היום

ידועה מח' הלבוש והתרה"ד איך מחשבים את זמני היום התלויים בשעות, שדעת התרה"ד (סי' א') שמחשבים את הזמן שבין עמה"ש לצאה"כ ומחלקים אותו ל-12 וזאת שעה זמנית, ודעת הלבוש (סי' רל"ג ס"א) שמחשבים את הזמן בין הזריחה לשקיעה ואותו מחלקים ל-12. (שיטת התרה"ד ידועה יותר כשיטת המ"א שהסכים לדבריו עכ"פ לגבי זמן ק"ש, ושיטת הלבוש ידועה כשיטת הגר"א שהסכים ללבוש).

והנה מצינו 3 סוגים של שקיעות במקום הררי ואלו הם:

1. השקיעה הגיאומטרית – הזמן שבו מרכז השמש האמיתי עובר על האופק אם האופק היה ישר, בלי להתחשב ברפרקציה.
 2. השקיעה המישורית – הזמן שבו כל השמש היתה נעלמת מעינינו עם התחשבות ברפרקציה אם האופק היה ישר דהיינו שהאופק בדיוק בגובה שבו נמצא האדם עצמו.
 3. השקיעה הנראית – הזמן שבו כל השמש נעלמת מעינינו בפועל מתחת לאדמה עם התחשבות ברפרקציה והתחשבות בגובה האופק.
- ויש לדון לפי דעת הלבוש שהחישוב הוא מהזריחה לשקיעה איזה זריחה ושקיעה ניקח.

והנה לגבי ההלכה מתי נחשבים הזריחה והשקיעה להלכה ודאי אין הולכים אחרי השקיעה הגיאומטרית אבל יש מח' גדולה בין הפוסקים האם הולכים אחרי השקיעה המישורית או הנראית ואכמ"ל. אבל בקצרה נאמר שהוא תלוי במח' בפ"י הסוגיא בשבת קיח: שלפי פירש"י שם משמעות הגמ' שצריך לחשב את השקיעה כאילו לא היו הרים באופק וכ"כ מהרי"ל (הובא בד"מ סי' רל"ב), והר"י מגאש (בשו"ת סי' מ"ה) נראה מדבריו שפ"י את הגמ' להיפך שהשקיעה נחשבת בזמן שהשמש שוקעת מאחורי

ההרים. והרמ"א (סי' רל"ב ס"א) והמ"א (שם סק"ז) פסקו כמהרי"ל, והברכ"י (סי' של"א סק"ז) כתב שהמנהג שהולכים אחרי השקיעה הנראית וכ"פ הבא"ח (ש"א פקודי ס"ט).

ובדעת מהרי"ל שלא הולכים אחרי השקיעה הנראית אלא מנכים את ההרים כתב הנברשת בשם מהרי"ל דיסקין שמנכים רק את ההרים הקרובים ולא את ההרים הרחוקים.

והסתפק רא"ז מלצר (אבהא"ז ה' ק"ש פ"א ה"א ענף ג' סק"יט) האם לפי מהרי"ל נלך אחרי השקיעה המישורית בכל גוונא, או שרק אם יש הרים יותר גבוהים מבאופק הישר מנכים אותם, אבל כשיש אופק נמוך יותר מהישר הולכים אחרי השקיעה הנראית. ובלוחות בזמנינו כותבים את השקיעה לפי מהרי"ל לפי הצד השני של רא"ז מלצר שכשהאופק נמוך יותר מהאדם הולכים אחרי השקיעה הנראית.

והנה הלבוש סתם שמחשבים את השעות הזמניות מהזריחה לשקיעה ומשמעות דבריו בפשטות שהתכוון כאן לזמני הזריחה והשקיעה הרגילים כמו שהם תמיד להלכה וא"כ יהיה הדבר תלוי במח' מתי השקיעה והזריחה להלכה ולמ"ד שהולכים אחרי השקיעה הנראית (עכ"פ כשהאופק נמוך) נלך גם כאן אחרי הנראית.

אלא שיש להקשות ע"ז ד' קושיות: האחת שמבואר בגמ' (יומא כח:) שלומדים מפסוק שזמן הקרבת תמיד של בין הערביים (שהוא זמן מנחה) הוא מדאוי בזמן שהתחילה השמש לנטות למערב ורבנן תיקנו שיאחרו את הקרבת התמיד עד שעה שש ומחצה כדי שלא יטעו, ופירש"י (שם) ותוסי' (פסחים נח.) שהזמן שהשמש מתחילה לנטות למערב שהוא הזמן מדאוי של התמיד הוא בתחילת שעה שביעית דהיינו 6:00 (בשעות זמניות) וכן מוכח בגמ' נדה סג: ע"ש בפירש"י. ולפ"ז יש להקשות שאם נלך אחרי הזריחה ושקיעה הנראים ונחלק את הזמן שביניהם לשני חלקים לא בהכרח יצא לנו הזמן שבו השמש בדיוק באמצע הרקיע שהרי יתכן שבאופק המזרחי יש הר גבוה ובמערב יש הר נמוך ונמצא שהזריחה התאחרה והשקיעה לא הקדימה ובשעה 6:00 השמש כבר נטתה למערב, וכן יכול להיות להיפך שבאופק המזרחי יש הר נמוך ובמערב יש הר גבוה ונמצא שהשקיעה הקדימה והזריחה לא התאחרה ובשעה 6:00 השמש עדיין נוטה למזרח, ורק לפי השקיעה המישורית והגיאומטרית תמיד בשעה 6:00 השמש בדיוק באמצע. ואולי יש לדחות שלא דקדקו חז"ל כ"כ ובאמת אין זמן הקרבת

התמיד מדאו' בשעה 6:00 בדיוק וכוונתם רק שזמן הקרבת התמיד מדאו' בערך בסביבות השעה 6:00. ודו"ק.

הקושיא השנייה היא שמבואר בגמ' (ברכות כז.) שבשעה רביעית הצל מתחיל להיות צונן. ואין חוס וקור תלוי במה שהיה בזריחה ובשקיעה אלא במצב השמש באותו רגע וא"כ א"א ללכת אחרי הנראה שהרי ודאי אין שום נפ"מ בצורת האופק לגבי החוס בשעה ארבע (וכן הוכיח הגר"ש אוירבאך שליט"א בקובץ שערי ציון א'). ולפי"ז יהיה מוכרח גם דלא כהשקיעה המישורית כי המציאות היא שהרפרקציה היא רק בזמן הזריחה והשקיעה, ובכל המשך היום קרני האור כמעט לא מתעקמים כמו שאפשר לראות בנוסחאות שנתבארו לעיל ובע"כ שחשוב שעות היום אינו מתחשב ברפרקציה ומסתמא גם לגבי מרכז השמש החוס נמדד ממרכז השמש ולא מהקצה ומוכח כהשקיעה הגיאומטרית. ויש לדחות גם כאן שאולי חז"ל לא דיקדקו בזמן קטן וכוונתם שהצל צונן בערך עד שעה ארבע.

הקושיא השלישית היא שבלבוש (סי' רל"ג ס"א) כתב להוכיח שמחשבים את השעות הזמניות מהזריחה לשקיעה שהרי חז"ל חילקו את היום ל-12 שעות זמניות ואת הלילה ל-12 שעות זמניות ולפי הידוע בחכמת התכונה אם נחשב מהזריחה לשקיעה - באמת ביום הממוצע יש 12 שעות ובלילה הממוצע יש 12 שעות אבל אם נחשב מעמה"ש לצאה"כ היום הממוצע הרבה יותר ארוך מהלילה הממוצע. עכ"ד.

ולכאו' לפי ההוכחה הזאת יש להוכיח ג"כ שלא הולכים אחרי הזריחה והשקיעה הנראים כי אם נלך אחריהם גם כאן לא יצא היום הממוצע 12 שעות והלילה הממוצע 12 שעות אלא תלוי כל מקום לפי מה שהוא. וגם אם נלך אחרי השקיעה המישורית (וגם לפי השקיעה הנראית הממוצע של המקומות הוא השקיעה מישורית) גם אז לא יצא יום ממוצע 12 שעות אלא 12:08:21 (באופק א"י)⁴. ורק אם נלך אחרי השקיעה הגיאומטרית יצא בדיוק יום ממוצע 12:00:00 שהרי השמש מסתובבת סביבנו בקצב קבוע ביום ובלילה ונמצא שמרכז השמש נמצא 12 שעות מעל האופק הישר ו-12 שעות

⁴ הנוסחא לחישוב היא (בקו רוחב 32 אם הרפרקציה 34/60 ורדיוס השמש 16/60):
 $2 * \cos^{-1}(-\sin(34/60 + 16/60) / \cos(32) / \cos(\text{נטייה}) - \tan(32) * \tan(\text{נטייה})) / 15 = 23.5 - 23.5$
 והנטייה היא בין 23.5 ל-23.5 וצריך לעשות את החשבון כמה פעמים בכל הנטיות והממוצע יוצא 12:08:21 שעות.

מתחת לאופק הישר וא"כ אם נתחשב ברפרקציה שגורמת שהשמש נראית יותר גבוהה א"כ תמיד הזריחה קצת יותר מוקדמת והשקיעה קצת יותר מאוחרת וזה מאריך את היום הממוצע, ועוד יש סיבה שהיום מתארך שהרי השקיעה המישורית נחשבת רק כשכל השמש ירדה מתחת האופק הישר ולא רק מרכז השמש, וכן זריחה נחשבת מיד כשהתחילה השמש לזרוח ולא כשהגיע מרכז השמש לאופק וא"כ הזריחה קצת מוקדמת והשקיעה קצת מאוחרת וזה מאריך את היום. ושתי הסיבות יחד גורמות שהיום הממוצע הוא 12:08:21 והלילה הממוצע 11:51:39 והוא הפרש של 17 דקות! וקשה לומר שהוא הפרש קטן ולא משמעותי.

הקושיא הרביעית היא שיש קצת לתמוה, שמצינו בחז"ל כמה פעמים משתמשים בשעות ולא נתבאר בגמ' איך מחשבים את השעות הללו – והרי הדבר הוא נפ"מ עצומה להלכה איך מחשבים את השעות, ואיך חז"ל לא ביארו לנו לאיזה שעות הם התכוונו. ולכאוי צ"ל בפשיטות שבזמן חז"ל היו משתמשים בשעות הללו בחיי היום יום ולכן לא הוצרכו לבאר מהם השעות הללו וכמו שבזמנינו אם יתקנו תקנה שאסור למכור בחנויות בער"ש אחרי שעה 10:00 אין צורך לבאר לאנשים מהי שעה 10:00 ואיך מחשבים אותה שהרי השעונים שלנו עובדים לפי השעה הזאת ופשוט.

וא"כ צריך לבדוק בזמן חז"ל את השעונים כדי לדעת איך לחשב את הזמנים כאן. והנה בזמן חז"ל לא היה שעונים כמו שלנו אלא היו משתמשים בשעוני שמש ושעון שמש בד"כ מראה שעות שוות ולא שעות זמניות אבל כתב בספר מעגלי צדק (עמ' ע"ד) שבזמן חז"ל היו גם שעוני שמש שמראים שעות זמניות והביא שכבר עמד בזה הרי טיקוצ'ינסקי בסוף ספר בין השמשות.

ואם כנים הדברים א"כ ודאי א"א לחשב עפ"י השקיעה הנראית כי הוראת שעון השמש לא תלוי במצב האופק אלא במקום השמש באותו רגע בשמים, ואין שעון שמש "מחשב" את השעות הזמניות כמו שאנחנו עושים – הזמן מהשקיעה לזריחה לחלק ל-12, אלא הוא מראה את מצב השמש באותו רגע בשמים, וא"כ אין נפ"מ מה מצב האופק ומתי היתה הזריחה ומתי תהיה השקיעה.

