



אתר דעת * לימודים * גיליון 19 * תשפ"ג * 2022/23

כניסת השבת ויציאתה בקוטב

חצות, זריחה, שקיעה ו"לילות לבנים" בקטבים ובאזורים הסמוכים להם

רחמים שר שלום

בעקבות ביקור בקוטב הצפוני

תוכן העניינים :

תקציר

- א. דעות שונות על זמני כניסת השבת ויציאתה בקוטב
- ב. הבחנה בין אזורי הקוטב השונים ובינם לבין אזורי הצירים
- ג. זריחות ושקיעות בקוטב בקווי רוחב שונים
- ד. מהלך השמש לאורך השנה בקו הרוחב 66°N
- ה. מהלך השמש לאורך השנה בקו הרוחב 68°N
- ו. מהלך השמש לאורך השנה בקו הרוחב 70°N
- ז. מהלך השמש לאורך השנה בקו הרוחב 72°N
- ח. מהלך השמש באזורי הקוטב הצפוניים יותר
- ט. מהלך השמש באזורי הצירים של כדור הארץ
- י. צאת השבת באזורים הסמוכים לקוטב - לילות לבנים

נספחים

1. ביקור בקוטב הצפוני
2. חילופי העונות בין חצי הכדור הצפוני לחצי הכדור הדרומי
3. ארבע נקודות המפנה של כדור הארץ במסלולו מסביב לשמש
4. הגורם לחילופי העונות ולשינויים באורך הימים והלילות
5. הרפרקציה והשפעתה על זמני הזריחה והשקיעה.
6. דמדומי זריחה ושקיעה בספרות המקצועית ובהלכה

תקציר

היממה ביהדות מתחילה ומסתיימת עם שקיעת השמש. את כניסת השבת והמועדים אנו מקדימים עם "תוספת" של 20-40 דקות לפני השקיעה (לפי מנהגים שונים) ואילו את צאת השבת מאחרים לשעת צאת הכוכבים שברוב אזורי העולם שיעורו דומה לתוספת בכניסת השבת כנ"ל.

באזורי הקוטב אין השמש שוקעת בקיץ לאורך תקופה שנמשכת בין מספר ימים ועד ששה חודשים. אורך התקופה בה השמש אינה שוקעת תלוי ברוחב הגיאוגרפי של המקום. ככל שהמקום קרוב לציר, רב מספר הימים שהשמש לא שוקעת בהם בקיץ. ביום שקדם לתקופה בה השמש זורחת ואינה שוקעת, נראית השמש שוקעת באופק צפון סמוך לחצות הלילה וזורחת אחרי שעה קלה ובימים הבאים היא נראית בחצות הלילה זורחת מעל אופק צפון ושוב אינה שוקעת (תופעה הידועה בשם "שמש חצות") אלא ממשיכה להקיף את שמי הרקיע הקפה מעגלית. היא מתחילה את הקפתה מעל אופק צפון לכיוון מזרח תוך התרחקות מהאופק ונראית מטפסת לכיוון דרום ובצהריים מגיעה השמש לשיא גובהה בשמיים. מנקודה זו היא יורדת לכיוון מערב, ממשיכה בהקפתה ובחצות הלילה מגיעה שוב לאופק צפון. לצופה נדמה שהנה היא עומדת לשקוע אבל היא לא שוקעת אלא ממשיכה את הקפתה לכיוון מזרח כמו ביום הקודם.. ניכר לעין שנקודת הצפון בו שקעה ביום הקודם (היום שלאחריו זרחה ולא שקעה) היא נקודת סיום של יממה ותחילתה של יממה חדשה. מתיאור זה נוכל להסיק שבימים בהם אין השמש שוקעת, שעת חצות הלילה תהיה השעה בה תיכנס השבת וגם תצא למחרת. לשעת חצות הלילה יש להוסיף 40 דק' לפני כניסת השבת ו-40 דקות בצאתה.

ולהפך בחורף: השמש עוברת להאיר את אזורי הקוטב הצפוני מצד דרום. הימים קצרים והלילות ארוכים. כאשר השמש יורדת סמוך לחצות היום אל מתחת לאופק דרום ושוקעת, זו השעה בה מסתיימת היממה. ביום שישי השבת תיכנס כאן 40 דקות לפני חצות היום ותצא בשבת 40 דקות אחרי חצות היום. גם בימים הבאים כאשר השמש אינה זורחת כאן, השבת תיכנס בחצות יום שישי ותצא בחצות שבת כנ"ל.

לילות לבנים. באזורים שמחוץ לקוטב בהם השמש שוקעת בקיץ לפני חצות הלילה וזורחת אחרי חצות הלילה, הלילות בעיצומו של קיץ קצרים ואור דמדומי השקיעה של בין השמשות עם אור דמדומי הזריחה של עלות-השחר מתאחדים ויוצרים לילות מוארים כיום, שנקראים בשפה העממית "לילות לבנים". השמש אומנם שקעה אבל שמי האזור מוארים כל הלילה ואין רואים כוכבים. לכן אין השבת יכולה לצאת כאן אחרי 40 דקות. בימינו התפשט המנהג שהשבת יוצאת כאן אחרי חצות הלילה כי אור הדמדומים שאנו רואים אחרי חצות הלילה הוא אור עלות השחר של יום ראשון.

תופעת הלילות הלבנים מצויה גם באזורי הקוטב.

בתקופה שלפני ואחרי הימים בהם רואים באזורי הקוטב את שמש חצות, השמש נמצאת מתחת לאופק וכל עוד אין היא רחוקה מהאופק היא מאירה את שמי האזור באור הדמדומים למשך כל הלילה, גם בימים אלה תהיה כניסת השבת וצאתה בקיץ בחצות הלילה.

במאמר שלפנינו מציג המחבר נתונים עם הסברים על תופעת "שמש חצות" בקיץ באזורי הקוטב ועל התופעה שבאזורי הקוטב יש ימים בהם אין השמש זורחת בחורף עם ציון השעות והתאריכים ומשך הזמן שאין השמש שוקעת או זורחת בהם. ובניגוד לדעות השונות ניתן ללמוד מהזמנים המוצגים כאן שיש לקבל את פסיקתו של הרב שלמה גורן זצ"ל, לפיה במקומות בהם אין השמש שוקעת בקיץ, זמן כניסת השבת ויציאתה הוא בחצות הלילה ואילו במקומות בהם אין השמש זורחת בחורף תהיה כניסת השבת וצאתה בחצות היום.

בחלקו השני של החיבור הובאו נספחים - מאמרים שנועדו להוסיף הסבר ולהבהיר עניינים שונים שנידונו במאמר.

א. דעות שונות על זמני כניסת השבת ויציאתה בקוטב

באנציקלופדיה התלמודית בערך "יום" (כרך כ"ב עמוד שצ"ז) מובאות דעות שונות בנושא זמני כניסת השבת ויציאתה באזורי הקוטב כאשר אין השמש זורחת בחורף או לא שוקעת בקיץ. הנה חלק מהדעות:

1. מקום שבו אין זריחה ושקיעה בכל יום - מי שנמצא שם פטור ממצוות השבת ומשאר המצוות התלויות במניין הימים.

2. כל זמן שרואים את השמש שלא שוקעת נחשב יום וכל זמן שאין השמש זורחת ולא רואים את השמש נחשב לילה ואם בא לשם ביום חול, כל זמן שהוא יום הרי הוא חול גמור, ואם בא לשם בשבת הרי הוא כולו שבת.

