

האם כוכב מאדים הוא כוכב גדול הנראה ביום ?

יאיר עוזרי ורוי עמנואל הופמן

תקציר

לקראת התקרבותו המירבית של מאדים לארץ בשנת תשס"ג עלתה השאלה האם נחשב מאדים ככוכב גדול ע"פ ההלכה. לנוכח השאלה נאספו מספר תצפיות שראו את כוכב מאדים ביום. עובדה זו הייתה ידועה עד עתה רק על פי חישובים ועתה הוכחה עובדתית. תצפיות אלו מוכיחות שכוכב מאדים הוא כוכב גדול על פי ההלכה ולכן לא משמש לקביעת צאת הכוכבים. הובאו מספר מקורות הלכתיים המתייחסים לשאלה זו.

Abstract

As Mars approached the Earth in 2003 the question arose as to whether Mars was considered to be a 'bright star' according to Jewish law. In response to this question a number of observations have been gathered of Mars during daylight. This fact had only been known until now from calculations and now there is proof. These observations prove that Mars is a 'bright star' according to Jewish law and therefore cannot be used to determine the time of nightfall. A number of sources from Jewish literature have been brought that deal with this question.

במאמר זה נציג את החידושים הקשורים לצפייה בכוכב מאדים ונעסוק במספר שאלות הנובעות מתצפיות הללו ולפיהן יהיה אפשר לקבוע את מעמדו ההלכתי לצורך קביעת זמן צאת הכוכבים. בין היתר, נעסוק בהגדרת היום על פי ההלכה, נבדוק מהו

כוכב גדול הנראה ביום, מה הקשר בין כוכב גדול הנראה ביום לצאת הכוכבים והאם למסלולו של מאדים יש שייכות למעמדו ההלכתי.

הגדרת היום בהלכה נלמדת במסכת מגילה דף כ. מהפסוקים בנחמיה ד' ט"ו ט"ז :

" וְאַנְחָנוּ עֲשִׂים בְּמִלְאכָה וְחֻצִים מְחֻזְקִים בְּרִמְחִים מְעֵלוֹת הַשָּׁחַר עַד צֵאת הַכּוֹכָבִים :

...וְהָיוּ-לָנוּ הַלַּיְלָה מְשֻׁמֵּר וְהַיּוֹם מְלֻאכָה:"

היום הוא פרק הזמן מעלות השחר עד צאת הכוכבים. על פי עזרא, צאת הכוכבים אינו דווקא צאת כל הכוכבים אלא רק התחלת הראותם. בזמן חז"ל קבעו את זמני הנץ והשקיעה על פי ראיית בני אדם לפי המישור בו הם נמצאו (יד מאיר תשנ"ה). היום כשמשמשים בלוחות צריך להתחשב במישור בו נמצא הצופה. הרש"ז מליאדי, האדמו"ר הזקן של חב"ד (תקס"ג) קובע את זמן השקיעה האמיתית בהרים הגבוהים שבארץ ישראל ארבע דקות לאחר סילוק האור במישור.

לפי הגישה האסטרונומית, זמן שקיעת החמה הוא כאשר רואים שהשמש כולה נעלמה מתחת לאופק. בזמן זה המקום הגיאומטרי של השמש (מרכזה ללא תיקון שבירת האור) נמצא ב- $0.82 \pm 0.16^\circ$ מתחת לאופק (Scheafer 1990) שהוא המישור בירושלים הגבוהה ב-700-850 מטר מעל פני הים מרכז השמש נמצא ב- $1.43 \pm 0.16^\circ$ מתחת לאופק ירושלים. לכל הזוויות הנ"ל יש שגיאה של סטיית תקן אחד. [לפי שייפר (Scheafer 1990) לעיתים רחוקות רואים את השמש ברוחב גיאוגרפי של ירושלים למרות שמרכזה נמצא 2.5° מתחת לאופק בגלל תופעת Novia Zemalya (Sampson) (1993)]. תופעה זו, השכיחה יותר קרוב לקוטב, נגרמת בשל שבירה קיצונית של קרינת השמש השוקעת גם לאחר שהיא כולה מתחת לאופק]

לאחר שקיעת השמש מתחיל זמן היראות שלושה כוכבים. זמן זה תלוי בהעלמות הקצה העליון של השמש, במישור ממנו מסתכלים על שקיעתה, באופן שבירת האור

בשמיים ובהחשכות הרקיע. ניתן לחשב זמן זה לפי מיקום השמש תחת האופק במעלות ולא במספר קבוע של דקות מהשקיעה.