וני"ל ששעון שמש גם לא מראה את השעה לפי השקיעה המישורית כי שעון שמש מראה את הצל, והצל מוטל ממקום מרכז השמש ולא מקצה השמש, וגם לגבי הרפרקציה כבר נתבאר שהיא משפיעה כמעט רק בזמן הזריחה והשקיעה, ובכל המשך

היום קרני האור כמעט לא מתעקמות, וא"כ בשעה 3:00 (זמנית) למשל, שעון שמש יורה על מצב השמש בשמים עכשיו – וזה לא מושפע מהרפרקציה (ורק בפלג המנחה שהוא שעה ורבע לפני השקיעה יש כבר קצת עיקום לקרני האור של 5 דקות קשת בזמן תקופת טבת בצפון א"י בקו רוחב 35, ומתאחר מזה פלג המנחה ב-25 שניות זמן) וא"כ יהיה מוכרח גם מכאן שהולכים אחרי הזריחה והשקיעה הגיאומטריים.

ולכאוי יש סיוע גדול לדרך הזאת שע"י באג"מ או"ח ח"ב סי' כ' וח"ד סי' ס"ב ואה"ע ח"א סי' נ"ח שכתב שהמציאות היא שברוב השנה אין חצי היום הראשון שווה לחצי השני של היום ויתכן שמהזריחה ועד חצות האמיתי שהשמש בדרום בראש כל אדם יהיה 6:50 שעות ומחצות עד השקיעה יהיה רק 6:40 שעות (וכתב שזה קורה בניו יורק ב-20 לאפריל) ולגבי זמני היום נחשב חצות כשהשמש בראש כל אדם ולא באמצע בין הזריחה לשקיעה ולכן צריך לחשב כל חצי יום בנפרד וממילא אין שעות היום של החצי הראשון שוות בדיוק לשעות החצי השני עכ"ד⁵.

⁵ והנה לא ביאר הגרמ"פ סברא למה יהיה שינוי בין שני חצאי היום אבל כתב שהוא מוכרח כי המציאות היא שלפעמים הזריחה מוקדמת מהשעה 12:00 יותר זמן ממה שהשקיעה מאוחרת מהשעה 12:00 וכתב שאין לומר שהזמן של חצות האמיתי (שהשמש בדרום בראש כל אדם) אינו בדיוק בשעה 12:00 וכך יצאו שני חצאי היום שווים כי א"כ יוצא שיש שינוי בזמן חצות האמיתי בין יום אחד ליום שני וברש"י (עירונין נו.) מבואר שאין שום שינוי באורך הזמן שבין חצות לחצות. ודבריו צע"ג שהרי ודאי המציאות היא שיש שינוי בזמן חצות האמיתי (שהשמש בדרום בראש כל אדם) ואכמ"ל. אבל בקצרה נאמר שהדבר נובע ממה שלפעמים השמש ממחרת במהלכה בגלגל המזלות ולפעמים מאיטה וכן ממה שהשמש הולכת בגלגל המזלות עקום יחסית לקו המשווה וכמו שהאריכו בזה כל המפרשים (ע"י בראב"ח צורת הארץ פי"ג וביסו"ע מ"ג פ"ז ובמפרש על הרמב"ם הל' קידה"ח פי"ב ה"ב העיקר השני והשלישי ובהמהרל"ב"ח שם ובלבוש שם ובנאוה קודש שם ובתכונת השמים סי' ל"א, מ"ט). והוא פשוט למי שיודע קצת בחכמת התכונה (ויתבאר כאן בסוף הדברים בהערה 11 הנוסחא לחישוב שעת חצות). וברש"י בעירונין מבואר רק שאין אורך היום משפיע על חצות ותמיד מצד אורך היום החצות שווה אבל יש סיבות אחרות שמשנות את זמן חצות. (ועוד יש תימה שהגרמ"פ הזכיר את שעה 12:00 שהיא שעת חצות בניו יורק והרי בניו יורק חצות הממוצע הוא בשעה 11:56 לפי השעון האיזורי שכבר היה בימיו וא"כ כל החשבון סוטה ב-4 דקות וב-20 באפריל יש בחצי היום הראשון 6:46 שעות ובחצי השני 6:44 שעות דו"ק ותשכח בלוחות של בורו פארק בניו יורק) וכבר העיר ע"ז בספר בירור הלכה ח"ד סי' נ"ח. אלא שגם לפי המציאות שיש שינוי בזמן חצות האמיתי, אין החצי הראשון של היום שווה בדיוק לחצי השני של היום כי לדוגמא בתחילת הקיץ הימים הרי מתארכים והולכים ואם ביום אחד יש 12:01 שעות יהיה ביום הבא 12:02 שעות וודאי אין התארכות היום נעשית בבת אחת אלא לאט לאט במהלך היום השמש זזה ממקומה בגלגל המזלות עד שלאחר יום ולילה נראה התארכות של דקה אחת וממילא כבר ביום הראשון יהיה חצי היום השני יותר ארוך מהחצי הראשון כיון שהימים כבר התארכו ברבע דקה, אבל הוא שינוי קטן מאד ולא ע"ז דיבר הגרמ"פ. ועכ"פ לכאוי דברי הגרמ"פ שייכים לדינא על השינוי הקטן הזה שאמנם הגרמ"פ לא דיבר ע"ז אבל ס"ס בעיקר הסברא אין חילוק בזה שס"ס למעשה אין חצאי היום שווים ומבואר בדברי הגרמ"פ שכשאין חצאי היום שווים מחשבים כל חצי יום בנפרד.

ולכאוי מבואר בדבריו שאין "מחשבים" את זמני הזריחה וזמני השקיעה ומחלקים את הזמן לשעות היום בצורה שווה, אלא בודקים את המצב האסטרונומי של השמש היכן היא נמצאת ושעה 1:00 היא כשהשמש בחלק 1/12 של השמים ושעה 2:00 היא כשהשמש בחלק ה-2/12 של השמים וכן הלאה. ולכן חצות אינו הזמן שבאמצע בין הזריחה לשקיעה אלא חצות הוא בזמן המצב האסטרונומי של חצות דהיינו שמרכז השמש באמצע השמים בדרום בראש כל אדם. ולכאוי לפ"ז גם דבריו אינם מדוקדקים לחלוטין כי גם במהלך חצי היום א"א לחשב חצי יום שלם בבת אחת שהרי בתוך החצי יום יש שינויים במצב האסטרונומי וצריך לחשב את אורך היום "באשר הוא שם" לפי מצב השמש באותו רגע בגלגל המזלות וכוונת האג"מ שעד כדי כך אין צורך לדקדק שהוא הפרש קטן מאד.

ולכאוי לפ"ז ביום שהעמיד יהושע את השמש בגבעון אם נניח שהיה מעמיד את השמש בשעה זמנית 2:00 והיתה השמש נשארת באותו מקום 5 שעות לא נחשב כאילו התארך היום ב-5 שעות ויש ביום 17 שעות ונחלק אותם ל-12 וזאת תהיה שעה זמנית אלא השמש נשארת כל הזמן בשעה 2:00 במשך 5 שעות ואח"כ ממשיכה כיון שזה מצבה עכשיו.

(ולכאוי לפי דברי האג"מ צ"ל שמה שנקטו הראשונים לחלק את שעות היום מהזריחה לשקיעה הוא דרך פשוטה לחישוב שאינה מדויקת לגמרי ולא דקדקו בזה הראשונים כיון שהוא שינוי קטן).

וא"כ כיון שמסתכלים על מקום השמש כל רגע, אין להסתכל על הרפרקציה ועל קצה השמש שהרי באותו רגע אין כמעט רפרקציה וצריך לקחת את מרכז השמש כדי שנדע את מקומה ולא את קצה השמש.

ואם נאמר שבאמת הולכים אחרי שעות שעון שמש יוצא לכאוי שתמיד אין שעות היום שוות זה לזה בדיוק כי השעה הראשונה מתחילה מיד בזריחה הנראית שאז מראה שעון שמש על השעה 0:00 ובזמן הזה יש עיקום גדול לקרני האור ונמצא שהשמש עולה לאט לאט עד שנגמרת השעה הראשונה ואז כבר העיקום קטן מאד ומשם ואילך מתחשבים כמעט רק במקום השמש האמיתי בשמים כיון שכמעט אין עיקום ויוצא שהשעה הראשונה היא בממוצע בערך 64 דקות ושאר שעות היום הם בערך 60 דקות והשעה האחרונה ביום היא שוב בערך 64 דקות כיון שלקראת השקיעה

שוב יש רפרקציה. ומה שנקט הלבוש שחז"ל נתנו ליום 12 שעות וללילה 12 שעות כי בממוצע הם שווים הוא נכון בכל שעות היום, חוץ מהשעה הראשונה והאחרונה.

ואמנם לשון הראשונים שמחלקים את שעות היום ל-12 ומשמע שכל השעות שוות אבל י"ל שלא דקדקו במעט הזה ובאמת צריך לחלק את השעות מהזריחה לשקיעה הגיאומטריים ל-12 ובשעה הראשונה והאחרונה ביום צריך להוסיף 4 דקות עד הנץ המישורי והשקיעה המישורית. ואין לומר שהוא דוחק, שהרי במילא מפורש באג"מ ששעות החצי הראשון של היום בד"כ לא שוות לגמרי לשעות החצי השני וע"כ שאין כוונת הראשונים לדקדק לגמרי ויתכן שיש שינוי משעה לשעה וא"כ אין דוחק לומר שהשעה הראשונה והאחרונה התארכו בגלל הרפרקציה ב-4 דקות והם לא שוות לשאר השעות (ובפרט שלכל דיני זמני היום אם נחלק בצורה שווה יהיה האי דיוק לחומר דו"ק ותשכח).

והרב בורשטיין (זמנים כהלכתם פ"א ס"ט) כתב שיש להוכיח שלא הולכים אחרי הזריחה ושקיעה הגיאומטריים מהגמ' נידה סג: שמבואר שם בגמ' שלפי ר' יהודה שהלכה כמותו אישה שרואה דם ביום חוששת לווסתה כל היום ואם רואה בלילה חוששת כל הלילה, והגמ' אומרת שאם ראתה עם הנץ אם היתה הראייה בסוף הלילה אסורה בלילה ולא ביום ואם היתה הראייה בתחילת היום אסורה ביום ולא בלילה. ולפי פטות הגמ' משמע שמדובר שראתה בנץ הנראה ואם נאמר ששעות היום מחושבות לפי הזמן הגיאומטרי נמצא שגם אחרי הנץ עדיין נמשכים שעות הלילה עוד 4 דקות עד הנץ הגיאומטרי ואיך מבואר בגמ' שאם ראתה עם הנץ בתחילת היום צריכה לחשוש ביום ולא בלילה. ויש לדון ע"ז שאולי "תחילת היום" הוא אחרי 5 דקות אחרי הנץ וגם זה נקרא "עם הנץ", ועוד שאולי לפי ר' יהודה אין כלל נפ"מ ב"שעות היום" ו"שעות הלילה" אלא רק אם השמש מעל האופק או לא, ולכן כל שעבר הנץ הנראה שהשמש מעל האופק אסורה ביום ולא בלילה. ועוד י"ל לפי מה שנתבאר שהולכים אחרי מצב השמש כמו שנראה ע"י שעון שמש שלפ"ז באמת השעה הראשונה ביום מתחילה בנץ הנראה אלא שהיא שעה ארוכה של 64 דקות ולכן כשראתה מיד אחרי הנץ הנראה אסורה ביום ולא בלילה כיון שהתחילו שעות היום.