3. כניסת השבת ויציאתה יהיו לפי השעה (בשעות) שהשבת נכנסת ויוצאת במקום האחרון ממנו האדם יצא, וישבו עדיין יש שבת "נורמלית". לפי זה שני אנשים שיצאו ממקומות מרוחקים, כגון אחד יצא מאירופה ואחד מאמריקה, גם אם שניהם הגיעו לאותו מקום לכל אחד מהם יהיו כניסת השבת ויציאתה בשעות שונות לחלוטין.

4. לפי דעה שמובאת בפרסומים של "המרכז העולמי למענה הלכתי באינטרנט" אסור לגור במקומות כאלו מאחר שמפקיע מעצמו את מצוות היום, כי אין שם חובות כתפילין וציצית. ואי אפשר להתיר לשהות שם אלא בצורך גדול מאד.

5. בפרסום הנ"ל מובאת שאלה על "יהודי הנמצא באלסקה ובקוטב איך הוא מחשב את הזמנים לעניין שבת תפילה תפילין וכדו'" והשיבו שם שדעת רוב הפוסקים היא שסופר 24 שעות ולפי זה מחלק את היום לענייניו וסופר את הימים לפי הזמן שיצא משם.

6. לפי דעה שמוצגת באתר "עולמות" בתוכנית השיעורים על זמנים בארצות הצפוניות "משעה שתגיע חמה לנקודת המזרח ועד הגיעה לנקודת המערב הוא יום ובזמן שעוברת ממערב למזרח הוא לילה"¹

7. לסיום נציג את פסק ההלכה של הרב שלמה גורן זצ"ל שהובא בספרו "תורת השבת והמועד": במקום שאין שקיעה של השמש בקיץ רואים את השעה 23.30 כשעת כניסת השבת מבחינת ההלכה ושעת 00.40 כשעת צאת השבת למחרת. ובאמצע החורף בחודשים בהם אין זריחה ואין אור יום, זמן כניסת השבת יהיה ביום שישי בשעה 11.30 וזמן צאתה יהיה למחרת בשעה 12:40 בקירוב. פסק הלכה זה אכן נכון ומתאים למציאות השוררת בקוטב.

בפרקים הבאים נתאר את התופעות המיוחדות לקוטב שם יש אזורים ותקופות בהם השמש לא שוקעת בקיץ ולא זורחת בחורף. ולאור הנתונים והזמנים שנציג על מהלכה של השמש, יוכל הקורא להגיע למסקנה אליה הגענו שמכל הדעות ראוי לקבל את פסיקתו של הרב גורן.

ב. הבחנה בין אזורי הקוטב השונים לבין אזור הצירים

למנוע אי הבנות נבהיר מראש: הקטבים הצפוני והדרומי של כדור הארץ משתרעים מקו הרוחב 66.5° דרום או צפון ועד הצירים של הקטבים (90° דרום או צפון). עם זאת ראינו שרבים מבעלי הדעות אינם מבחינים בין אזורי הקוטב לבין הצירים והם סבורים שבקוטב בכללו 6 חדשי קיץ בהם השמש לא שוקעת ו-6 חדשי חורף בהם השמש לא זורחת. לכן ראינו לנכון לציין כאן את ההבדלים בין אזורי הקוטב בקווי הרוחב השונים ובינם לבין אזורי הצירים.

בצירים השמש מקיפה את האזור בהקפה יומית במעגל שדומה לסליל ובמשך היממה השמש נמצאת באותו גובה מעל האופק של כל אזור הציר. לעומת זאת בשאר אזורי הקוטב השמש מקיפה

¹ מפתיע שדעה זו הייתה מקובלת בעבר על פוסקים רבים. נציג כאן את הדברים כפי שפורסמו באתר "עולמות":

"דנו הפוסקים לומר, שבאותם המקומות שלא קיימת ממשלת המאורות, כבנדון דידן - באזורי הקטבים, אזי החלוקה הראשונה של "מידת יום ומידת לילה" במקומה עומדת, והיום והלילה נקבעים על פי קביעותם הראשונה, שהיא חלקים שווים ליום וללילה הבנויים על תנועת כדור הארץ על צירו בימי ניסן ותשרי. הווה אומר: במקומות בהם שוררת עלטה גמורה או שהשמש לא שוקעת במשך כמה חודשים, כל יממה היא בת כ"ד שעות, שמתוכה נחשבים י"ב השעות הראשונות ל"יום", וי"ב השעות האחרונות ל"לילה" [ובהם מתפלל התפילות וקורא ק"ש השייכים ליום וללילה, כל אחד בזמנו]. ולפי סדר זה מונים ששה ימים שווים בני כ"ד שעות, ולאחר מכן באה השבת. בדעה זו החזיק היעב"ץ בחיבורו מור וקציעה המובא בשערי תשובה "באותם שנוסעים תחת הקוטב, שיש למנות שם שבעה ימים שווים של כ"ד שעות שוות שלנו, ומחשב מיום שהגיע לשם, מונה הימים בשעות ומקדש שביעי, כדרך שנוצר בהולך במדבר" והוסיף החיד"א ב"מחזיק ברכה" שאם כשהגיע למקומות הסמוכים לקוטב יודע באיזה יום בשבוע עומד בו "מתחיל למנות הימים כ"ד שעות לכל יום, ועושה שבת בזמנו בכ"ד שעות לפי מה שהוא יודע שהוא יום שבת" [לדוגמא, אם הגיע לשם ביום שלישי, מונה עוד שלשה ימים של כ"ד שעות ועושה שבת בזמנו]. וכן נקטו לדינא כשיטה זו הבן איש חי בשו"ת רב פעלים ובשו"ת ישכיל עבדי ובשו"ת דברי יציב".

דברים אלה אינם מתיישבים עם המציאות כי ביום האחרון בו נראתה השמש שוקעת רואים שהיא שקעה סמוך לחצות הלילה בצפון אז מה ההיגיון לומר שלמחרת כאשר רואים שהיא מגיעה לאופק צפון ובמקום לשקוע כמו ביום אתמול היא ממשיכה מזרחה, תסתיים היממה 6 שעות לפני כן כשהשמש הגיעה למערב. הן ראינו שהיא שקעה אתמול באופק צפון וגם כאשר תסיים את הקפותיה מעל לאופק היא תשקע באופק צפון.

את האזור במעגל שקצהו האחד בחצות הלילה קרוב מאוד לאופק צפון ואילו קצהו האחר של המעגל נמצא בחצות היום גבוה מעל אופק דרום.²

בצירים 6 חודשי קיץ בהם השמש לא שוקעת: בציר הצפוני מ-21 במרץ ועד 23 בספטמבר (187 ימים) ובציר הדרומי מ-23 בספטמבר ועד 21 במרץ (178 ימים).

בצירים 6 חדשי חורף בהם השמש לא זורחת: בציר הצפוני מ-23 בספטמבר ועד 21 במרץ (178 ימים) ובציר הדרומי מ-21 במרץ ועד 23 בספטמבר (187 ימים).³

בשאר אזורי הקוטב מספר הימים בהם השמש אינה שוקעת בקיץ או אינה זורחת בחורף משתנה ממקום למקום בהתאם למרחקו של האזור מציר הקוטב. הימים בהם אין השמש שוקעת בקיץ או לא זורחת בחורף מרובים באזורי הקוטב הקרובים לצירים והם הולכים ופוחתים ככל שמתקרבים לקו הרוחב 66° .