בהלכה מוזכרים ארבע זמנים שונים של צאת הכוכבים:

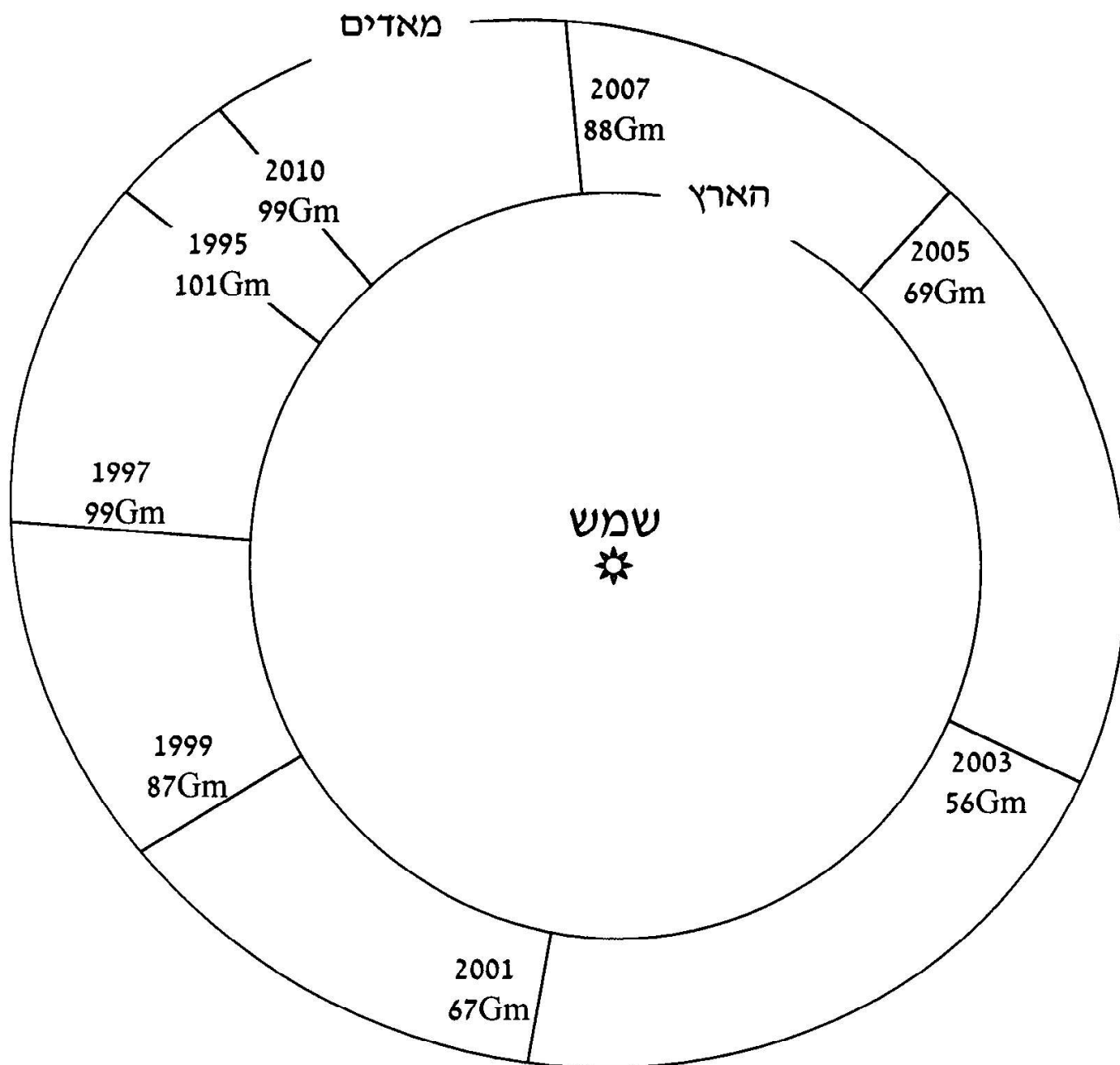
1. צאת כוכבים גדולים, זמן זה הוא ודאי יום.
2. צאת שלושה כוכבים בינוניים, זמן זה הוא לילה לעניין מוצאי תענית ומילת תינוק שנולד בערב שבת בין השמשות.
3. צאת שלושה כוכבים קטנים לעניין זמן קריאת שמע של ערבית.
4. צאת שלושה כוכבים קטנים רצופים, זמן צאת השבת.