עוד כתב הרב בורשטיין להוכיח שלא הולכים אחרי הזמן הגיאומטרי שמצינו מח' בגמ' לגבי זמן מנחה שדעת ר' יהודה שהוא עד פלג המנחה ודעת רבנן שהוא עד הערב.

והייתה לגמ' הו"א שכוונת ר' יהודה עד פלג המנחה היינו עד ועד בכלל וכוונתו עד שעה 12:00 והגמ' שואלת שא"כ היינו רבנן. ומבואר בגמ' שמה שאמרו רבנן "עד הערב" היינו עד שעה 12:00. וברבינו יונה שם מבואר שכוונת רבנן עד הערב היינו עד שקיעת החמה כי דם התמיד נפסל בשקיעת החמה וא"כ כיון שודאי דם התמיד נפסל רק בשקיעה ההלכתית שהיא הנראית ולא הגיאומטרית ע"כ שגם זמן מנחה הוא עד השקיעה הנראית ומוכח שגם שעה 12:00 היא בשקיעה הנראית (וקצת תימה עליו שהוא עצמו סבר שמחשבים את שעות היום לפי השקיעה המישורית ולא לפי הנראית, ולפי ההוכחה הזאת מוכח שהולכים אחרי הנראית ולא אחרי המישורית שהרי דם התמיד לא תלוי בשקיעה המישורית אלא בהלכתית שהיא הרבה פעמים הנראית ורק י"ל שהגמ' דיברה בסתם במקום פשוט שהוא המישור, ושם השקיעה המישורית היא גם הנראית משא"כ השקיעה הגיאומטרית שהיא תיאורטית) ולכאוי יש לדחות שגם אם שעה 12:00 היא השקיעה הגיאומטרית ולא הנראית היה ברור לגמ' שלא יתכן שזה כל המח' של רבנן ור' יהודה - האם סוף זמן מנחה בשקיעה הנראית או בשקיעה הגיאומטרית שהוא הפרש של 4 דקות וזה כוונת הגמ' "ר' יהודה היינו רבנן" שכמעט אין הבדל ביניהם. ועוד י"ל לפי מה שנתבאר שהולכים אחרי מצב השמש כמו שנראה ע"י שעון שמש, א"כ באמת שעה 12:00 היא בשקיעה הנראית ורק שאר שעות היום מחושבות לפי הזמן הגיאומטרי.

עוד כתב הרב בורשטיין להוכיח מהשה"ג (על המרדכי ברכות פ"ד סק"ג) שכתב במפורש שמחשבים את זמני היום מתחילת הזריחה ועד סוף השקיעה ומפורש שלא הולכים אחרי מרכז השמש. [ולכאוי יש מקום לומר שסבר שצריך ללכת אחרי הנראית ולא אחרי המישורית שלא הזכיר כלל שהוא במישור דוקא] ולכאוי אם הולכים אחרי שעון שמש גם מכאן אין ראייה שהרי באמת השעות מתחילות בנץ הנראה ומסתיימות בשקיעה הנראית אלא שאין החלוקה שווה ביניהם ויש קצת הגדלה לשעה הראשונה והאחרונה וי"ל שלא דיקדק בזה כמו כל הראשונים ודו"ק.

והנה כל הלוחות בזמנינו מחשבים את זמני היום לפי הנץ והשקיעה המישוריים או ההלכתיים ולא לפי הגיאומטריים ולכאוי לפי מה שנתבאר, גם אם לכתחילה יש להחמיר אבל אם לא הספיק לקרוא ק"ש עד סוף הזמן המחושב לפי המישורי ימהר לקרוא ק"ש לפני שיעבור הזמן המחושב לפי הגיאומטרי (שהוא בערך 2 דקות אח"כ)

ורציתי להדגיש שבסברא אין עדיפות למישורי על פני הגיאומטרי שהרי שניהם אינם כמו השקיעה ההלכתית וא"כ כיון שאנחנו "ממציאים" שקיעה לחישוב שעות היום אין סברא יותר לקחת את המישורי או הגיאומטרי.

רפרקציה בעמוד השחר וצאת הכוכבים

נחלקו הראשונים והאחרונים איך לחשב את זמני עמה"ש וצאה"כ. נפרט בקצרה שבעמה"ש י"א שהוא 72 דקות לפני הנץ וי"א שהוא 90 דקות וי"א שהוא 120 דקות. ולגבי צאה"כ דעת ר"ת שאותו הפרש שיש בין עמה"ש לנץ יש בין השקיעה לצאה"כ ודעת הגאונים שבצאה"כ הוא רק $\frac{3}{16}$ של הזמן ויוצא שבין השקיעה לצאה"כ יש 13.5 דקות או 16.875 דקות או 18 דקות.

עוד נחלקו הפוסקים איך מחשבים את הדקות האלה בכל השנה שדעת מהרי"ף (סי' מ"ז) והדה"ח (דיני הכנסת שבת ס"ג) והפמ"ג (או"ח סי' רס"א א"א סק"ט) שבכל השנה השיעורים האלה שווים ולדוגמא למ"ד שהוא 72 דקות א"כ בכל השנה יש 72 דקות בין עמה"ש לנץ, ודעת הפר"ח (בקונטרס דבי שמשני) והמטה יהודה (סי' רצ"ג סק"א) והמ"ב (סי' רס"א ס"ק כ"ג) שכל השיעורים האלה הם בדקות זמניות ובימים הארוכים הדקות הזמניות יותר ארוכות ובימים הקצרים הדקות האלה יותר קצרות, ודעת הגר"ז (בסידור דיני קבלת שבת) שהשיעורים נאמרו רק ביום בינוני שהיום והלילה שווים אבל בשאר השנה צריך לעשות חשבון מתי השמש מגיעה לאותו מקום מתחת לאופק כמו שהיה ביום הבינוני ולדוגמא למ"ד שהוא 72 דקות, בא"י במשך הזמן הזה השמש עולה 16 מעלות עד לאופק וא"כ צריך לחשב בכל יום מתי השמש מגיעה ל-16 מעלות מתחת לאופק וזה זמן עמה"ש.

ויש לדון לפי כל שיטה האם מדובר על השקיעה עם הרפרקציה או על השקיעה בלי הרפרקציה.

והנה כל השיעורים של עמה"ש מקורם מהגמ' פסחים צג: שמבואר שם בגמ' שאדם הולך ביום 40 מיל ונחלקו שם בגמ' אם הולכים בין עמה"ש לנץ 4 מיל או 5 מיל [וכן מבואר שם בגמ' שבין השקיעה לצאה"כ דר"ת הולכים 4 מיל או 5 מיל] ונחלקו

הראשונים אם אדם הולך 40 מיל מהנץ לשקיעה שיש ביניהם 12 שעות שיוצא לפי"ז ל-4 מיל 72 דקות או שאדם הולך 40 מיל מעמה"ש לצאה"כ שיוצא לפי"ז שלמ"ד שיש 4 מיל בין הנץ לעמה"ש אדם הולך מהנץ לשקיעה רק 32 מיל וא"כ ל-4 מיל יוצא 90 דקות ולמ"ד שיש 5 מיל בין הנץ לעמה"ש יוצא שהוא הולך מהנץ לשקיעה 30 מיל ויוצא ל-5 מיל 120 דקות.

וכתב רש"י שם שמדובר ביום התקופה שהיום והלילה שווים. ולכאוי ביום התקופה שהשמש נמצאת על קו המשווה השמימי היום והלילה שווים רק בלי להתחשב ברפרקציה ואם מחשבים רק את מרכז השמש אבל אם נתחשב ברפרקציה כבר נתבאר שהיום יותר ארוך מהלילה ב-8 דקות ביום התקופה ונמצא שאין בדיוק 12 שעות בין הנץ לשקיעה אלא 12:08 שעות ויוצא לפי"ז שאין השיעורים מדויקים שלמ"ד 72 דקות הוא בדיוק 72.8 דקות ולמ"ד 90 דקות הוא בדיוק 91 דקות ומ"ד 120 דקות הוא בדיוק 121.3 דקות. וקשה מאד לומר שלא דקדקו הראשונים בזה אע"פ שהוא שיעור מועט כי עיי בלי"ח (ברכות פ"א ס"י מעדנ"י סק"ט) שהאריך כאן בתמצית החשבון ומשמע מדבריו שהוא מדויק לגמרי.

ולכאוי יש ליישב בשלושה אופנים - א. י"ל שבכל הסוגיא מדובר על הנץ והשקיעה של מרכז השמש בלי התחשבות ברפרקציה. ב. י"ל שדברי הגמ' שאדם הולך ביום 40 מיל אינם מדוקדקים לגמרי ובאמת אדם הולך קצת יותר כדי מהלך 8 דקות (דהיינו בערך חצי מיל) ולא דקדקה הגמ' במהלך ה-8 דקות האלה. ג. י"ל שמש"כ רש"י שמדובר ביום התקופה שהיום והלילה שווים הוא ל"ד ולא מדובר ביום התקופה ממש אלא כמה ימים סמוך לו שהיום והלילה שווים עם התחשבות ברפרקציה.

ונחשב מה יוצא לדינא לפי כל אחת מהאפשרויות:

אם נאמר כאפשרות א. שבכל הסוגיא מדובר על הנץ הגיאומטרי של מרכז השמש בלי להתחשב ברפרקציה א"כ למ"ד שתמיד השיעור הוא בדקות שוות נצטרך לחשב 72 דקות בכל השנה לפני הנץ הגיאומטרי.

וכן אם נחשב זמניות נצטרך לחשב 72 דקות זמניות לפני הנץ הגיאומטרי, וכדי לחשב מהו שיעור דקה זמנית בע"כ נצטרך לחשב את היום מהנץ הגיאומטרי לשקיעה הגיאומטרית כמו שצידדתי לעיל.

ואם נחשב את מקום השמש במעלות נצטרך לחשב ביום התקופה היכן השמש נמצאת 72 דקות לפני הנץ הגיאומטרי (והוא יוצא 15.2303 מעלות מתחת לאופק⁶) וזה הגובה שהשמש מגיעה אליו בעמה"ש בכל יום.

הדוחק באפשרות הזאת הוא שהגמי' והראשונים כשדיברו על מהלך ליום דיברו על נץ ושקיעה גיאומטריים שאפשר לדעת אותם רק ע"י חישוב ולא רואים אותם בעיניים ודוחק לומר שסתמו לומר שאדם הולך "ביום" והתכוונו לחישוב מסובך שא"א לראות, ובפשטות בכל הש"ס כשכתוב הנץ ושקיעה מדובר על הנץ והשקיעה ההלכתיים.