ג. זריחות ושקיעות בקוטב בקווי רוחב שונים

הערה כללית: בפרקים הבאים הובאו נתונים על זמני זריחה ושקיעה בקוטב. ייתכנו הבדלים של מספר דקות בהשוואה עם לוחות זמנים מקורות אחרים.

מספר הימים בהם אין השמש שוקעת בקיץ או שאינה זורחת בחורף תלוי בקו הרוחב. ככל שנצפין בחצי הכדור הצפוני (או נדרים בחצי הכדור הדרומי) ילכו ויתרבו הימים באזורי הקוטב בהם השמש לא תשקע בקיץ או לא תזרח בחורף.

חצי הכדור הצפוני נוטה בקיץ 23.5° לכיוון השמש וקרני השמש פוגעים ומאירים את אזור הקוטב הצפוני. את **הציר** הצפוני השמש מאירה לאורך כל ששת חודשי עונת האביב והקיץ אבל ככל שמתרחקים מהציר הולכים ומתמעטים בהדרגה הימים בהם השמש אינה שוקעת.

בששת חודשי הסתיו והחורף בחצי הכדור הצפוני עוברת השמש להאיר את אזור הקוטב הדרומי מהצד הנגדי (כי כדור הארץ בהקפתו מסביב לשמש יוצר לאחר 6 חודשים תפנית של 180°) ואז ישרור שם קיץ. קרני השמש יאירו את הציר הדרומי למשך 6 חודשים ובאותם חודשים קרני השמש אינן פוגעות בציר הצפוני ולכן במשך ששת החודשים שהשמש מאירה את הציר הדרומי, הציר הצפוני חשוך.⁴

² הגובה משתנה בהתאם למקום כפי שנראה בהסברים שיבואו בהמשך על קווי הרוחב השונים.
³ עונות השנה אינן שוות באורכן, בחדשי השנה בהם השמש זורחת בציר הדרומי יש פחות ימים מאשר בחודשי הקיץ בציר הצפוני.

⁴ למעשה בימי השוויון שהם ימי המעבר בצירים מאור לחושך ומחושך לאור, השמש מאירה את שני הצירים ובימים הסמוכים הצירים עדיין מוארים באור של בין השמשות כי השמש שירדה מתחת לאופק עוד לא התרחקה ואור דמדומי השקיעה מאיר את אזורי הציר.

כפי שנראה בדוגמאות שלהלן בקיץ השמש נראית בקוטב הצפוני זורחת ושוקעת באופק הצפוני ושם רואים אזורים ותקופות בהן השמש לא שוקעת ואילו בחורף היא זורחת ושוקעת באופק הדרומי ושם רואים אזורים ותקופות בהן השמש לא זורחת.. להלן נציג הסברים עם נתונים בקווי רוחב של הקוטב בהם מצויים ישובים:

ד. מהלכה של השמש בקיץ בקו הרוחב 66° N

התופעה שבאזורי הקוטב יש ימים בהם השמש אינה שוקעת בקיץ ואינה זורחת בחורף אמורה הייתה להתחיל בקו הרוחב 66.5° משם מתחיל חוג הקוטב אך בגלל הרפרקציה (ר' הסבר בנספח 5) נוכל לראות שלתופעה זו השפעה על אזורי הגבול של חוג הקוטב. עפ"י הנתונים לזמני הזריחה והשקיעה⁵ רואים שבקו הרוחב 66° (שהוא מחוץ לחוג הקוטב) השמש זורחת ב-12 ביוני ושוקעת ב-30 בו. לפי לוחות הזריחה והשקיעה רואים שב-10 ביוני השמש שוקעת בקו רוחב זה בשעה 23:36 וזורחת בשעה 24:30 - לילה קצר של פחות משעה. כעבור יומיים ב-12 ביוני השמש זורחת כאן ונשארת מעל האופק עד סוף החודש. במשך 18 ימים רצופים אין השמש שוקעת כאן ובכל יום היא עושה הקפה מעגלית שלמה בשמי האזור. השמש התחילה את הקפתה הראשונה בחצות הלילה כשהיא מציצה מעל האופק הצפוני. מכאן ממשיכה השמש לכיוון מזרח ותוך כדי הקפתה המעגלית סביב הרקיע היא מתרוממת ומתרחקת מהאופק. עם פנייתה לכיוון דרום, השמש נראית "מטפסת" ומגיעה בחצות היום של 21 ביוני לגובה של 47.5° מעל נקודת אופק דרום.⁶ (שזה 42.5° דרומית מהזניט).

מנקודה זו יורדת השמש, תוך כדי הקפתה, לכיוון מערב וממשיכה את הקפתה צפונה ותוך כדי ירידתה מגיעה שוב לאופק הצפוני כאשר השעון מראה שעת חצות לילה. נדמה לצופה שהנה השמש עומדת לשקוע כאן אל מתחת לאופק, אך אין היא שוקעת אלא ממשיכה את הקפתה מעל לאופק לכיוון מזרח כמו ביממה הקודמת.

בקו רוחב זה נראית השמש באופק צפון ביום 21 ביוני בגובה של מספר מעלות⁷ מעל לאופק. בסוף החודש כעבור 18 יממות בהן הקיפה השמש את האזור היא תשקע אל מתחת לאופק צפון. ב-1 ביולי השמש שוקעת כאן בשעה 23:42 וזורחת בשעה 00:16 לילה קצר של 34 דק' בו יצרה השמש במהלכה מתחת לאופק קשת קטנה. מיום זה ואילך נראה בכל יום זריחה ושקיעה והמרחק בין זריחה

⁵ הנתונים נלקחו מתוך לוחות הזריחה והשקיעה בקוטב כפי שהוצגו בשנתון SMITHSONIAN METEOROLOGICAL TABLES (העתקים משם לספרי *שערים ללוח העברי" בעמ' 106ב')

⁶ את גובה השמש בשיאה באופק דרום ב-21 ביוני נמצא לפי הנוסחה $X = [(90-y)+23.5]$. X מציין את גובה השמש מעל אופק דרום בחצות היום של 21 ביוני בקו רוחב Y. כאשר $X=47.5$. $23.5+24=47.5$. $Y=66^{\circ}$ לצורך השוואה: **בירושלים** (קו רוחב 32) נמצאת השמש בחצות יום 21 ביוני (היום הארוך בשנה) 81.5° מעל אופק דרום (רחוקה 8.5° מהזניט). בימי השוויון נמצאת השמש בירושלים 58° מעל אופק דרום ובחצות יום 21 בדצמבר (היום הקצר בשנה) תעמוד השמש בחצות היום 34.5° מעל אופק דרום.

⁷ השמש אומנם נמצאת מתחת לאופק אך בגלל הרפרקציה היא נראית מעל לאופק וזו הסיבה שגם ברוחב זה יש ימים ללא שקיעה.