להלכה, נקבע שזמן צאת הכוכבים הוא הזמן בו נראים שלושה כוכבים בינוניים (לפי שיטת רבנו יונה על ירושלמי ברכות עמוד א': "והא דאמרינן דמצאת הכוכבים הוא לילה דווקא שלושה כוכבים בינוניים") הזמנים הנוספים שהוזכרו בקשר לצאת הכוכבים (שלושה כוכבים קטנים ושלושה כוכבים קטנים רצופים) הם חומרות שהחמירו חכמים, במוצאי שבת, בגלל חומרת השבת, ובקריאת שמע, כדי לצאת ידי כל הספקות בקשר לאבחנה בין כוכבים גדולים לכוכבים בינוניים.

בספר "בין השמשות" (טוקצינסקי תרפ"ט) מבואר שזמן שלושה כוכבים בינוניים בירושלים הוא 22 דקות לאחר השקיעה בעונה בינונית דהיינו תקופות תשרי וניסן. לעומתו, האדמו"ר הזקן של חב"ד בסידורו (תקס"ג) משתמש בזמן של 24 דקות. ישנו גם מנהג ירושלים של 17-18 דקות (גנוט תשס"ג) לקביעת זמן תפילת ערבית. (הזמן לפי מנהג ירושלים, מתייחס לשקיעה הנראת על פני הים שהוא כמעט ארבע דקות אחרי השקיעה במשור, לכן, 17-18 דקות בירושלים שווה ל-21-22 דקות במשור החוף.) בזמן זה, השמש נמצאת בשעה זו כ- 6.1° מתחת לאופק.

זמן הראות שלושה כוכבים גדולים נתון למחלוקת (גנוט תשס"ג). ישנם מפרשים שמדובר בכוכבים הנראים ביום ודאי, כלומר, לפני השקיעה כמו נוגה. לפי זה הכוכבים הראשונים הנראים אחר השקיעה שייכים לסוג הכוכבים הבינוניים ואלה שיופיעו אחריהם יקראו כוכבים קטנים. לפי חישוב זה צאת הכוכבים יוקדם. כך נראה ממה