ועוד יש להקשות על האפשרות הזאת שכתבו כמה ראשונים (הרמב"ן בתורת האדם, הרשב"א ברכות ב:, הריטב"א ברכות כז: ועוד) שיש 3 דקות בין פלג המנחה לשקיעה שהרי בין השקיעה לצאה"כ יש 72 דקות ובין פלג המנחה לצאה"כ יש 75 דקות וההפרש ביניהם הוא 3 דקות. והנה סתמו הראשונים דבריהם ומשמע שדיברו בכל השנה ולא רק ביום הבינוני וא"כ מוכח מהם שכמו שהדקות של פלג המנחה הם דקות זמניות ה"ה 72 דקות שבין השקיעה לצאה"כ הן דקות זמניות כי אם הן דקות שוות (או שמחשבים לפי מיקום השמש) א"כ אין תמיד 3 דקות ביניהן אלא לפעמים הוא יותר או פחות. ואם נאמר שאת הדקות הזמניות מודדים מהשקיעה הגיאומטרית א"כ בין השקיעה ההלכתית לפלג המנחה יש בערך 68 דקות ויוצא שיש בין פלה"מ לשקיעה 7 דקות ולא 3 דקות. ובע"כ נצטרך לתרץ שגם הראשונים דיברו על השקיעה הגיאומטרית והוא דוחק עצום. ועוד שיש מעשה בגמ' שהיה ציבור שהתפלל בטעות ערבית מוקדם ואח"כ כשגמרו ראו שהשמש עדיין זורחת וכתב רבינו יונה שמדובר אחרי פלג המנחה וכ"פ השו"ע. והוכיח מכאן המנח"כ שסבר השו"ע שמחשבים את זמני היום מהזריחה לשקיעה שאם מחשבים מעמה"ש לצאה"כ א"כ יש 3 דקות בין פלה"מ לשקיעה ואיך הספיקו להתפלל ואח"כ לראות את השמש ב-3 דקות ומוכח שבחישוב של ה-3 דקות מדובר על השקיעה הנראית שאם מדובר על השקיעה הגיאומטרית א"כ עדיין השמש נראית עד השקיעה ההלכתית ואין הוכחה ממה שראו את השמש שעברו רק 3 דקות מפלה"מ ואמנם גם ב-7 דקות קשה לגמור את התפילה אבל לא היה למנח"כ לומר שיש כאן רק 3 דקות.

⁶ הנוסחא לחישוב היא: $-\sin^{-1}(\sin(72/4) * \cos(31.776)) =$ רום השמש מתחת לאופק

ואם נאמר כאפשרות ב. שבאמת מדובר על הנץ והשקיעה ההלכתיים עם התחשבות ברפרקציה ואין דברי הגמ' מדוקדקים ואדם הולך ביום יותר מ-40 מיל יוצא לפיז' שלמ"ד שהדקות תמיד שוות נצטרך לחשב 72 דקות בכל השנה לפני הנץ ההלכתי .

וכן אם נחשב זמניות נצטרך לחשב 72 דקות זמניות לפני הנץ ההלכתי ולכאוי לפיז' כדי לחשב כמה היא דקה זמנית בע"כ נצטרך לחשב את היום מהנץ ההלכתי לשקיעה ההלכתית ונמצא שלפיז' ביום התקופה שיש בין הנץ לשקיעה 12:08 שעות יהיו ה-72 דקות הזמניות 72.8 דקות רגילות וחזרה הקושיא שיוצא שאין הזמנים בדקדוק ביום התקופה. ואולי לפי מה שנתבאר לעיל ששעות זמניות מחשבים לפי שעון שמש ורוב שעות היום מחושבות בלי רפרקציה י"ל שגם כאן השעות הזמניות מחושבות בלי רפרקציה ורק הזמן שבין עמה"ש לנץ נמדד מהנץ ההלכתי אבל הדקות עצמם הם לפי חישוב מהנץ הגיאומטרי ודו"ק. (ויש לתמוה על הר' בורשטיין (זמנים כהלכתם פ"א ס"ח) שנקט שאת כל זמני היום מחשבים לפי הנץ והשקיעה המישוריים עם התחשבות ברפרקציה ואעפ"כ כאן נקט כאפשרות ב. שמדובר כאן על הנץ והשקיעה המישוריים ואדם הולך ביום קצת יותר מ-40 מיל שזה לא יסתדר למ"ד שהוא זמניות).

ואם נחשב לפי מקום השמש במעלות נצטרך לחשב ביום התקופה איפה השמש נמצאת 72 דקות לפני הנץ ההלכתי (והוא יוצא 16.0017 מעלות מתחת לאופק⁷) וזה הגובה שהשמש מגיעה אליו בעמה"ש בכל יום.

הדוחק באפשרות הזאת שקשה לומר ש-40 מיל הוא ל"ד ויש כאן תוספת של מהלך 8 דקות כי ב-8 דקות אפשר ללכת בין חצי לשליש מיל והיה לגמ' לומר שאדם הולך ביום 40.5 מיל ולא 40 והפרש של חצי מיל אינו הפרש קטן שנאמר שהגמ' לא דיקדקה בו.

וכתב הר' בורשטיין שאין כאן דוחק אם לא דיקדקה הגמ' כי מוכח מתוך הגמ' עצמה שאין כוונתה לדקדק לגמרי כי הגמ' מביאה את שיעור הזמן שלוקח ללכת מיל כדי לחשב כמה נחשב דרך רחוקה בקרבן פסח שכל שאין לו מספיק זמן ללכת מחצות

⁷ הנוסחא לחישוב היא (בהנחה שהרפרקציה היא 31/60 מעלות ורדיוס השמש 15.99/60 מעלות) :
 רום השמש מתחת לאופק =
 $-\sin^{-1}(\cos(31.776) * \sin(72/4 + \sin^{-1}(\sin(31/60 + 15.99/60) / \cos(31.776))))$

היום עד סוף זמן ההקרבה נחשב דרך רחוקה. וקרוב פסח הרי לא קרב בכל שנה בדיוק ביום הבינוני וע"כ שהגמי לא דיקדקה כאן. ועוד שהגמי מביאה שם ראייה מלוט שהלך בסדום 5 מיל מעמה"ש לנץ וסדום הרי אינה בדיוק באותו אופק כמו ירושלים וגם אין הכרח שבאותו יום היה בדיוק היום הבינוני ובע"כ שאין דברי הגמי מדוקדקים לגמרי.

ואם נאמר כאפשרות ג. שלא מדובר ביום התקופה ממש אלא ביום שבין הנץ ההלכתי לשקיעה ההלכתית יש בדיוק 720 דקות יוצא לפ"ז שלמ"ד שתמיד הדקות שוות נצטרך לחשב 72 דקות בכל השנה לפני הנץ ההלכתי.

וכן אם נחשב זמניות נצטרך לחשב 72 דקות זמניות לפני הנץ ההלכתי ולכאוי לפ"ז בשביל לחשב כמה היא דקה זמנית בע"כ נצטרך לחשב את היום מהנץ ההלכתי לשקיעה ההלכתית ויוצא שביום שהגמי דיברה ה-72 דקות הזמניות הם בדיוק 72 דקות. [וגם לפי מה שנתבאר לעיל שהשעות הזמניות מחושבות רוב הזמן בלי להתחשב ברפרקציה י"ל שה"מ בשעות היום שיש לנו שעון שמש שמראה את השעה אבל בלילה שאין שעון שמש מחלקים את כל היום ל-12 מהנץ ההלכתי לשקיעה ההלכתית ודו"ק]

ואם נחשב לפי מקום השמש במעלות נצטרך לחשב ביום הזה שהיום והלילה ההלכתיים שווים היכן השמש נמצאת 72 דקות לפני הנץ ההלכתי (והוא יוצא 16.0383 מעלות מתחת לאופק⁸) וזה הגובה שהשמש מגיעה אליו בעמה"ש בכל יום.

הדוחק באפשרות הזאת שהרי ברש"י מפורש שמדובר ביום התקופה וצריך להידחק ולומר שאינו בדיוק ביום התקופה אלא הוא 3-4 ימים לפני תקופת ניסן. ומצד שני הביא הרי מנת (זמני ההלכה למעשה ח"ב עמ' כ"ב) שביראים (סי' ק"ב) כתב וז"ל "והרוצה לבדוק הדבר אם אמת כאשר פירשנו יכול לבדוק... בימי ניסן סמוך לתקופה שהימים והלילות שווים" וא"כ אדרבה הוא ראייה שאינו ביום התקופה בדיוק. ויש לדחות שמסתמא אין כוונת היראים לרפרקציה שהיה לו לבאר דבריו, אלא כוונתו שאם נרצה לבדוק את משך הזמן שמבואר בגמ' בין השקיעה לצאה"כ אפשר לבדוק גם בימים הסמוכים לתקופה ולא רק ביום התקופה ממש שכל עוד היום והלילה בערך

⁸ הנוסחא לחישוב היא: (בהנחה שהרפרקציה היא 31/60 מעלות ורדיוס השמש 15.99/60 מעלות) רום השמש מתחת לאופק = $-\sin^{-1}(\sin(72/4)*\cos(31.776)*\cos(\sin^{-1}(-\sin(46.99/60)/\sin(31.776))))+\sin(46.99/60)$

שווים יהיה החשבון בערך נכון ואמנם יש סטייה של כמה שניות אבל זו אינו סטייה משמעותית.

עוד יש דוחק באפשרות הזאת שבפשטות כשהגמ' אומרת בסתם שמהלך אדם ביום 40 מיל כוונתה ליום הממוצע ואם נחשב את אורך היום הממוצע של כל השנה יצא לנו שיעור שווה לאורך היום של יום התקופה בדיוק (דהיינו 12:08 שעות מהנץ ההלכתי לשקיעה ההלכתית) שהרי הרפרקציה מוסיפה בכל יום קצת ליום ומורידה מהלילה וממילא דוחק לומר שהגמ' דיברה על היום שבו היום והלילה ההלכתיים שווים.

וכתב בספר אור מאיר (בהקדמה לפ"ד) כאפשרות ג. ובספר זמני ההלכה למעשה (בח"ב עמ' כ"ד) הביא מכתב של הר' מרצבך שהסתפק בין אפשרות ב. וג. והר' מנת שם הסיק כאפשרות ב. וכ"כ הר' בורשטיין (זמנים כהלכתם פ"א ס"ח) ולענ"ד לא יצא הדבר מידי ספק וצריך להחמיר כשתי הצדדים ורק כאפשרות א. נ"ל שאין צורך להחמיר כיון שמוכח בראשונים לא כך כמו שנתבאר.

והנה לפי אפשרות א. שהחשוב הוא ביום הבינוני הגיאומטרי ולא מתחשבים ברפרקציה א"כ היום והלילה שווים בכל העולם ואפשר לחשב את היום הבינוני בכל מקום שנרצה, אבל לפי מה שנתבאר שמתחשבים ברפרקציה ביום הבינוני יש לדון איזה מקום ניקח, כי יש הבדל ברפרקציה בין המקומות שהרי הרפרקציה תלויה במזג אוויר, והמזג אוויר תלוי במקום, ועוד שאם מתחשבים ברפרקציה השמש בשקיעה לא נמצאת בדיוק באופק אלא היא ירדה כבר חצי מעלה מתחת לאופק והרפרקציה "מרימה" לנו אותה לאופק, והזמן שלוקח לשמש לרדת חצי מעלה תלוי ברוחב המדינה שכלל שהמדינה יותר צפונית השמש הולכת יותר עקום יחסית לאופק והיא יורדת יותר לאט.

והנה לגבי מה שהשמש יורדת מתחת לאופק אין נכון לעשות בזה ממוצע כי הדבר תלוי ברוחב המדינות ויש ארצות צפוניות שהשמש יורדת לאט מאד ויש ארצות דרומיות שהיא יורדת מהר ולכאוי' בסברא צריך ללכת אחרי אופק ירושלים וכמו שבחישוב המקום שהשמש מגיעה אליו בעמה"ש מחשבים לפי אופק ירושלים.

אבל לגבי מזג האוויר לכאוי' נ"ל שאין לקחת את מזג האוויר של ירושלים דוקא כי בחישוב הרפרקציה לפי מזג האוויר אנחנו מחפשים את "טבע העולם" - מהי

הרפרקציה הטבעית הרגילה, וא"כ אין סיבה לקחת דוקא את המזג אוויר שיש במקרה בירושלים שזה לא ילמד אותנו את הטבע הרגיל ורק לגבי משך הזמן שהוא תלוי בתנועת השמש אפשר ללכת אחרי ירושלים, אבל לגבי מזג האוויר צריך לקחת את הרפרקציה הממוצעת בעולם (שהיא 34/60 מעלות). ואולי אין לקחת את הממוצע של כל העולם שיש בו ארצות קרות וחמות עם הבדלים גדולים וניקח את הממוצע של א"י שהיא עיקר הישוב לגבי דיני התורה ולכאוף כד יותר מסתבר.