לשקיעה יגדל מיום עד 23 בספטמבר- יום השוויון הסתווי, שאז ישתוו היום והלילה בכל כדור הארץ. ביום זה תזרח השמש בשעה 5:44 ותשקע בשעה 17:59⁸

בקו רוחב $N66^\circ$ הימים בחורף קצרים אך אין כאן ימים ללא זריחה ושקיעה. בקו רוחב זה השמש לא שקעה בקיץ 18 יום אך בניגוד למצופה הנה בחורף לא תיעלם השמש משמי הרקיע בקו רוחב זה אף לא ליום אחד. בלוחות הזריחה והשקיעה לקו רוחב זה (הערה 4) רואים שגם בימי החורף הקצרים תזרח כאן השמש בכל יום למספר שעות באופק הדרומי של האזור. מ-13 בדצמבר ועד 3 בינואר, שהם הימים הקצרים ביותר של השנה בחצי הכדור הצפוני, השמש תזרח בקו רוחב $N66^\circ$ בדרום מזרח בסביבות 10:30 בבוקר ותשקע בדרום מערב בסביבות השעה 13:30 אחה"צ. לפי זה **כניסת השבת** בימים אלה תהיה ביום שישי לפני חצות היום **וצאת השבת** למחרת אחרי חצות היום. מיום 21 בדצמבר הימים ילכו ויתארכו עד 21 במרץ שאז הימים והלילות ישתוו כמו בכל העולם.

מ-21 במרץ הימים ימשיכו להתארך והלילות להתקצר עד 12 ביוני שאז תזרח כאן השמש ולא תשקע עד סופו של החודש כמתואר לעיל.

ה. מהלך השמש לאורך השנה בקו הרוחב $N68^\circ$

בקו רוחב זה יש בקיץ 52 ימים בהם השמש לא שוקעת ובחורף 25 ימים בהם השמש לא זורחת. ב-21 ביוני השמש נראית בחצות הלילה כ- 7° מעל לאופק צפון ובחצות היום מגיעה לגובה של 45.5° מעל נקודת האופק דרום.

ימים בהם השמש לא שוקעת בקיץ בקו הרוחב $N68^\circ$: במאי שוקעת כאן השמש בשעה 23:06 וזורחת בשעה 00:56. לילה קצר של 50 דקות. ב-26 במאי תזרח כאן השמש בחצות הלילה באופק צפון בשעה 00:21 ומיום זה עד 16 ביולי השמש אינה שוקעת. אלה הם 52 ימים רצופים בהם השמש חגה כאן במעגל מסביב לשמי האזור. מיום 21 ביוני השמש יורדת בהגיעה לאופק צפון כרבע מעלה בכל יום וביום 16 ביולי היא תיראה נושקת לאופק צפון. ב-17 ביולי תשקע כאן השמש בהגיעה לאופק צפון בשעה 23:44 ותזרח ב-00:20 (לילה קצר של 36 דקות). מיום זה ואילך נראה בכל יום זריחה ושקיעה. מיום ליום המרחק בין זריחה לשקיעה יגדל עד 23 בספטמבר- יום השוויון הסתווי - שאז היום והלילה ישתוו. מיום זה ועד 9 בדצמבר הימים ילכו ויתקצרו.

ימים ללא זריחה בחורף בקו הרוחב $N68^\circ$: ביום 9 בדצמבר זורחת כאן השמש באופק דרום בשעה 11:33 בצהריים ושוקעת בשעה 12:12 (יום קצר של 39 דק') והחל מיום 10 בדצמבר ועד 3 בינואר (25 ימים) אין השמש זורחת בקו רוחב זה. נשים לב לתופעה מעניינת: בקיץ היו בקו רוחב זה למעלה מ-50 ימים רצופים בהם השמש לא שקעה אבל בחורף השמש לא זורחת בקו רוחב זה רק 25 ימים)

⁸ לפי זה אורך היום בימי השוויון הוא 12 שעות ו-15 דק' ואורך הלילה 11 שעות ו-45 דק'. הסיבה שביום השוויון היום ארוך מהלילה במספר דקות היא תופעת הפרקציה (על תופעה זו ר' בנספח 5).

ב-4 בינואר תשוב השמש לזרח כאן ב-11:40 בצהריים ותשקע ב-12:20 בצהריים. יום קצר של 40 דקות. מיום זה ואילך ילכו הימים ויתארכו עד 21 במרץ שאז יהיו היום והלילה שווים.

ו. מהלך השמש לאורך השנה בקו הרוחב $N70^\circ$

מהלך השמש בקו הרוחב $N70^\circ$ דומה למהלכה בקו הרוחב $N68^\circ$ אלא שיש לשים לב לשינויים שנובעים מקרבתו הנוספת של קו רוחב זה לציר הצפוני.

בקו רוחב זה יש בקיץ 70 ימים בהם השמש לא שוקעת ובחורף 50 ימים בהם השמש לא זורחת. ב-21 ביוני השמש נראית כאן בחצות הלילה כשהיא כ- 10° מעל אופק צפון; ובחצות היום היא מגיעה לגובה של 43° מעל אופק דרום.

ימים ללא שקיעה בקיץ בקו הרוחב 70° : ב-16 במאי השמש שוקעת כאן בשעה 23:30 וזורחת בשעה 00:36 ומיום 17 במאי עד 26 ביולי - אלה הם 70 ימים רצופים בהם השמש אינה שוקעת בקו רוחב זה. ב-27 ביולי תשקע כאן השמש בשעה 23:40 ותזרח ב-00:14 - לילה קצר של 34 דקות ומיום זה ואילך ילכו הלילות ויתארכו עד 23 בספטמבר שאז היום והלילה יהיו שווים.

ימים ללא זריחה בחורף בקו הרוחב 70° : ב-25 בנובמבר השמש זורחת כאן באופק דרום בשעה 11:26 בצהריים ושוקעת ב-12:07 - יום קצר של 41 דקות. למחרת השמש תציץ מספר דקות מתחת לאופק דרום והחל מיום 27 בנובמבר עד 15 בינואר (50 ימים) אין השמש זורחת בקו רוחב זה. ב-17 בינואר תזרח כאן השמש באופק דרום בשעה 11:46 בצהריים ותשקע ב-12:36 - יום קצר של 50 דקות. מיום זה ואילך ילכו הימים ויתארכו עד שב-21 במרץ ישתוו הימים והלילות. הימים ימשיכו להתארך עד שביום 17 במאי השמש תזרח כאן ולא תשקע כנ"ל.

ז. מהלך השמש לאורך השנה בקו הרוחב $N72^\circ$

מהלך השמש בקו הרוחב $N72^\circ$ דומה למהלכה בקו הרוחב $N70^\circ$ אלא שיש לשים לב לשינויים שנובעים מקרבתו הנוספת של קו רוחב זה לציר הצפוני.

בקו רוחב זה יש בקיץ 88 ימים בהם השמש לא שוקעת ובחורף 68 ימים בהם השמש לא זורחת. בחצות הלילה של 21 ביוני השמש נמצאת בקו רוחב זה כ- 12° מעל אופק צפון; ובחצות היום 41.5° מעל אופק דרום.

ימים ללא שקיעה בקיץ בקו הרוחב $N72^\circ$: ב-8 במאי השמש זורחת בקו רוחב זה באופק צפון בשעה 00:30 ושוב אינה שוקעת עד 3 באוגוסט - 88 ימים רצופים בהם השמש אינה שוקעת. ב-4 באוגוסט תשקע כאן השמש באופק צפון בשעה 23:30 ותזרח ב-00:27. לילה קצר של פחות משעה. מכאן ואילך הימים ילכו ויתארכו והלילות יתקצרו עד יום השוויון 23 בספטמבר. ביום זה בו הימים והלילות שווים בכל כדור הארץ תזרח כאן השמש בשעה 5:42 ותשקע בשעה 18:01. (הסבר לתופעה שבימי השוויון היום ארוך מהלילה ר' בהערה 8) מיום זה הימים הולכים ומתקצרים והלילות

מתארכים בקו רוחב זה עד 17 בנובמבר שאז מתחיל כאן לילה ארוך של 68 ימים בהם השמש לא זורחת.