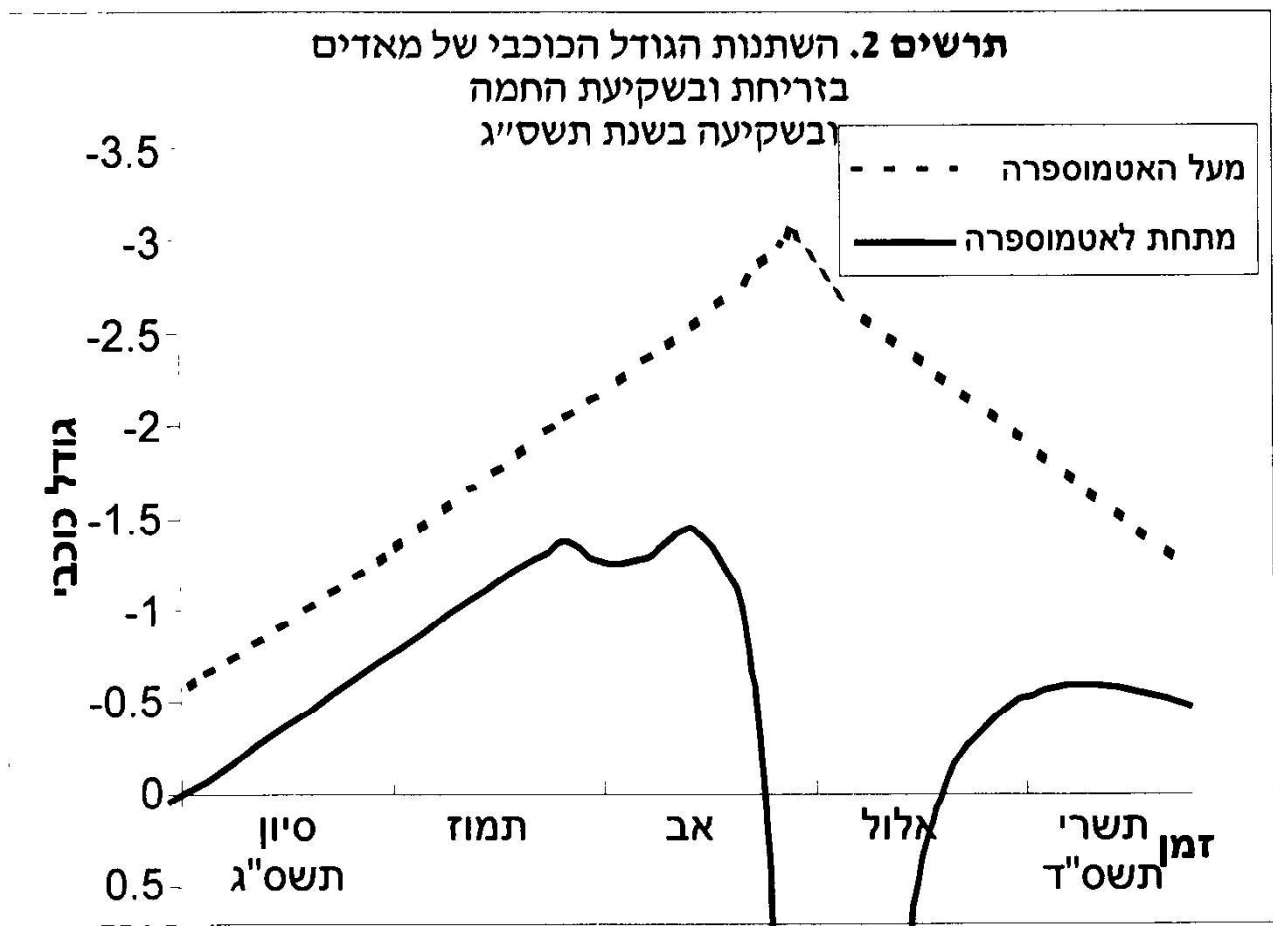
שפסק האדמו"ר הזקן של חב"ד (תקס"ג) לעניין כוכבים בינוניים: "והם אינם נראים לעולם לפני השקיעה האמיתית, אבל הגדולים מהם בגופם או באורם נראים לפעמים לפני השקיעה האמיתית" מלשונו של הרב משמע שגם אם הכוכב אינו נראה אלא שהוא גדול הוא יחשב לכוכב גדול. וכן נכתב בספר חידושי הרז"ה: "כוכבים גדולים הם הנראים לפני השקיעה" דוגמא לכוכב הנראה ביום הוא כוכב נוגה (גנוט תשס"ג). וכן כתב הרב יהוסף שוורץ במאמר דרך מבוא השמש: "כל הכוכבים נחלקים ל-3 חלקים א' גדולים ב' בינוניים ג' קטנים ... הגדולים הם הנראים ביום... והכוונה הנראים ביום הוא בזמן שהשמש על הארץ" (שוורץ תר"ג). לעומתם, מלשון הגרי"מ טוקצינסקי (טוקצינסקי תרפ"ט) בספרו, משמע שיש שלושה סוגי כוכבים גדולים בינוניים וקטנים והם מסודרים על פי סדר הופעתם: גדולים הם כאלה הנראים ביום ולא מתחשבים בהם לקביעת זמן צאת הכוכבים. הכוכבים הבינוניים נראים לאחר השקיעה אבל יתכנו כוכבים שהם מסוג בינוניים ונראים גם לפני השקיעה ולמי שישאל הרי כוכב זה שייך לסוג הגדולים? יענה הרב טוקצינסקי שהראות הכוכב ביום אינה משייכת אותו בהכרח לסוג גדולים, אלא יש כל מיני בינוניים, ואותו כוכב בינוני הוא הכוכב אליו התכוונו חכמים במסכת שבת: "כוכב אחד יום, שנים בין השמשות, שלשה לילה" (שבת לה', ב). קיימת אם כן נראה מחלוקת על ההגדרה ההלכתית של גודל הכוכבים. לפי שיטה אחת, התשובה לשאלת קיומם של כוכבים הנראים ביום תלויה בתצפיות על כוכבים אלו בזמן שהוא עדיין יום על פי ההגדרה ההלכתית, כלומר אחרי הזריחה או לפני השקיעה. אם יתקבלו תצפיות חיוביות לכוכב כלשהו בזמן שהוא יום, הרי שהתשובה לכך היא חיובית. אולם, לפי הרב טוקצינסקי (טוקצינסקי תרפ"ט) אין צורך בתצפיות כאלו אלא זו עובדה אסטרונומית ידועה.