והר' מנת כתב (זמני ההלכה למעשה ח"ב עמ' כ"ג) שמחשבים לפי אזור ירושלים ות"א ולא לפי כל א"י ולא הבנתי למה ניקח פשרה כזאת של "אזור ירושלים ות"א" דוקא. עוד כתב הר' מנת (שם) שפשוט שגם אם נחשב לפי הממוצע של א"י צריך לחשב את מזג האוויר הממוצע בא"י אם לא היו הרים, ולא הבנתי מה הטעם בזה ולמה לא ניקח את המציאות כפי שהיא שהרי זאת הרפרקציה הממוצעת וודאי טבע העולם שיש גם הרים וזה משפיע על המזג אוויר.

ועדיין יש לדון שהמציאות היא שביום הבינוני אין הטמפרטורה הממוצעת של אותו יום שווה לטמפרטורה הממוצעת של כל השנה. ולכאוף נ"ל שצריך ללכת אחרי הממוצע השנתי ולא רק אחרי הממוצע של היום הבינוני שהרי אנחנו מנסים למצוא את "טבע" הרפרקציה, והרפרקציה עצמה משתנה מאד מיום ליום וא"כ א"א לקחת רק יום אחד וכך להחליט שזה הרפרקציה הבינונית ומה שלקחנו את היום הבינוני הוא רק כדי למצוא את האורך הממוצע של היום אבל אין דין מיוחד ביום הזה שנסתכל מה מזג האוויר שלו. והר' מנת (שם) כתב ללכת לפי מזג האוויר הממוצע של היום הבינוני ולא של כל השנה והסתפק אם הולכים אחרי היום הבינוני של ניסן או תשרי (שיש הבדל ביניהם במזג האוויר) והנלע"ד כתבתי.

עוד רציתי להעיר שלפי השיטה שמחשבים את מקום השמש מתחת לאופק במעלות בזמן צאה"כ ביום הבינוני יש לדון אם צאה"כ ביום הבינוני הוא 72 דקות אחרי השקיעה המישורית (עם התחשבות ברפרקציה) או 72 דקות אחרי השקיעה שהיתה נראית בירושלים אם היו רואים את השמש שוקעת בים (שהיא השקיעה ההלכתית בירושלים להרבה דעות) שאולי כיון שהגמ' דיברה באופק ירושלים לגבי מהלך השמש צריך להתחשב גם בגובה ירושלים או שגם כאן אנחנו מחפשים צאה"כ "טבעי" ומה שבמקרה ירושלים היא על הר גבוה לא משפיע על הטבע ומסתמא הגמ' דיברה בטבע

ממוצע, ומצד שני הרי רוב העולם ורוב א"י נמצאים על הר בגובה מסוים וא"כ עכ"פ נחשב את צאה"כ לפי הגובה הזה. והוא הבדל של 4.5 דקות בזמן צאה"כ אם נחשב לפי גובה ירושלים. ואולי צריך להחמיר כך עכ"פ לפי שיטת הגאונים שזמן צאה"כ מוקדם מאד ובמציאות קשה מאד לראות כוכבים כ"כ מוקדם ואם נאמר שלפי הגאונים צריך לחכות עוד 4.5 דקות זה יסתדר יותר עם המציאות.

פירוש דברי הירושלמי בתחילת זמן בין השמשות על פי הרפרקציה

איתא בירושלמי (ברכות פ"א ה"א) מח' מתי מתחיל זמן ביה"ש. שבברייתא של רבי בסתמא כתוב שזמן ביה"ש מתחיל כשמתחיל גלגל חמה לשקוע כלומר בתחילת השקיעה ור' חנינא הגיה שביה"ש מתחיל רק כשסוף גלגל החמה שוקע דהיינו בסוף השקיעה והירושלמי מביא לו סיעתא ונראה שכן מסקנת הירושלמי.

והביא ר"ת (בר"ן על הרי"ף ספ"ב דשבת) ראייה מכאן לשיטתו הידועה שבשקיעת השמש מעינינו עדיין לא נחשב ביה"ש עד שיגיע הזמן של "סוף" השקיעה ופירש ר"ת שהוא שלושה מילין ורבע אחרי שקיעת השמש מעינינו שאז סוף השקיעה ומתחיל ביה"ש.

ומהר"ם אלשקר (בשו"ת סי' צ"ד) פירש לפי דעתו כהגאונים החולקים על ר"ת שכוונת הירושלמי שיש כאן מח' אם מתחיל ביה"ש כבר מאז שעגול השמש מתחיל להיכנס מתחת לאופק – וזה תחילת שקיעה – או שמתחיל ביה"ש רק כשכל עגול השמש שקע מתחת לאופק – וזה סוף שקיעה. והוא הפרש זמן קטן של 40 רגעים. ופ"י המנחת כהן (מ"א פ"ז) שכל רגע הוא 2.5 שניות והכל ביחד יוצא 1/22.5 של שעה דהיינו 2:40 דקות (וכך יוצא באמת החשבון הממוצע בא"י בקו רוחב 32°)

⁹ הנוסחא לחישוב היא: (בקו רוחב 32 אם הרפרקציה 34/60 ורדיוס השמש 16/60) משך זמן שקיעת השמש בדקות =

$$4 * (\cos^{-1}(-\sin(34/60+16/60)/\cos(32)/\cos(\text{נטייה})-\tan(32)*\tan(\text{נטייה})))$$

$$-\cos^{-1}(-\sin(34/60-16/60)/\cos(32)/\cos(\text{נטייה})-\tan(32)*\tan(\text{נטייה})))$$

והנטייה היא בין 23.5 ל-23.55 וצריך לעשות את החשבון כמה פעמים בכל הנטיות והממוצע יוצא 2.67 דקות.

והמנחת כהן (מ"א פ"י) כתב שכוונת הירושלמי שתחילת שקיעה היינו כשגמרה עגולת השמש לרדת מתחת לאופק וסוף השקיעה היינו כשבצד השני של כדור הארץ כבר זרחה כל עגולת השמש ויש הפרש קטן ביניהם כי גם כשכל עגולת השמש כבר שקעה לנו עדיין השמש צריכה לעבור את עובי כדור הארץ כדי שתראה ליושבי הצד השני. והנה מבואר ביסו"ע שאין כמעט שינוי מראה גובה לשמש והיא נראית לכל יושבי כדור הארץ כמעט ביחד ואין לעובי כדור הארץ כמעט השפעה בגלל שהשמש מאד מאד רחוקה מאיתנו ואם נחשב את הפרש הזמן נמצא שלפי האסטרונומיה הישנה שהביא היסו"ע (מ"ג פ"ח) יהיה הפרש הזמן בערך 26.8 שניות ולפי האסטרונומיה המודרנית הוא בערך 1.4 שניות¹⁰ ולכאוי צ"ע לומר שהירושלמי דיבר על הפרש כ"כ מועט.

והנה מבואר בירושלמי שבזמן שהלבנה בתקופתה דהיינו שהיא באמצע החודש בניגוד האמיתי היא זורחת בדיוק בתחילת ביה"ש ובזה אין מח' בירושלמי אלא לכו"ע תחילת זריחת הלבנה הוא תחילת ביה"ש ובזה גופא המחלוקת – האם הלבנה זורחת מיד בתחילת השקיעה או רק בסוף השקיעה (ומבואר בירושלמי שה"ה שיש את אותה מח' להיפך - האם הלבנה שוקעת לפני שהשמש זורחת או בדיוק בזמן הזריחה). והנה המציאות היא שגודל הירח הנראה בשמים הוא בערך בגודל השמש ובזמן שהירח בניגוד הוא בצד הנגדי של השמש וא"כ בע"כ ברגע שהשמש מתחילה לשקוע הוא מתחיל לזרוח ובזמן שמרכז השמש על האופק גם מרכז הירח על האופק הנגדי וכשהשמש גמרה לשקוע הירח גומר לזרוח וביאר הפני משה לשיטת ר"ת שלמ"ד שהירח זורח בסוף השקיעה כוונת הירושלמי שבזמן הזה הירח מתחיל לעלות ולהזריח ולכאוי כוונתו שאז הוא מאד למעלה ומאיר טוב משא"כ שהוא עולה מהאופק בהתחלה אורו חיוור וחלש.

ולכאוי כל זה שייך לר"ת אבל לפי מהר"ם אלשקר קשה לבאר כן שהרי מתחילת שקיעה ועד סוף שקיעה יש סה"כ 2:40 דקות ואין כ"כ הבדל בתאורה של הירח. ונ"ל לומר שלפי מהר"ם אלשקר המח' כאן באיזה ניגוד מדובר כי יש שני סוגים של ניגוד –

¹⁰ הנוסחא לחישוב לפי האסטרונומיה הישנה שכתב היסו"ע היא:

$$\sin^{-1}(1/1210/\cos(32))^*240*2 = \text{השניות מאז שהשמש שוקעת לנו עד שתזרח בצד השני}$$

ולפי האסטרונומיה המודרנית:

$$\sin^{-1}(6378.14/149600000/\cos(32))^*240*2 = \text{השניות מאז שהשמש שוקעת לנו עד שתזרח בצד השני}$$

יש ניגוד גיאוצנטרי דהיינו שהירח רחוק מהשמש 180 מעלות אם מסתכלים על השמש והירח ממרכז כדור הארץ, ויש ניגוד טופוצנטרי דהיינו שהירח רחוק מהשמש 180 מעלות במבט מפני הקרקע במקום שהאדם עומד. וההפרש במקום הירח ממבט ממרכז הכדור לבין מבט מפני הקרקע הוא בערך מעלה אחת (בזמן שהירח באופק כמו במקרה שלנו) וא"כ למ"ד שהירח זורח בתחילת השקיעה מדובר על הניגוד הטופוצנטרי ולכן מיד כשהשמש מתחילה לשקוע הירח מתחיל לזרוח אבל המ"ד השני סבר שצריך לחשב בזמן הניגוד הגיאוצנטרי ואז במבט מפני הארץ המרחק בין השמש לירח הוא מעלה אחת יותר מ-180 והמציאות היא שגודל השמש והירח בשמים הוא בערך חצי מעלה וא"כ אדרבה אפי' אחרי שתיגמר שקיעת עגולת השמש לגמרי עדיין נצטרך לחכות 2:40 דקות עד שיתחיל הירח לזרוח (שהרי דרושות 2:40 דקות לנוע חצי מעלה וא"כ לוקח בערך 5:20 דקות לנוע מעלה שלימה, ולכן במקום שהירח יתחיל לזרוח מיד כשהשמש מתחילה לשקוע הוא יתחיל לזרוח רק 5:20 דקות אח"כ דהיינו 2:40 דקות אחרי סוף שקיעת השמש).

ולכאוי' לפי דבריי יהיה קשה עכשיו להיפך שאם אנחנו לוקחים את הניגוד הגיאוצנטרי איך מבואר בברייתא שהירח זורח בסוף שקיעת השמש הרי הירח מתאחר אחרי סוף השקיעה עוד 2:40 דקות. ונ"ל שיש לתרץ ע"ז שהברייתא התחשבה ברפרקציה וההשפעה של הרפרקציה היא בערך חצי מעלה שהשקיעה מתאחרת ולכן אומרת הברייתא שהירח יזרח בסוף השקיעה כי עיקום האור באוויר מאחר את השקיעה בחצי מעלה דהיינו 2:40 דקות.