ימים ללא זריחה בחורף בקו הרוחב $N72^\circ$: ב-16 בנובמבר השמש זורחת כאן באופק דרום בשעה 11:21 ושוקעת ב-12:06 בצהריים- יום קצר של 45 דקות. מ-18 בנובמבר השמש תיעלם מהאופק ובהדרגה ירד החושך על האזור שיימשך עד 24 בינואר (68 ימים בהם השמש לא זורחת כאן). ב-25 בינואר תזרח כאן השמש בשעה 11:50 בצהריים ותשקע ב-12:27. יום קצר של 37 דקות. מיום זה ואילך הימים ילכו ויתארכו עד 21 במרץ יום השוויון האביבי שאז ישתוו הימים והלילות. השמש זורחת כאן בשעה 5:54 ושוקעת בשעה 18:23. מיום זה ועד 7 במאי הימים ילכו ויתארכו. ב-8 במאי השמש זורחת כאן ולא שוקעת עד 3 באוגוסט כנ"ל.

ח. מהלך השמש באזורי הקוטב הצפוניים יותר

לא מצאתי אלמנט שיציג נתונים על זריחות ושקיעות באזורי הקוטב הצפוניים יותר. נראה לי שלא מצאו עניין לפרסם נתונים בקווי רוחב שאינם מיושבים. מהלך השמש יהיה דומה למתואר בקו הרוחב $N72^\circ$. השינוי יתבטא במספר הימים בהם השמש מקיפה את האזור בקיץ ואינה שוקעת, מספר ימים שילך ויגדל. ככל שנצפין בקוטב הצפוני יהיו תקופות ארוכות יותר בהן השמש אינה שוקעת בקיץ ותקופות ארוכות בהן השמש לא זורחת בחורף עד שבצירים - קווי הרוחב 90° צפון ודרום - השמש תיראה מעל האופק 6 חודשים בהם אינה שוקעת בקיץ ו-6 חודשים בהם השמש אינה זורחת בחורף. כמו כן נראה באזורים אלה שינוי הדרגתי בגובה המקסימלי אליו מגיעה השמש באופק צפון ודרום ב-21 ביוני: באופק הצפוני השמש תתרומם בקיץ בכל יום בו היא מקיפה את שמי האזור ברבע מעלה עד 21 ביוני שאז תתחיל לרדת בכל יום כרבע מעלה ואילו באופק הדרומי השמש תרד בקיץ במעלה אחת בכל מעלת רוחב נוספת שהיא עולה⁹ עד שבציר הצפוני (קו רוחב 90°) השמש תגיע ב-21 ביוני לשיא גובהה 23.5° מעל האופק כפי שנסביר בפרק הבא.

ט. מהלך השמש באזורי הצירים של כדור הארץ

בצירים של כדור הארץ (קווי הרוחב $N90^\circ$ ו- $S90^\circ$) 6 חודשים השמש מעל האופק ו-6 חודשים מתחת לאופק. ב-21 במרץ, היום בו בכל כדור הארץ הימים והלילות שווים, קרני השמש מאירות הן את הציר הצפוני והן את הציר הדרומי וכן הדבר ביום השוויון 23 בספטמבר.

בציר הצפוני. החל מיום 21 במרץ השמש מתרוממת מעל האופק (תוך כדי הקפתה היומית כמו הקפה של סליל) כרבע מעלה בכל יום. אחרי שלשה חודשים - ביום 21 ביוני שהוא היום הארוך בחצי הכדור הצפוני, השמש מגיעה לגובה של 23.5° מעל האופק של כל רוחות השמים. גובה זה מעל לאופק של אזור הציר נשמר לאורך כל היממה של 21 ביוני בה מקיפה השמש את אזור הציר.

⁹ לדוגמא: ראינו שבחצות היום של 21 ביוני השמש עמדה בקו רוחב 70 בגובה של 43.5° מעל אופק דרום אז בקו רוחב 80 (עליה של 10° בקו הרוחב) היא תרד לגובה של 33.5° מעל אופק דרום ובקו רוחב 90 תגיע ב-21 ביוני לגובה של 23.5° מעל לאופק דרום..

מ-22 ביוני השמש מתחילה לרדת אל קו האופק. בכל הקפה יומית היא יורדת כרבע מעלה עד שביום 23 בספטמבר - היום בו מתחיל יום השוויון של הסתיו בחצי הכדור הצפוני - מסתיימת הקפתה האחרונה בקיץ זה כשהיא נושקת לאופק. ממחרת יום זה השמש תרד אל מתחת לאופק, תיעלם מהציר הצפוני ותזרח באופק הציר הדרומי.

ב-24 בספטמבר יתחילו בציר הצפוני 6 חדשי החורף בהם השמש אינה זורחת.

בציר הדרומי מתחיל ב-23 בספטמבר האביב כמו בכל חצי הכדור הדרומי והשמש מתחילה לעשות את הקפותיה מעל לאופק של אזור הציר הדרומי למשך 6 חודשים כדרך שהקיפה את הציר הצפוני.

ב-21 במרץ יום השוויון האביבי בחצי הכדור הצפוני, הוא יום השוויון הסתווי בו מתחיל הסתיו בחצי הכדור הדרומי. ביום זה הימים והלילות שווים בכל אזורי כדור הארץ. השמש על קו האופק מאירה ביום זה הן את אזור הציר הצפוני והן את אזור הציר הדרומי ובכל העולם מציינים ביום זה את יום שוויון היום והלילה. בחצי הכדור הצפוני הוא יום השוויון בו מתחיל האביב; ובחצי הכדור הדרומי הוא יום השוויון בו מתחיל הסתיו.

ב-23 בספטמבר שוב נראה את השמש נושקת הן לציר האופק הצפוני והן לציר האופק הדרומי 12 שעות של יום ו-12 שעות של לילה¹⁰.

השמש נראית מקיפה את הצירים בכל יום בגובה קבוע כך שלא ניתן להבחין כאן בין חצות היום לחצות הלילה. אין לזה חשיבות מעשית מבחינה הלכתית כי גם בקיץ הקור העז, הסערות והתנאים באזור לא מאפשרים לבני אדם לחיות כאן.

י. צאת השבת בקיץ באזורים הסמוכים לקוטב – "לילות לבנים"

אחרי שהשמש שוקעת האור שלה ממשיך ברוב אזורי העולם, להאיר את האזור לזמן קצר. לאור זה של **דמדומי שקיעה** שנמשך ברוב אזורי העולם כ-20 עד 40 דקות קוראים בלשון חז"ל ובספרי ההלכה **"בין השמשות"**. בין השמשות של ליל שבת ומוצאי שבת נחשבים כחלק מהשבת ואין לעשות בהם מלאכה.