תרשים 1. תנועת מאדים וכדור הארץ מסביב לשמש ($Gm = \text{מיליון קילומטר}$). מסומנים מקומות קריבות מרביות בין מאדים וכדור הארץ.

קיימים מספר כוכבים שנצפו ביום. בין הכוכבים שדווח עליהם שנראו ביום ניתן להזכיר את נוגה (כוכב זה הוזכר כבר בתלמוד הירושלמי ברכות ב' עמוד ב' בשם כוכבתא) וכן את סיריוס וצדק (ואלטר תשס"ד, בגליון זה). בנוסף, שייפר (Schaefer 1998) טוען שראה את כוכב קנופוס מהר גבוה בצילי ביום, אך לא לפני שהשמש

הייתה שוקעת אילו היה מדובר בגובה ירושלים. ישנם כוכבים שעדיין צריכים בדיקה כי קיים ספק אם יש אפשרות שניתן לראותם, למשל חמה ושבטאי. בשנת תשס"ג נוצר מצב אסטרונומי החוזר פעם ב-15 שנה, ולפיה כוכב מאדים נמצא קרוב אל הארץ קרבה מספיקה שלפי חישובים (Schaefer 1998, הופמן וכאץ תשס"א) קיימת אפשרות צפייה יחסית קלה בכוכב מאדים ביום. בתרשים 1 מובא מהלך תנועתו האליפטית של מאדים, לעומת תנועתו האליפטית של כדור הארץ מסביב לשמש.



הקו המקווקו מתאר את הגודל הכוכבי מעל לאטמוספירה, והקו הרצוף את הגודל הכוכבי מתחת לאטמוספירה. (מתחת לאטמוספירה משפיעים גורמים נוספים על הגודל הכוכבי כגון אובך, פיזור האור ובליעה של קרינת השמש על ידי שכבת האוזון ולכן העקומות אינן זהות) ונראה שישנם שתי נקודות שבהם אפשר לראות את מאדים. מאדים נראה לפני הזריחה בתחילת אב (ראה טבלה 1) ואילו לפני השקיעה הוא צפוי להראות במהלך חודשים אלול ותשרי.

מאדים מסתובב במעגל אליפטי שקוטרו גדול יותר מקוטר המעגל האליפטי שבו מסתובב כדור הארץ ומרכז המעגל שלו שונה ממרכז המעגל של כדור הארץ. עובדה זו גורמת למהלך של התרחקות והתקרבות מחזורית של כוכב מאדים אל כדור הארץ.

אשתקד (תשס"ג) מאדים נמצא בקרבה מכסימלית אל כדור הארץ, וכן נמצא קרוב מספיק אל השמש, כך שמתקיימים שני תנאים המאפשרים את הצפייה בו: הוא קרוב מספיק אל הארץ, והוא קרוב מספיק אל השמש, עובדה שבגללה הגודל הכוכבי שלו הוא מכסימלי. בתרשים 2 מובאת השתנות הגודל הכוכבי של מאדים במהלך החודשים סיון תמוז אב אלול תשס"ג ותשרי תשס"ד.

טבלה 1: תצפיות במאדים (הזמנים לפי שעון קיץ)