ועדיין יש להקשות שאם נתחשב בעיקום האור באוויר א"כ כמו שיש רפרקציה לאור השמש יש גם רפרקציה לאור הירח וגם הוא יזרח חצי מעלה יותר מוקדם וא"כ חזרנו לאותו מצב שהירח יתחיל לזרוח לעינינו מיד כשהשמש מתחילה לשקוע לעינינו (כי אע"פ שבמבט מפני הארץ הוספנו מעלה אחת שהירח מתאחר מ"מ עיקום האור הוריד חצי מעלה לירח ואיחר את שקיעת השמש בחצי מעלה וזה מקזז את כל המעלה שהוספנו) ונ"ל שיש ליישב שרק בעיקום האור של השמש צריך להתחשב ולא בעיקום האור של הירח כי לגבי השמש באמת נראה את השמש שוקעת יותר מאוחר אבל בירח אמנם האור מתעקם ג"כ אבל אנחנו לא נצליח לראות את האור העקום בזמן הזריחה כי המציאות היא שאור הירח חלש מאד בזמן שהוא על האופק (כי האור עובר דרך

הרבה אוויר שבולע את האור) וא"א לראותו עד שיעלה קצת ולכן א"א להתחשב באור העקום כשלמעשה בפועל אנחנו לא רואים אותו ואליבא דאמת הירח נמצא עדיין מתחת לאופק ודו"ק.

ולגבי פי' המנחת כהן נראה מדבריו שם שאם הירח זורח סימן שעברה השמש את כל עובי כדור הארץ וכבר הגיעה סוף השקיעה ולא הבנתי איך יסתדרו דבריו עם המציאות שממ"נ אם דיבר בניגוד הטופוצנטרי א"כ הירח יזרח מיד כשהשמש תשקע לפני שתעבור השמש את עובי הארץ ואם דיבר על ניגוד גיאוצנטרי א"כ הירח יזרח הרבה אחרי שהשמש תעבור את עובי הארץ - שהרי כבר נתבאר שזה לוקח רק כמה שניות וצ"ע.

רפרקציה בקידוש החודש

הרמב"ם בהל' קידה"ח מפ"א עד פי"ט כותב חישוב לדעת אם יוכל להיראות הירח בתחילת החודש. סדר הדברים, שהרמב"ם כותב על השמש והירח ומסלול הירח (ועוד כמה נתונים ע"ש) איפה הם היו בזמן מסוים שנקרא "זמן העיקר" והוא בגי' ניסן ד' תתקל"ח, ואח"כ הרמב"ם כותב את המהלך ליום של השמש והירח. והרמב"ם כותב (בפי"ד ה"ו) שזמן החישוב הוא כמו שליש שעה דהיינו 20 דקות אחרי השקיעה של אותו יום. וביאר מהרלב"ח שם שזמן העיקר ג"כ הוא 20 דקות אחרי השקיעה הממוצעת ביום העיקר. ויש לדון האם הרמב"ם דיבר על השקיעה עם רפרקציה או בלי רפרקציה.

והנה מפורש ברמב"ם (פי"ז הכ"ד) שהחשבונות שלו בנושא קידה"ח לקוחים מהגויים וצריך לבדוק אם בזמן הרמב"ם הגויים כבר ידעו מהרפרקציה או לא.

ומצאנו שתלמי (שמוזכר הרבה במפרש שהרמב"ם לקח מדבריו) כבר כותב שיש רפרקציה בזמן השקיעה אלא שהוא לא כותב מה השיעור של הרפרקציה ורק באסטרונומיה החדשה המציאו נוסחאות איך לחשב את הרפרקציה. ונ"ל שיש מקום לומר שאמנם לא היו נוסחאות איך לחשב רפרקציה בזמן שהכוכב מעל האופק אבל לגבי השקיעה כשהכוכב נמצא על האופק אין צורך לומר שלא ידעו לחשב את

הרפרקציה כי החישוב הזה מאד קל למדידה שאפשר בקלות למדוד בשעון מתי השמש זורחת ושוקעת ביום תקופת ניסן שהיום והלילה צריכים להיות שווים לגמרי ואז לראות כמה זמן היה היום בפועל ומה שנוסף יותר מ-12 שעות בע"כ הוא בגלל הרפרקציה שהוסיפה זמן ליום.

ולכאוי בסברא כיון שבכל התורה "שקיעה" היינו עם רפרקציה, י"ל שכיון שנקט הרמב"ם סתם לשון של שקיעה התכוין לשקיעה עם רפרקציה. ויש לדחות שרק לגבי הדברים ההלכתיים השקיעה היא עם התחשבות ברפרקציה אבל באסטרונומיה הרבה יותר קל לחשב שקיעה בלי רפרקציה ולכן בלשון האסטרונומים סתם שקיעה יכול להיות גם שקיעה גיאומטרית בלי רפרקציה וכשהרמב"ם כתב את דבריו בהל' קידה"ח יתכן שדיבר בלשון האסטרונומים.

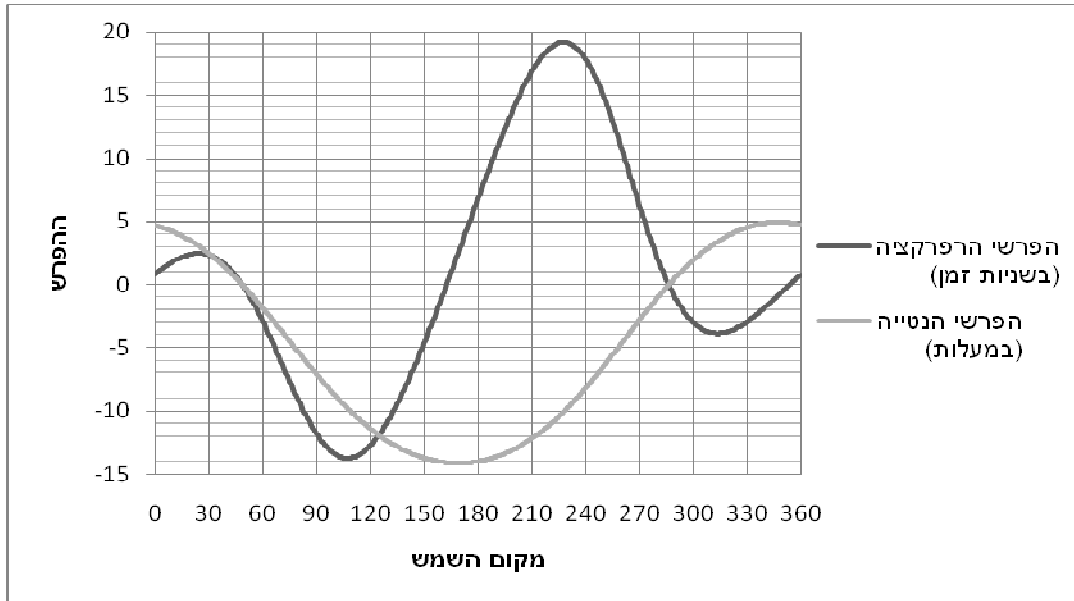
וכתב הר"ר י"י איידלר (בספר הל' קידה"ח עפ"י הרמב"ם עמ' 228) שהוא מצא שכל דבריו של הרמב"ם לגבי מהלך השמש והירח לקוחים מהתוכן אלבתני (שגם הוא הוזכר במפרש כמקור לרמב"ם) והוא חישב ומצא שאם נחשב את המהלכים כמו אלבתני נוכל לראות שאמצע השמש ואמצע הירח ושאר הנתונים בזמן העיקר לפי הרמב"ם הוא מתאים למש"כ אלבתני בזמן העיקר שלו שהיה 300 שנה לפני הרמב"ם (בט"ו אדר ד' תר"מ בשעה 11:10 לפי שעון אי"י הרגיל בזמנינו הנקרא בפי האסטרונומים UT+2). והוא יוצא מדויק רק אם הרמב"ם דיבר בזמן העיקר בשעה 18:00 (לפי שעון אי"י הרגיל בזמנינו UT+2). והנה זמן השקיעה הממוצעת בירושלים בלי רפרקציה הוא 17:39 וזמן השקיעה הממוצעת עם רפרקציה הוא 17:43 וא"כ כיון שמבואר במהרלב"ח שהחשבון של הרמב"ם היה 20 דקות אחרי השקיעה בע"כ שהרמב"ם לקח את השקיעה בלי רפרקציה שאז 20 דקות אחרי השקיעה הוא 17:59 והוא בערך 18:00 אבל אם ניקח את השקיעה עם רפרקציה יוצא 18:03 ומוכח שהרמב"ם לא התחשב ברפרקציה.

ולכאוי אין דברי הר"ר איידלר מוכרחים לגמרי כי גם לדבריו יש עכ"פ הפרש של כמה שניות בין דברי אלבתני לרמב"ם וא"א להסביר את ההפרש הזה. ואמנם הוא הפרש קטן אבל גם הפרש קטן צריך להסביר למה ישנה הרמב"ם קצת מדברי אלבתני. ודו"ק.

אמצע המסלול	אמצע הירח	אמצע השמש	
108.333	165.671389	342.81389	בזמן העיקר של אלבתני
13.06498286	13.17639871	0.98565177	המהלך ביום אחד
108866.2848	108866.2848	108866.2848	הימים שעברו מהעיקר של אלבתני ועד זמן העיקר של הרמב"ם בשעה 18:00
3950*360+ 336.1448386	3984*360+ 225.5741226	298*360+ 24.24628139	המהלך בכל הימים שעברו
84.47817198	31.2455115	7.06017028	לפי"ז יוצא בזמן הרמב"ם
84.47833	31.245278	7.058889	וברמב"ם כתוב
0.581	-0.841	-4.613	ההפרש בשניות קשת

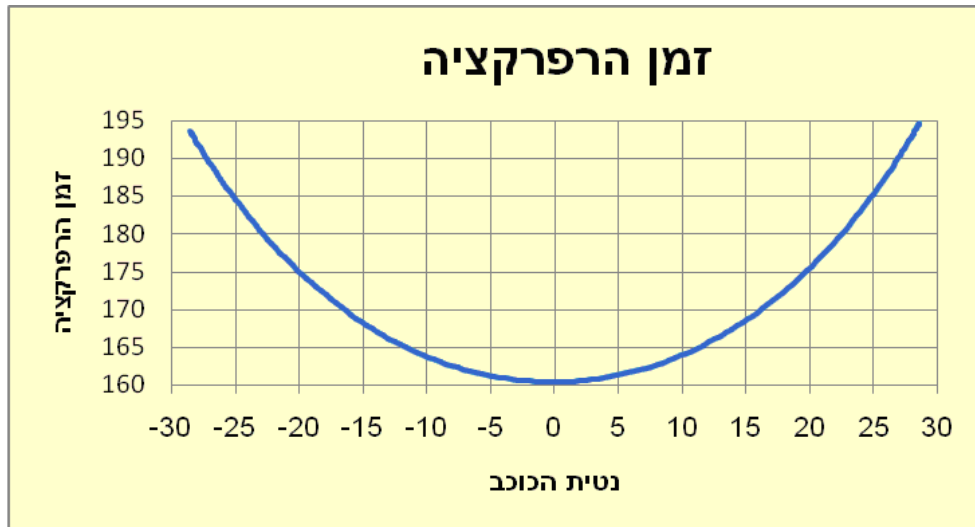
ועוד שבמהלכים שהרמב"ם נותן יש לפעמים שינוי בין הרמב"ם לאלבתני ואולי הרמב"ם קצת שינה מאלבתני ואכמ"ל וצ"ע.