שונה המצב בקטבים ובאזורים הסמוכים לקטבים. באזורים אלה קיימת בקיץ תופעת **"לילות לבנים"** המתרחשת כאשר השמש שוקעת מתחת לקו האופק, ולאורך הלילה הקצר אין היא מתרחקת מקו האופק יותר מ-6 או 7°. השמש ששקעה עושה קשת קטנה מתחת לאופק וזורחת אחרי מספר שעות מזרחית לאופק צפון. אור הדמדומים נמשך כל הלילה ולכן החשכה לא יורדת על האזור ולא נראים כוכבים שיצביעו על צאת השבת. התופעה מתרחשת בקיץ לפרקי זמן שונים בכל

¹⁰ התבונן בצירים 3 ו-4 בנספח 3 להלן, וסובב בדמיון את כדור הארץ מסביב לצירים כדי להבין מדוע בימי השוויון השמש מאירה בו בזמן את שני הצירים של כדור הארץ והיום והלילה שווים בכל מקום בעולם

קווי הרוחב מצפון ל- 59° N ומדרום לקו הרוחב 59° S. תופעה זו אופיינית לאזורים בהם השמש שוקעת בקיץ בשעה מאוחרת לפני חצות הלילה וזורחת מוקדם אחרי חצות הלילה.

יש שיטות חישוב שונות לקביעת אורך הזמן של בין השמשות לפי מקום השמש מתחת לאופק (בין 6° ל- 20° לפי שיטות שונות) ולפי המעלות מחשבים את אורך הזמן בדקות¹¹

האור שרואים כאן אחרי השקיעה ועד חצות הלילה הוא אור של **דמדומי השקיעה**, ואילו האור שאנו רואים אחרי חצות הלילה הוא אור **דמדומי הזריחה**. לפי זה חציו הראשון של אור הדמדומים - הזמן שבין השקיעה לחצות הלילה - הוא זמן **בין השמשות** וחציו השני - הזמן שבין חצות הלילה לזריחה הוא **עמוד השחר** - עלות השחר של יום חדש. לכן במוצאי שבת מתחילה היממה החדשה של יום ראשון בחצות הלילה. דעה זו שביסס הרב גורן בספרו "תורת השבת והמועד" התפשטה והיא מקובלת בימינו על פוסקים רבים ולפיה בלילות הלבנים שבקיץ הצפוני חצות הלילה הוא סוף זמן בין השמשות, ומיד אחריו הוא זמן עלות השחר. לפי זה שעת חצות הלילה היא שעת המעבר מהיום שעבר ליום הבא. מכאן נוכל ללמוד הלכה למעשה: שגם באזורי הקוטב בהם אין השמש שוקעת - השבת תיכנס לפני חצות ליל שבת ותצא אחרי חצות הלילה של מוצאי שבת. נשוב ונזכיר: להקפיד להוסיף 40 דקות "תוספת שבת" בכניסת השבת ובצאתה הן בקיץ והן בחורף.

נספחים

1. ביקור בקוטב הצפוני

לאור הדעות הרבות והמגוונות שנכתבו ונאמרו בנושא כניסת השבת וצאתו בקוטב, התעורר בי הרצון לבקר באחד הישובים שבאזורי הקוטב הצפוני כדי לראות ולעקוב אחרי מהלכה של השמש שאינה שוקעת. בפעם הראשונה התאכזבנו¹², ולפני מספר שנים ניסינו שוב ועלה בידינו (אני ורעייתי) לבקר בעיירה בארו (קו רוחב 71.3° N) שבצפון אלסקה. טסנו לסיאטל שבצפון מערב ארה"ב מכאן טסנו לאנקוראג' שבמדינת אלסקה ומאנקוראג' טסנו לפיירבנקס השוכנת בקו רוחב 64.8° N (על גבול חוג הקוטב) וכאן שבתנו. השמש שקעה בפיירבנקס ביום שישי בשעה 22:30 ובמוצאי שבת זרחה בשעה 1:30 אחרי חצות הלילה. אור דמדומי השקיעה והזריחה נמשך כאן לאורך כל הלילה הקצר. מפיירבנקס טסנו למחרת לפארו. עיירה זו שוכנת על שפת ים הקרח הצפוני. היה זה מראה מרהיב לראות את הים מכוסה בקרח. בסייעתא דשמיא הצלחנו להגשים את מטרת נסיעתנו שהייתה לראות את השמש בחצות הלילה מגיעה לאופק ים הקרח הצפוני (לפי הסברו של המדריך השמש לא שוקעת כאן בקיץ 82 יום). בפיירבנקס ראינו את השמש שוקעת שעה וחצי לפני חצות עם לילה קצר, של כ-3 שעות ואילו בבארו אנו רואים אותה בחצות הלילה מעל לאופק, ממשיכה את דרכה לאורך האופק הצפוני, ועולה אט אט ומגיעה בשעה 6:00 בבוקר מעל לאופק מזרח. מכאן היא

¹¹ בירושלים נהוג לחשב את זמן צאת השבת במוצאי שבת כאשר השמש נמצאת 8.5° מתחת לאופק וזמן זה נע בין 30 ל-40 דק'.

¹² בפעם הראשונה טסנו לכיף הצפוני שבנורבגיה, והתאכזבנו כי השמים היו מכוסים בעננים, ונאמר לנו שזה המצב כאן ב-90% של ימות השנה.

מטפסת ומגיעה בצהריים לשיא גובהה ברקיע השמיים בערך 40° מעל אופק דרום. מגובה זה יורדת השמש תוך כדי הקפתה את שמי המקום ומגיעה בשעה 18:00 מעל לאופק מערב. ממשיכה לרדת ומגיעה בחצות הלילה לאופק צפון. כאן היא אמורה לשקוע אחרי שתסיים 82 הקפות מעל לאופק. בינתיים היא ממשיכה את ההקפה היומית, כשבכל יום היא מתרוממת באופק צפון כרבע מעלה, וכמו שהסביר המדריך כשהיא תגיע אחרי 40 יום לגובה של כ-10 מעלות מעל אופק צפון היא תתחיל לרדת בכל הקפה יומית כרבע מעלה, ואחרי 40 יום היא תשקע לשעה קלה ושוב תזרח כשמים ליום ילך ויגדל הזמן שבין הזריחה לשקיעה.

היה זה יום קיץ קר מאוד אך למזלנו השמיים היו בהירים ויכולנו לעקוב אחרי מהלך השמש לאורך היממה. תיאור של מהלך השמש שלחתי לידידי **הרב צבי כהן** זצ"ל מבני ברק, שחיבר ופרסם ספרים רבים בענייני הלכה¹³.

2. חילופי העונות בין חצי הכדור הצפוני לחצי הכדור הדרומי

במאמרנו התייחסנו בדרך כלל לקוטב הצפוני כי שם יש ישובים באזורי הקוטב. אך צריך להיות ברור שהדברים נכונים גם ביחס לקוטב הדרומי אלא ששם העונות הפוכות מהקוטב הצפוני. התאריכים משתנים שם בגבולות של יומיים-שלושה¹⁴.

בחצי הכדור הצפוני	בחצי הכדור הדרומי
21 בדצמבר מִפְּנֵה החורף; היום הקצר בשנה	מפנה הקיץ; היום הארוך בשנה
21 במרץ מפנה האביב-יום השוויון האביבי	מפנה הסתיו; יום השוויון הסתווי
21 ביוני מפנה הקיץ; היום הארוך בשנה	מפנה החורף; היום הקצר בשנה
23 בספטמבר מפנה הסתיו; יום השוויון הסתווי	מפנה האביב; יום השוויון האביבי

נקודת השוויון בחודש מרץ מתרחשת בדרך כלל בין היום ה-20 ליום ה-21 במרץ. ונקודת השוויון בחודש ספטמבר בין היום ה-22 ליום ה-23 בחודש. התאריכים משתנים משום שהשנה הטרופית אינה מורכבת ממספר ימים שלם, ומשום שמסלול כדור הארץ מסביב לשמש הוא אליפטי, לכן 4 התקופות אינן שוות זו לזו באורכן. זאת ועוד: בגלל התזוזה המתמדת של נקודת האביב משתנים ימי התקופה וגם אורכן של התקופות לאורך השנים בגבולות של יומיים-שלושה.