שם	רוחב	אורך	גובה	תאריך	זמן העלמות/ הופעה	זמן בתוך היום	טמפרטורה	לחץ	לחות
	°C	mbar	%	m					
רוי הופמן	31.79	35.31	430	2003/7/25	05:59	8	22	956	61
מרים כאץ	32.08	34.88	40	2003/7/26	05:53	1	25		62
טוביה כאץ	32.08	34.88	40	2003/7/26	05:46	-6	25		62
מרים כאץ	32.08	34.88	40	2003/7/27	05:51	-2	26		80
טוביה כאץ	32.08	34.88	40	2003/7/27	05:44	-9	26		80
רוי הופמן	31.79	35.31	430	2003/8/15	06:11	7	22.5	959	52
דני לוי	31.79	35.18	700	2003/9/9	18:54:30	-1.5			
רוי הופמן	31.79	35.31	430	2003/9/10	19:01	-10	27.5	963	49
רוי הופמן	31.79	35.31	430	2003/9/14	18:51	-5	26	963	53
רוי הופמן	31.79	35.31	430	2003/9/16	18:43	0	25	964	49
מרים כאץ	32.08	34.88	40	2003/9/16	18:52	-7	27		62
טוביה כאץ	32.08	34.88	40	2003/9/16	18:55	-10	27		62
מרים כאץ	32.08	34.88	40	2003/9/17	18:55	-11	29		64
טוביה כאץ	32.08	34.88	40	2003/9/17	18:59	-15	29		64
רות פוריס	32.08	34.88	40	2003/9/17	18:54	-10	29		64
מרים כאץ	32.08	34.88	40	2003/9/18	18:46	-3	28		58
טוביה כאץ	32.08	34.88	40	2003/9/18	18:53	-10	28		58

תועדו בטבלה 1 שלוש תצפיות של כוכב מאדים בשעות שלאחר הזריחה וכן תועדה תצפית ואחת בזמן השקיעה ממש. התוצאות המודגשות בטבלה הן של צופים שראו את מאדים אחרי הזריחה או בזמן השקיעה. תוצאות אלו הן עדות ברורה שניתן לראות את מאדים בזמן שהוא יום. התצפיות לפני השקיעה מראות שניתן לראות את מאדים בזמן השקיעה באופק מישורי. זמן זה הוא ארבע דקות לפני השקיעה באופק ירושלים. כך שניתן יהיה להחשיב זמן זה כאילו מאדים נראה לפני השקיעה. לעניין התצפיות יש להעיר שהן בוצעו על ידי תצפיתנים מנוסים שידעו היכן לחפש את מאדים. בערב נעשה שימוש במשקפת כדי למצוא את מקומו של מאדים ואחר כך בוצע מעקב בעין חשופה. התצפיות בוצעו כאשר השמיים בהירים וללא עננים.

סיכום

מאמר זה אינו מתיימר להיות פסק הלכה. למרות זאת, ניתן להעלות מספר נקודות לדיון. האם משמעות העובדה שמאדים נראה לעיתים רחוקות, ורק על ידי צופים מומחים, מספיקה כדי לקבוע שהוא כוכב גדול שלא נחשב בין שלושה הכוכבים לקביעת צאת הכוכבים? [לנו הקטנים נראה שלפי האדמו"ר הזקן (תקס"ג) התשובה היא כן.] האם הנקודה ממנו נצפה מאדים תשנה את התייחסות הפוסקים אל התצפית (אופק ירושלים או אופק מישורי)? האם יש מקרים שבהם גם כוכבים שנראו אחרי השקיעה יחשבו לגדולים (ואז נאחר את זמן צאת הכוכבים)?

תודות

תודה לטוביה ומרים כאץ, רות פוריס ולדני לוי עבור יעוץ ותצפיות.

מראי מקומות

Sampson R. Feb. 1993, *Sky Telescop.*, 96.

Schaefer B. E. & Liller W. 1990, *Pub. Astron. Soc. Pacific*, **102**, 796.

Schaefer B. E. May 1998, *Sky Telescop.*, 57.

הרב שניאור זלמן (בורוצ'וביץ') מליאדי (האדמו"ר הזקן של חב"ד) בסידורו, שקלוב, בילרוס, תקס"ג

גנוט מ. – הרב מרדכי גנוט תשס"ג,

יד יצחק, עורך ולנר ש., כרם ביבנה עמי 77.

הופמן ר. ע. וכאץ ט. תשס"א, *יודעי בינה*, א', 115.

ואלטר ש. תשס"ד, *יודעי בינה*, ב', בגליון זה.

טוקצינסקי י. מ. – הרב יחיאל מיכל טוקצינסקי, בין השמשות, ירושלים, תרפ"ט.

"יד מאיר", זמני ההלכה למעשה, תשנ"ה.

שוורץ י., - הרב יהוסף שוורץ, תולדות יוסף, ירושלים, תר"ג, עמי מ"א.