

בס"ד תשע"ה. עדכון אחרון: כ"ג שבט תשפ"ב

זמן המולד הממוצע ומקורותיו

במשך הדורות

מה יוסיף המאמר הזה? הרי בוודאי כבר דיברו על כך...

ההנחה היא שרוב הקוראים אינם בקיאים במקורות העתיקים, לא עיינו בהם במקור, ולא חישבו את התוצאות בעצמם. לכן כשהם מעיינים במאמרים שונים שדנים בהשוואות אלו, הם יכולים להתפלא על תוצאות ומסקנות שונות בין המאמרים והמקורות השונים, ואין להם דרך פשוטה לבדוקם.

כמו כן האסטרונומים נוהגים לציין את אורכי המולד כיממות עם שבר עשרוני, דבר המקשה על הבנת התוצאה בפועל, ובפרט שההבדלים בין המקורות השונים הם סביב הסיפורה הרביעית לאחר הנקודה.

קושי נוסף הוא בלימוד ספרי התכונה היהודיים, שדנו רבות בסוגיית המולד הממוצע והעלו סברות וחידושים רבים בנושא, אך ספרים אלו אינם מצויים לכל, ורוב הקוראים לא ילמדו אותם על מנת ללקט מהם את חידושיהם.

על כן חשוב שיהיה מאמר שמביא את כל המקורות המרכזיים, עם חישובים מדויקים – בלי לעגל (עיגולים גסים גרמו לשגיאות במאמרים מסויימים), עם השוואות מתאימות בין הערכים השונים (שבהן כל הערכים מדויקים), עם חישוב מדויק (ככל הניתן) של הזמן האמיתי שהיה בעבר (דבר שגם במקורות מכובדים לא תמיד נעשה), בתוספת הסברים ונוסחאות הניתנים לבדיקה (לא רק מספרים), מקורות נגשים, ליקוט של כל החידושים והסברות שבספרי התכונה היהודיים (כשלושים ספרים), והכל מתורגם למספרים קריאים ומובנים – עם דקות ושניות. ולסיום – מלוקטות כל השיטות השונות ביחס למקור דבריו של רבן גמליאל על המולד, גם השיטות הידועות פחות, ודין בדבריהם.

מאמר זה שייך למשפחת מאמרים הדנים בסוגיות הלכתיות-מציאותיות, לגבי שאלת דיוקן ומקורותיהן, וההשוואות בין דברי חז"ל והראשונים לידע שהיה מקובל באומות העולם בתקופתם.

אבותיו של מאמר זה הם המאמרים:
 "הידיעות המדעיות של חז"ל – תוקפן ומקורן"
 "באהלי שם – האם חז"ל והראשונים קיבלו את יסודות המדע היווני"

אחיו הם:
 "תירוץ חדש לקושיא עתיקה בעניין היחס שבין היקף המעגל לרוחבו"
 "דע מאיין באו – בעניין יצירתם של כינים סלמנדרה ועוד"
 "מנא להו – מהו מקור חכמתם של אומות העולם"

מאמר נוסף שדן על זמן המולד וכללי הלוח:
 "האם כללי הלוח ניתנו מסיני? וכיצד טעות בסיפורה אחת שינתה תפיסה שלמה?"

ספר שדן בעקרונות האמונה ויסודות המחשבה בכלל:
 "אמונה טהורה – במה אנו מחויבים להאמין? במה מותר להאמין? במה אסור להאמין?
 ובמה לא נכון להאמין?"

© כל הזכויות שמורות למחבר

אביגדור אמיתי

Mada.Hazal@Gmail.com

תמצית המאמר

בעולם העתיק – הכשדים, הפרסים, המצרים, היוונים ובני המאיה – היו תשע שיטות שונות מהו אורך המולד הממוצע, רובן קרובות מאוד לזמן האמיתי (פרק א).

השיטה המדויקת ביותר ביניהן היא שיטתם של קידינו הכשדי, היפרכוס היווני והלוח העברי (המכונה: כ"ט י"ב תשצ"ג). לאחר שקלול השינויים שחלו מזמנם ועד היום באורך סיבוב הירח ובאורכה של היממה, הסטייה של שיטה זו היא כרבע שניה (פרקים ב-ה).

היוונים הסבירו כיצד הגיעו לתוצאה זו: ע"י מדידת ההפרש בין שני ליקויים שאירעו בהפרש של כ-350 שנה, וחלוקתו במספר החודשים שביניהם (פרק ז).

במקורות היהודיים ישנה מחלוקת האם הזמן שהביא רבן גמליאל – כ"ט י"ב תשצ"ג – מקורו במסורת מסיני, או בחקירה טבעית, כמו שעשו הגויים כבר מאות שנים לפניו, וכך מסתבר יותר. ויש שהביאו ראיות שרבן גמליאל עצמו כלל לא הביא את מספר זה, אלא הוא הוכנס לגמרא בתקופה מאוחרת יותר (פרק ח).