עוד יש לדון בדברי הרמב"ם בהל' קידה"ח שם שהרמב"ם מחשב את "קשת הראיה" והיא קשת על קו המשווה השמימי השווה למשך הזמן שעובר בין שקיעת השמש לשקיעת הירח וזה נצרך לחשבון כי אם הירח שוקע מהר אחרי השמש לא יצליחו העדים לראותו. וגם כאן יש לדון אם הרמב"ם חישב את קשת הראיה על שקיעה עם רפרקציה או בלי רפרקציה. והנה כמעט שאין נפ"מ כאן לרפרקציה כי כמו שיש רפרקציה לשמש יש רפרקציה לירח ונמצא שהפרש הזמן בין שקיעת השמש לשקיעת הירח כמעט שווה בין אם נתחשב ברפרקציה ובין אם לא, ורק יכול להיות נפ"מ קצת כי השמש והירח לא נמצאים באותו מקום בשמים, והזמן שנדרש לכוכב לרדת מתחת לאופק כך שעם הרפרקציה הוא יראה באופק בדיוק תלוי בנטייה שלו דהיינו במרחק שלו בשמים מקו המשווה ויכול להיות בליל הראיה הבדל בין הנטייה של השמש לנטייה של הירח והבאנו כאן דוגמא במרכז א"י בקו רוחב 32 בזמן שהרוחב 5 דרומי והמרחק בין השמש לירח 24 מעלות:



ויוצא שיכול להיות הפרש בזמן שהשמש והירח יורדים את זוית הרפקציה של 19 שניות דהיינו הפרש של 0.08 מעלות בקשת הראיה.

והבאנו כאן דוגמא כמה זמן לוקח לכוכב שידוע הנטייה שלו לרדת את זוית הרפקציה במרכז א"י בקו רוחב 32 :



ולכאוי לא ניתן לברר האם הרמב"ם התחשב ברפרקציה בחישוב קשת הראיה כי מבואר ברמב"ם בתחילת דבריו (פי"א ה"ה) שיש אי דיוקים גדולים בכל החשבון שלו והוא עשה כן בכוונה כדי שיהיה החשבון פשוט וכאן ההפרש הוא בד"כ די קטן ויתכן מאד שהרמב"ם לא התחשב ברפרקציה כדי שיהיה יותר פשוט כיון שהוא שינוי קטן. אבל לכאוי בסברא יש מקום לומר שכיון שנזכר כאן "שקיעה" בפשטות הכוונה עם רפרקציה כמו בכל התורה. ודו"ק.

רפרקציה בתקופות ומולדות

הנה משך הזמן שבין מולד למולד ובין תקופה לתקופה ניתן לנו בשיעור של ימים ושעות (דהיינו כ"ט יום י"ב שעות ותשצ"ג חלקים למולד וצ"א יום ז' שעות וחצי לתקופה). והמציאות היא שאין משך היום קבוע בכל השנה, שבחורף הימים קצרים והלילות ארוכים ובקיץ הימים ארוכים והלילות קצרים. והסתפקו תוס' (עירובין נו.) אם מחשבים את השעות בשעות שוות או בשעות זמניות שמצד אחד הרי ודאי מהלך השמש והירח הממוצע לא מושפע מאורך היום ומצד שני יש משמעות בגמ' שכשהתקופה בשעה 0:00 (בתחילת הערב) היא בדיוק בשקיעה. ונפ"מ לדינא בזה לגבי סוף זמן ברכת הלבנה שהוא אחרי ט"ו יום מהמולד או אחרי חצי חודש מהמולד (עי' שו"ע או"ח סי' תכ"ו ס"ג) איך נחשב את שעות המולד. וכן נפ"מ לגבי המנהג שאין שותים מים ברגע התקופה איך לחשב מתי התקופה.

וכתבו ראב"ח (ספר העיבור ש"א פ"ו) והיסו"ע (מ"ב פי"ג) שבע"כ צ"ל שכוונת חז"ל בחשבון המולדות היתה לחשב לפי השעות שבארצות שבקו המשווה שבהם בכל השנה הימים תמיד שווים ללילות (ושם באמת תמיד בשעה 0:00 הוא השקיעה). וכ"כ התשב"ץ (ח"א סי' ק"ט) והיעב"ץ (עירובין נו.) והשב יעקב (סי' א'). והרמב"ם (מאמר העיבור מ"א פ"א) והאבודרהם (בריש סדר העיבור) כתבו שהוא שעות מעוותות שיש 12 שעות ביום בכל ימות השנה ולכאוי כוונתם לשעות זמניות (וכן ביסו"ע מ"ב פי"ג ובאבן עזרא בכלי נחושת שער ו' קראו לשעות זמניות "שעות מעוותות"). והתוי"ט (בתשובה שהובאה בשו"ת צמח צדק סי' י"ד) כתב שלפי האמת היה צריך לחשב בשעות זמניות אבל לא נהגו כן והנח להם במנהגם. וכתב עליו הפר"ח (או"ח ס"ס תכ"ח) שאין דבריו

נכונים שאין השעות האלו שעות זמניות אלא מעוותות. ולכאוי כוונתו מעוותות לשעות שוות שהן מעוותות יחסית ליום וכן הבין השם אריה (יו"ד סי' כ"ח) וכן נראה במחה"ש (סי' תנ"ה) וקשה שנקט כלשון הרמב"ם "מעוותות" ואולי הבין שגם הרמב"ם כוונתו לשעות שוות וצ"ע.

והנה מבואר בתשב"ץ (ח"א סי' ק"ט) שכיון שמחשבים בשעות שוות א"כ אם הלילה ארוך 15 שעות, תהיה שעה 12:00 למולדות 3 שעות לפני הנץ ומבואר שמונים את השעות מהשקיעה. וכ"כ בשו"ת דבר שמואל (סי' רי"ג) וביאר שהולכים אחרי השקיעה של א"י. והלבוש כתב (או"ח סי' תכ"ח סס"ה) שאמנם כך נוהג העולם אבל האמת היא שכיון שלא לוקחים את שעות אותו היום א"כ אין היום מתחיל בשקיעה האמיתית באותו יום אלא מחשבים כאילו השקיעה היתה 6 שעות אחרי חצות היום וזאת השקיעה הממוצעת ולגבי מולדות זה תחילת היום ואח"כ מחשבים בשעות שוות. ולכאוי כך יוצא באמת אם נלך אחרי הארצות שבקו המשווה. וסיים הלבוש ש"שומר פתאים ה"י (לגבי זמן התקופה שהוא חשש סכנה) וכ"כ הצמח צדק שאין לשנות מן המנהג. והמחה"ש (סי' תכ"ב) כתב שהיום נהגו כהלבוש (והביא שגם הפר"ח הסכים ללבוש, ולא מצאתי כן בדבריו שהוא דיבר רק על שעות שוות וזמניות ולא על מתי מתחיל היום וצ"ע). וכן נראה בשב יעקב (סי' א').

ובליקוטי מהרי"ל (סקס"ו) כתב שמהרי"ל היה מחשב בכל השנה מהשקיעה האמיתית והיה מחמיר 3 שעות לפני התקופה ואחרי התקופה לא לשתות מים שמא עכשיו התקופה. וביאר הצמח צדק (סי' י"ד) שהיה מסתפק אולי כדברי הלבוש ולכן היה מחמיר גם לחשב את השקיעה הממוצעת שהיא 6 שעות אחרי חצות ובאמת לא היה מחמיר בכל השנה 3 שעות לפני השקיעה האמיתית ו-3 שעות אחריה אלא בכל פעם החמיר לחשב לפי זמן השקיעה הממוצעת ויצא לפעמים 3 שעות לפני ולפעמים 3 שעות אחריה ולכאוי לא משמע כן בלשון מהרי"ל אלא תמיד היה מחמיר. וגם יש להקשות שבאשכנז שבה היה גר מהרי"ל ההפרש הכי גדול בין השקיעה הממוצעת לשקיעה האמיתית הוא רק שעתיים וחצי ולמה החמיר 3 שעות. ועוד שהרי מבואר בדבר שמואל שצריך לחשב לפי אופק א"י וא"כ בא"י אין הבדלים כ"כ גדולים בזמני השקיעה וההפרש הכי גדול בין השקיעה האמיתית לממוצעת הוא בערך שעה ובע"כ שסבר מהרי"ל להחמיר 3 שעות לפני התקופה ו-3 שעות אחריה מצד אחר שסבר שזה

הזמן שצריך להחמיר בו לא לשתות מים וכ"מ בכנה"ג (יו"ד סי' קט"ז הגהב"י סקל"ו) שהביא את מהרי"ל וכתב שלא ראה נוהגים להחמיר כ"כ אלא מחמירים חצי שעה לפני התקופה אחריה ובדבריו אין לומר שחששו לשיטת הלבוש כי א"כ לא די בחצי שעה. וכן מבואר בספר ברית עולם (לר' חיד"א על ספר חסידים סי' תתנ"א) שיש מחמירים הרבה זמן ולכאוי' כוונתו למהרי"ל.

והנה המציאות היא שגם בקו המשווה אמנם הלילות בכל השנה שווים לימים אבל אין אורך היממה קבוע אלא לפעמים היום והלילה יחד הם 24:01 שעות ולפעמים הם 23:59 שעות וזה גורם שזמן חצות היום משתנה בכל יום. ולכאוי' לפי הסברא שכתבו הראב"ח והיסו"ע שההלך הממוצע לא מושפע מאורך היום א"כ גם בזה אין להתחשב וצריך לקחת תמיד יום של 24 שעות בדיוק ויוצא שכל זמני היום לא מתחילים 6 שעות אחרי חצות האמיתי באותו יום אלא אחרי חצות קבוע. ומצד שני הרי הלבוש הזכיר את חצות ומפורש בדבריו שהוא כשהשמש בראש כל אדם שהוא חצות האמיתי וכן ראב"ח והיסו"ע הזכירו שמחשבים לפי הארצות שבקו המשווה ובהם יש שינוי בחצות. ויש לדחות שלא דקו בזה ומצינו שהר' רפאל הלוי מהנובר בספרו לוחות העיבור (ח"א הערה שנייה) כתב שמחשבים תמיד לפי 24 שעות קבועות כאילו כל ימי השנה שווים זה לזה ומשמע שלוקחים חצות קבוע וכן בספר תכונת השמים (בסי' מ"ט, נ"י) כתב שלגבי מולדות מחשבים משקיעה ממוצעת והאריך שם לבאר איך מחשבים את חצות האמיתי והממוצע ונראה מכל דבריו שם שצריך לתקן את זמן חצות לפי החצות הממוצע ולא לפי החצות האמיתי באותו יום. וכ"כ הר' מרצבך (עלה יונה עמ' ל"א) (וכתב שמחשבים כל מקום לפי האופק שלו ולא לפי אופק א"י, ולא הבנתי שהרי מפורש בדבר שמואל שהולכים אחרי אופק א"י ומנליה לחלוק עליו). והר' טיקוצ'ינסקי כתב שצריך לחשב את זמני המולדות לפי חצות האמיתי כפשטות הלבוש.