בלוח היהודי קוראים למפנה החורף **תקופת טבת**; למפנה האביב **תקופת ניסן**; למפנה הקיץ **תקופת תמוז**; למפנה הסתיו **תקופת תשרי**.

¹³ **הרב צבי כהן** הוציא לאור הרבה ספרי הלכה. מפעל חייו לפני פטירתו היה להוציא לאור את הספרים **מבנה לוח השנה וקידוש החודש**. בהם ריכז מידע רב על לוח השנה והשקיע בספרים עבי כרס אלה עבודה עצומה הן בעריכת הלוחות והטבלאות והן בהבאת מקורות ודעות בנושאים שעניינם לוח השנה. נעניתי לבקשתו לעבור על ספרים אלה לפני הדפסתם. עם הערותיי שלחתי לו תיאור של מהלך השמש שאינה שוקעת בקיץ כפי שראינו אותה בעיירה בארו שבצפון אלסקה. הוא גילה עניין רב בביקורנו בקוטב ופרסם את הדברים בספרו **"מבנה לוח השנה"** (עמ' תקע). יהי זכרו ברוך.

¹⁴ . ראה בהערה 3 לעיל על עונת החורף בציר הדרומי, שהיא ארוכה מעונת החורף בציר הצפוני.

בחשבון התקופות של הלוח היהודי (תקופת שמואל ותקופת רב אדא) כל 4 התקופות שוות באורכן ואינן זהות לזמני התקופות האסטרונומיים כפי שמקובלים וידועים בימינו.

ב-21 במרץ וב-23 בספטמבר - ימי השוויון - היום והלילה שווים. בחצי הכדור הצפוני מתחיל האביב ב-21 במרץ ומתאריך זה הימים הולכים ומתארכים ואילו בחצי הכדור הדרומי מתחיל בתאריך זה הסתיו והימים הולכים ומתקצרים וההפך ב-23 בספטמבר, אז מתחיל בחצי הכדור הצפוני הסתיו, הלילות הולכים ומתארכים והימים מתקצרים ואילו בחצי הכדור הדרומי מתחיל האביב, הלילות הולכים ומתקצרים והימים מתארכים.

4 נקודות המפנה של כדור הארץ במסלולו מסביב לשמש

בציור 1 רואים שביום 21 ביוני קרני השמש מאירות את כל אזורי הקוטב הצפוני לאורך כל היממה (נסה לסובב בדמיוןך את כדור הארץ בציור 1 כשהוא מקיף את השמש במצבו הנטוי בזווית של 23.5° מול השמש ותבין זאת). באזור הציר השמש מאירה את שמי האזור ואינה שוקעת לאורך כל ששת חודשי האביב והקיץ מ-21 במרץ ועד 23 בספטמבר אבל בשאר אזורי הקוטב מספר הימים בהם השמש אינה שוקעת הולכים ומתמעטים בהדרגה. ככל שנתרחק מהציר יתמעטו הימים בהם השמש אינה שוקעת בקיץ. לדוגמא בקו הרוחב $N80^\circ$ השמש אינה שוקעת בקיץ יותר מ-4 חודשים. בשעה שבקו רוחב $N70^\circ$ היא אינה שוקעת 70 יום.

נתונים על זריחות ושקיעות בקיץ ובחורף בקווי רוחב שונים של הקוטב הצפוני הובאו לעיל. החל מ-24 בספטמבר השמש נעלמת מאזור הציר הצפוני (קו רוחב $N90^\circ$) ובהדרגה יורד חושך על אזור הציר הצפוני ל-6 חודשים.

בציור 2 רואים שב-21 בדצמבר בכל אזור הקוטב הצפוני אין השמש זורחת ביום זה בגלל שכדור הארץ נטוי בזווית של 23.5° וקרני השמש אינן מאירות את כל אזורי הקוטב הצפוני. בציר הצפוני השמש לא זורחת בכל 6 חודשי הסתיו והחורף. ואילו בשאר אזורי הקוטב הצפוני יש ימים, שבועות או חודשים שאין השמש זורחת בהם בתקופה זו, וזה נעשה בהדרגה: ככל שנדרים ונתרחק מקו הרוחב $N90^\circ$ (אזור הציר) ילך ויקטן מספר הימים שאין השמש זורחת בהם באזורי הקוטב הצפוני. רק באזור הציר אין השמש זורחת במשך כל ששת החודשים שבין 24 בספטמבר ל-21 במרץ.

בציור 3 רואים שב-21 במרץ יהיו הימים והלילות שווים בכל העולם. אז מתחילה תקופת האביב בחצי הכדור הצפוני ואילו בחצי הכדור הדרומי מתחילה ביום זה תקופת הסתיו.

בציור 4 אנו רואים את מצב הארץ ביחס לשמש ביום 23 בספטמבר - יום השוויון הסתווי. ביום זה הימים והלילות שווים בכל העולם ומיום זה מתחילה תקופת הסתיו בחצי הכדור הצפוני ואילו בחצי הכדור הדרומי מתחילה ביום זה תקופת האביב.



ארבעת הציורים אלה על מצב הארץ ב-4 נקודות המפנה לקוחים מתוך ספרו של קמיל פלמריון "אסטרונומיה לכל" שתורגם לעברית בשנת תרפ"ט ע"י אשר ארליך עם השלמות על הלוח העברי

4. הגורמים לחילופי העונות ולשינויים באורך הימים והלילות

חילופי העונות והשינויים באורך היום והלילה באזורים השונים של כדור הארץ לאורך השנה הם תוצאה של מצב הנטייה בו נע כדור-הארץ מסביב לשמש. במסלול הקפתו מסביב לשמש, נוטה כדור הארץ על צדו בזווית של 23.5° ומצב נטייה זה הוא שגורם לשינויים באורך היום והלילה וליצירת עונות השנה.

אם ציר הארץ היה ניצב אל מסלול ההקפה, כי אז בכל המקומות בכדור הארץ היו הימים והלילות שווים: 12 שעות יום ו-12 שעות לילה. אבל בגלל שכדור הארץ לא ניצב אלא נוטה לצידו עם זווית נטייה כנ"ל, נוצרים שינויים באורך היום והלילה וכן בעונות השנה בהתאם למצב הארץ ומקומו ביחסו לשמש במסלול סיבובו היומי מסביב לעצמו; ומקומו ביחסו לשמש בזמן הקפתו השנתית מסביב לשמש, שינויים שבולטים במיוחד בתחום אזורי הקוטב הצפוני והדרומי.

ב-21 במרץ וב-23 בספטמבר - ימי השוויון - היום והלילה שווים. בחצי הכדור הצפוני מתחיל האביב ב-21 במרץ ומתאריך זה הימים הולכים ומתארכים ואילו בחצי הכדור הדרומי מתחיל בתאריך זה הסתיו והימים הולכים ומתקצרים, וההפך ב-23 בספטמבר: הסתיו מתחיל בחצי הכדור הצפוני, הלילות הולכים ומתארכים והימים מתקצרים ואילו בחצי הכדור הדרומי מתחיל האביב, הלילות הולכים ומתקצרים והימים מתארכים.