והנה אם החישוב הוא לפי חצות קבוע צריך לדון באיזה חצות מדובר ולכאוי' בסברא אין עדיפות ליום אחד על חבירו ומסתבר שניקח את חצות הממוצע וכן מבואר לכאוי' בתכונת השמים ובלוחות העיבור כמו שנתבאר וכ"כ הר' מרצבך (שם) (אלא שהזכיר שם את חצות של זמן התקופה וכנראה חשב שבזמן התקופה חצות האמיתי שווה לממוצע, ובמציאות יש הבדל ביניהם גם ביום התקופה ואכמ"ל בטעם הדבר) ואולי יש מקום לומר שחז"ל כשקבעו לנו את הלוח חישבו לפי החצות האמיתי של

אותו יום שבו נוסד הלוח, אלא שאנחנו לא יודעים באיזה תאריך בדיוק קבעו חז"ל את הלוח וא"כ לא נוכל לדעת באיזה חצות מדובר, ואמנם מבואר בתשובת רס"ג שקבעו את הלוח בשנת ד"א קי"ט אבל לא ידוע לנו באיזה תאריך בשנה הזאת החליטו לקבוע.

והנה המציאות היא שבזמן גדול של מאות שנים אורך החודש הממוצע אינו קבוע כי השמש לאט לאט ממהרת במהלכה והירח לאט לאט מאט במהלכו, וגם אורך הימים עצמם מתקצר והולך וזה עושה שינויים במשך החודש הממוצע. ולכאוי מה שחז"ל לא התחשבו בזה בחשבון המולדות הוא כי ההפרש הוא קטן מאד ואין צורך לדקדק עד כדי כך ולקחו את אורך החודש בזמנם. ובאמת בזמן קביעת הלוח משך החודש היה כמעט בדיוק 29 יום 12 שעות ו-793 חלקים (משא"כ בזמנינו הוא בערך 792.8 חלקים) ואם נבדוק לפי החישובים של האסטרונומיה בימינו מתי היה המולד הממוצע בזמן קביעת הלוח יוצא שאם נחשב לפי חצות הממוצע היה המולד הממוצע 17 דקות לפני המולד של חז"ל.

ואולי לפ"ז נאמר שחז"ל קבעו את הלוח לפי חצות קבוע של 17 דקות אחרי החצות הממוצע ואז יוצא שהמולד שקבעו חז"ל היה בדיוק בזמן המולד במציאות בתקופתם. ובאמת באותה שנה היה יום שחצות האמיתי היה 17 דקות אחרי חצות הממוצע והוא בכ"ג שבט (07/02/359 בלוח הלועזי היוליאני) והוא החצות הכי מאוחר באותה שנה ויש מקום לומר שבכוונה לקחו את המאוחר ביותר באותה שנה שהיה מקובל באסטרונומיה העתיקה לחשב הכל לפי החצות המוקדם ביותר או המאוחר ביותר וכך עשה תלמי (כן כתב הר"ר יעקב לוינגר במאמר על מולד הלוח וביתר פירוט במאמר באנגלית של הר"ר אידלר בבד"ד 16) וממילא אפשר לומר שגם חז"ל חישובו לנו לפי החצות המאוחר ביותר ודו"ק.

אלא שקשה מאד לסמוך ע"ז כי בזמן כ"כ רחוק אין חישובי האסטרונומיה המודרנית כ"כ מדויקים ובפרט חישוב ה-"delta T" (שהוא מודד את ההפרש בין היממה לפי השעונים האטומיים והיממה במציאות) אינו מדויק בכלל וכתוצאה מכך יש שינויים גדולים בחישוב זמן המולד וכאן נעשה החישוב אם באותה שנה ה-"delta T" היה בערך 5985 שניות כמו שיוצא לפי הנוסחאות שכתב מיאוס לשנים האלה, ואם נחשב לפי הנוסחאות החדשות יותר של נאס"א היה ה-"delta T" אז 7100

שניות ולפי"ז יוצא ההפרש בין המולד הממוצע במציאות בשנת ד"א קי"ט לבין המולד של חז"ל 35 דקות וממילא נפל כל מה שנתבאר כאן. וכן לגבי מהירות הירח החישוב נעשה כאן לפי הנוסחאות מספרו של מיאוס בשנת 1983 אבל אם נחשב לפי הנוסחאות של מיאוס בשנת 1991 יוצא שהמולד במציאות מאוחר יותר ב-8 דקות וההפרש בין המולד של חז"ל למולד במציאות הוא רק 9 דקות. וממילא א"א לסמוך על כל זה.

ועוד שלא מסתבר שחז"ל יקחו את חצות המאוחר ביותר כי זה רק מסבך את החשבון שהרי לחישוב שעת חצות האמיתי צריך תמיד לחשב את חצות הממוצע ואז לעשות תיקון לחצות האמיתי¹¹. ואם נחשב לפי החצות המאוחר ביותר נצטרך לחשב קודם בכל הימים של השנה מהו החצות האמיתי ורק כך נדע מהו החצות הכי מאוחר ולמה נסתבך כ"כ לחינם.

ומה שמצאנו שתלמי עשה כך הוא כי כתב היסודי"ע (מ"ג פ"ו) בשמו שהוא חשב שנקודת גובה השמש לא משתנה (נקודת גובה השמש היינו המקום שבו השמש הכי רחוקה מכדור הארץ והוא משפיע על ההפרש שבין מקום השמש האמיתי למקום השמש הממוצע וכתוצאה מכך על זמן חצות) וכן סבר תלמי שהנטייה בין קו המשווה לגלגל המזלות ג"כ לא משתנה וממילא לפ"ז יוצא שבכל השנים השינוי בין הימים בשעה של חצות הוא קבוע ובכל השנים החצות המאוחר ביותר הוא לדעתו בשעה 12:19:14 ב-5 בפברואר (בלוח הלועזי הגריגוריאני) והחצות המוקדם ביותר הוא לדעתו בשעה 11:45:41 ב-28 באקטובר ולכן ניתן ללכת אחרי החצות המוקדם או המאוחר כי תמיד צריך להוסיף 19 דקות לחצות המאוחר ולגרוע 14 דקות לחצות המוקדם והוא העדיף לקחת אותם כי הוא רצה לעשות לוח קבוע לכל השנים מתי יהיה חצות האמיתי בכל ימות השנה ולא רצה להסתבך בלוח שלו שלפעמים חצות האמיתי לפני הממוצע ולפעמים הוא אחרי הממוצע ולכן לקח תמיד את המוקדם ביותר שהוא 14 דקות לפני חצות הממוצע ועליו תמיד צריך להוסיף כדי להגיע לחצות האמיתי או

¹¹ דרך החישוב של שעת חצות האמיתי היא :

$$\text{התוספת לחצות בשעות} = 15 / (\text{שמש ממוצע} - (\text{שמש אמיתי}) * \tan(\text{נטיית מזלות})) * \tan^{-1}$$

וצריך להוסיף את הזמן הזה לחצות הממוצע (ולפעמים צריך להוסיף עוד 12 שעות או 24 שעות).

שלקח את המאוחר ביותר שהוא 19 דקות אחרי הממוצע וממנו תמיד צריך להוריד. אבל הרי המציאות שגובה השמש נע במהלך השנים ונטיית המזלות מקו המשוה משתנה עם השנים וזה משנה במהלך השנים את זמן חצות של כל יום מימות השנה (ולכן בזמנינו החצות המאוחר ביותר הוא רק 14:14:12 ב-10 בפברואר והמוקדם ביותר הוא 30:43:11 ב-3 לנובמבר) וא"כ הרבה יותר מסובך ללכת אחרי חצות מאוחר או מוקדם ולחשב בכל פעם מהו החצות הכי מאוחר בשנה הזאת.

ואולי עדיין י"ל שכיון שהשינוי בזמן של חצות איטי יחסית וההפרש מורגש רק אחרי הרבה זמן (בערך 50 שנה) יתכן שקבעו בכל תקופה ארוכה לוח לפי מקום גובה השמש של הזמן הזה (וכמו שעשה הרב טיקוצ'ינסקי לוח קבוע שמבוסס על גובה השמש בזמנו ובאמת בימינו כבר אינו מדוייק) ולפי הלוח הזה נתנו לנו חז"ל את חשבון המולדות. וצ"ע.

ובספר בירור הלכה (ח"ד סי' תכ"ו) כתב בגלל הספיקות כאן שצריך לקחת את החצות המוקדם ביותר בשנה וכתב שצריך לחשב לפי זמן בריאת העולם שממנו מתחיל חשבון המולדות וכתב שהוא רבע שעה לפני החצות הממוצע. ואני חישבתי לפי האסטרונומיה המודרנית של זמנינו ויצא לי שהחצות המוקדם ביותר בבריאת העולם הוא 16:46:11 ב-16 ליוני אבל כבר נתבאר לעיל שקשה מאד לחשב במדויק בזמן כ"כ רחוק. ולענ"ד נראה שאפשר לסמוך בזה על בעל תכונת השמים שהוא מרא דשמעתא בכל ענייני התכונה והוא סבר שלקחו חצות ממוצע.

ויש לדון האם יש משמעות לרפרקציה לגבי זמני המולדות. והנה אם היום מתחיל בשקיעה לכאוי הדבר ברור שהוא מתחיל מהשקיעה ההלכתית עם התחשבות ברפרקציה. (ואם הוא שעות זמניות הדבר תלוי איך מחשבים שעות זמניות כמו שנתבאר לעיל) וכן אם נבדוק את זמן המולד הממוצע בזמן חז"ל כמו שרציתי לומר אין נפ"מ ברפרקציה וצריך לבדוק מתי היה המולד הממוצע. ורק אם נלך אחרי ששעות אחרי חצות הממוצע יש לדון האם נלך אחרי ששעות בדיוק אחרי חצות הממוצע שהוא זמן השקיעה הגיאומטרית הממוצעת או שנלך אחרי השקיעה הנראית הממוצעת שהיא 4 דקות אח"כ.

ולכאוי הלילה ההלכתי מתחיל בשקיעה הנראית וא"כ למה נתחשב בשקיעה הגיאומטרית שאין בה נפ"מ להלכה. ויש לדחות שכבר נתבאר שבלשון האסטרונומים

סתם שקיעה יכולה להיות בלי רפרקציה ויתכן שכאן נלך אחרי השקיעה של האסטרונומים כיון שמולד הוא חשבון אסטרונומי.

והנה אין להקשות שאם נתחשב ברפרקציה שוב לא יהיו השעות שוות, כי הרפרקציה לא משפיעה על השעות שהרי אנחנו לוקחים בכל יום את השקיעה הנראית הממוצעת וא"כ גם למחרת יגמר היום רק בשקיעה הנראית הממוצעת ונמצא שיש ביניהם בדיוק 24 שעות שוות.

וגם אין לומר שכמו שהתחשבנו ברפרקציה בשקיעה נצטרך להתחשב ברפרקציה בזריחה ונמצא ששעות היום הם 12:08 ושעות הלילה הם 11:51 ואין השעות שוות כי לגבי המולדות אין לזריחה שום נפ"מ ואין צורך כלל לחשב מתי הזריחה ומחשבים 24 שעות מהשקיעה הנראית ואלו שעות היום לגבי המולדות.

והנה הלבוש כתב לחשב 6 שעות אחרי חצות וגם אם נאמר שמה שהזכיר חצות האמיתי הוא לאו דוקא וכוונתו לחצות הממוצע ס"ס צריך להוסיף עוד 4 דקות לשקיעה הנראית והיה לו להזכיר אותם. ויש לדחות שלא דק פורתא (שהרי הלבוש כאן לא דיקדק בדבריו אפי' לגבי חצות האמיתי והממוצע אע"פ שהוא שינוי גדול שיכול להגיע ל-17 דקות) ועדין יש מקום להוכיח מספר לוחות העיבור שכתב איך לחשב את זמן המולד ולא התחשב ב-4 דקות האלה ובדבריו קשה לומר שלא דק כי כתב שם דברים מדוקדקים מאד. (ובלוחות בזמנינו נוהגים לכתוב לפי חצות הממוצע ולא מתחשבים ברפרקציה).