5. הרפרקציה והשפעתה על זמני הזריחה והשקיעה

רפרקציה פירושה "שבירה". קרן אור החולפת דרך האטמוספירה, אינה עושה את דרכה בקו ישר, אלא נשברת ועושה את דרכה במסלול עקום או לפי ניסוח אחר: אור השמש נשבר באטמוספירה ומשתקף בחזרה אל הארץ. משמעות הדבר לגבי הזריחה והשקיעה היא שמקומה של השמש בשקיעה נראה גבוה יותר ממצבה האמיתי. או במילים אחרות: השמש נראית לנו עוד לפני זריחתה וגם אחרי שקיעתה. בקוטב ובאזורים הסמוכים לקוטב השפעתה של הרפרקציה ניכרת.

בגלל תופעת הרפרקציה יש יותר ימי שמש ואור במשך השנה מאשר ימים בלי אור השמש. זה יבוא לידי ביטוי גם במספר הימים שהשמש לא שוקעת בהם בקוטב בקיץ שהם מרובים ממספר הימים בהם אינה זורחת בחורף באותו קו רוחב. גם העובדה שבימי השוויון היום ארוך מהלילה במספר דקות היא תוצאה של הרפרקציה. בסמוך לקטבים ניכרת השפעת הרפרקציה אף יותר מ-24 שעות, וזה מסביר מדוע גם בקו רוחב N66 שהוא מחוץ לאזור הקוטב, יש בקיץ ימים בהם השמש נראית מעל לאופק ולא שוקעת. למעשה השמש נמצאת מתחת לאופק, אך בגלל הרפרקציה היא נראית לנו מעל האופק, ומאירה את אזור קו הרוחב N66 במשך 18 ימים.

6. דמדומי זריחה ושקיעה בספרות המקצועית ובהלכה

סוגי הדמדומים בספרות המקצועית

דמדומים אזרחיים - הנשף האזרחי.

נשף הערב כאשר מרכז השמש נמצא עד 6° מתחת לאופק אחרי השקיעה.
נשף הבוקר מרגע שמרכז השמש נמצא עד 6° מתחת לאופק.

דמדומים ימיים - הנשף הימי כאשר מרכז השמש נמצא בין 6° ל- 12° מתחת לאופק אחרי השקיעה.
כאשר מרכז השמש נמצא בין 6° ל- 12° מתחת לאופק לפני הזריחה. בהגיע השמש ל- 12° מתחת לאופק עדיין ניתן לראות את האופק אך לא במידה מספקת לתצפיות טובות.

דמדומים אסטרונומיים - הנשף האסטרונומי.

כאשר מרכז השמש נמצא בין 12° ל- 18° מתחת לאופק אחרי השקיעה.
כאשר מרכז השמש נמצא בין 12° ל- 18° מתחת לאופק לפני הזריחה.

בסופו של הנשף האסטרונומי שורר חושך מוחלט וניתן לראות כוכבים מדרגה חמישית. יש בזה דעות שונות של חוקרים. יש סבורים שעלטה מוחלטת שוררת כאשר השמש נמצאת 20° מתחת לאופק ולדעת אחרים 24° ויש סבורים שגם כאשר השמש 15° מתחת לאופק שוררת חשכה מלאה.

הדמדומים בהלכה

בהלכה מבחינים בין נשף הערב לנשף הבוקר. נשף הבוקר שנקרא "עמוד השחר" או "עלות השחר" שייך כולו ליום. נשף הערב שנקרא "בין השמשות" מיעוטו נחשב יום ורובו נחשב לילה. בד"כ נחשב "בין השמשות" כזמן בפני עצמו, דבר שבא לידי ביטוי בזה שמטילים עליו חומרי יום וחומרי לילה.

בקוטב ובאזורים הסמוכים לו, הדמדומים נמשכים בשיא עונת הקיץ במשך כל הלילה. וכאן חשוב להבחין בין דמדומי זריחה לדמדומי שקיעה כדי לדעת מתי יוצאת השבת. עד חצות אלה הם דמדומי השקיעה של שבת ואין לעשות בהם מלאכה ואילו אחרי חצות אלה הם דמדומי הזריחה של יום ראשון.

"צאת הכוכבים" כסימן לצאת השבת

כשהיינו ילדים והאורות שהאירו את סמטאות השכונה היו קלושים נהגנו להתבונן בשמיים כדי לגלות 3 כוכבים בינוניים שיבשרו לנו את צאת השבת. בימינו כאשר רחובות הערים מוארים באור חזק לא ניתן לראות את הכוכבים הבינוניים ולהשתמש באופן מעשי בסימן של ראיית 3 כוכבים בינוניים כדי לדעת מתי יוצאת השבת ולכן בימינו יש להשתמש בנתונים שבלוחות השנה, בהם חישובו ורשמו את הזמנים של צאת הכוכבים הבינוניים כפי שהם במציאות במקומות בהם אין אורות מלאכותיים שמונעים את ראיית הכוכבים הבינוניים 18 דק' אחרי השקיעה.

מנהגים נפוצים בעניין זמן צאת הכוכבים

1. המנהג הנפוץ אצל האשכנזים בעניין שעת סיום הצומות הקלים הוא כ-18 דקות לאחר השקיעה ובמנהג הספרדים הוא כ-20 דק' אחרי השקיעה. דעות אחרות למנהג הזה נעות בין 13.5 ל-24 דקות, ויש סוברים שגם כאן יש לחשב לפי המעלות שהחמה נמצאת מתחת לאופק.

2. **מדין תוספת שבת**, כתב השולחן ערוך (סעיף רס"ג) שלא לעשות מלאכה בשבת עד שייראו שלושה כוכבים קטנים וסמוכים. לכן נוהגים במוצאי שבת לחכות 35-40 דקות אחרי השקיעה (תלוי במקום). ויש נוהגים כדעת חזון איש לחכות 45 דקות אחרי השקיעה.

3. **הנוהגים כשיטת רבנו תם** צריכים לחכות לצאת השבת 72 דקות לאחר השקיעה (השמש נמצאת 16° מתחת לאופק) ויש מחמירים 90 דק' (השמש נמצאת אז 19.75° מתחת לאופק). דעה זו נחשבת בארץ כדעה מחמירה, ואילו בחו"ל עשויה דעה זו להיחשב מקילה, כי ב"לילות לבנים" נוהגים בעלי שיטה זו שלא להמתין עד אחרי חצות הלילה לצאת השבת, אלא מסתפקים ב-72 או 90 דק' אחרי השקיעה כנ"ל מבלי להתייחס לעובדה שלא נראו שם עדיין כוכבים. יש נוהגים לחשב את 72 או 90 הדקות בחישוב של דקות זמניות שבחורף הם פחות מדקות רגילות ובקיץ יותר מדקות רגילות.

בימינו יש ספרים ומאמרים רבים שעוסקים בנושא זה של זמן כניסת השבת וצאתו. על השיטות השונות והצעה ללוח זמנים אחיד מביא הרב **איתן ציקוני** במאמרו "זמני היום" שפורסם בלוח שנה בשנה תשס"ג ופורסם באתר דעת. נמליץ כאן גם על יצירתו "חזון שמים", תוכנה מצוינת ושימושית.