אגב, ע"פ זה גם יובן מאוד מדוע חז"ל חילקו את השעה דווקא ל-1080 חלקים (פרק ט).

תוכן הפרקים

3	תמצית המאמר
5	פרק א – המקורות העתיקים
11	פרק ב – הערך הידוע בימינו
12	פרק ג – הערך האמיתי שהיה בעבר
14	פרק ד – שינוי אורך היממה מבעבר
15	פרק ה – מסקנה לגבי הדיוק במקורות העתיקים
16	פרק ו – חוסר דיוק נוסף
17	פרק ז – כיצד הגיעו בזמנם לתוצאות מדויקות
21	פרק ח – מקור דבריו של רבן גמליאל
33	פרק ט – הטעם לחלוקת השעה ל-1080 חלקים
36	רשימת המקורות

פרק א – המקורות העתיקים

המולד הממוצע (א: החודש הירחי) הוא אורך הזמן הממוצע שבין מולד הלבנה לבין המולד שלאחריו, והוא עומד ביסודותיו של הלוח העברי.

בעולם העתיק – מהמאה ה-5 לפני הספירה ועד המאה ה-1 לפני הספירה – היו תשע שיטות מהו אורך המולד הממוצע, שהפרש ביניהן הוא שניות עד דקות בודדות. הן מפורטות לקמן, ומסודרות ע"פ אורך החודש – מהארוך יותר אל הקצר יותר:

בעלי השיטה	תקופתם: ¹ המאה	הניסוח המקורי	בניסוח עשרוני ²	בדקות ושניות: 29½ יום ועוד
1 בני המאיה והסינים	ה-5 לפנה"ס	³ 4784/162	29.530,864,197,530	44 דקות 26½ שניות
	ה-2 לפנה"ס	⁴ 29 _{43/81}		
2 חלק מהמצרים		+ 29½ 796.89/1080 מהשעה ⁵	29.530,744,212,962	44 דקות 16.3 שניות
3 חלק מהכשדים		+ 29½ 794.58/1080 מהשעה ⁶	29.530,655,092,592	44 דקות 8.6 שניות
4 גמינוס (יווני) א ⁷	ה-1 לפנה"ס	29,31,50,18 בבסיס ⁸ 60	29.530,638,888,888	44 דקות 7.2 שניות
5 נאבורימאנו (כשדי) ⁹	בין ה-6 ל-3 לפנה"ס ¹⁰		29.530,614	44 דקות 5.0496 שניות
6 קידינו (כשדי) ^{11,12} , היפרכוס (יווני) ¹⁵ , גמינוס (יווני) ¹⁶ ב ¹⁷ והלוח העברי	ה-4 לפנה"ס	29,31,50,8,20 בבסיס ¹³ 60	29.530,594,135,802 ¹⁴	44 דקות 3⅓ שניות
	ה-2 לפנה"ס			
	ה-1 לפנה"ס	ה-2 לספירה ¹⁸		
7 חלק מהמצרים, מהפרסים ²⁰ ומהכשדים וכן הישמעאלים ²²		11/15 + 29½ מהשעה ²¹	29.530,555,555,555	44 דקות 0 שניות
		+ 29½ יום ²³ 792/1080 מהשעה ²⁴		
8 חלק מהפרסים ²⁵ , מהכשדים ²⁶ וגמינוס (יווני) ²⁷ ג ²⁸		29½ + 1/33 יום	29.530,303,030,303	43 דקות 38.181818 שניות
	ה-1 לפנה"ס			
9 חלק מהפרסים ²⁹ והכשדים הקדמונים ³⁰		29½ יום + ⅔ שעה	29.527,777,777,777	40 דקות 0 שניות

- ¹ הסדר ע"פ תאריכי המקורות (אלו הידועים לנו) הוא:
 נאבורימאנו (המאה ה-5 לפנה"ס): 44 דקות 5.0496 שניות
 בני המאיה (המאה ה-5 לפנה"ס): 44 דקות $26\frac{2}{3}$ שניות
 קידינו (המאה ה-4 לפנה"ס): 44 דקות $3\frac{1}{3}$ שניות
 חלק מהפרסים (בשלב הראשון) והכשדים הקדמונים: 40 דקות
 הפרסים (בשלב השני) והכשדים: 43 דקות 38 שניות
 המצרים, והסכימו עמם הפרסים (בשלב השלישי שלהם) וכן הכשדים: 44 דקות
 (לגבי שלושת המקורות האחרונים לא מצויין זמנם המדויק, אך הם מסודרים ע"פ סדר זה, וידוע לנו שהם קדמו להיפרכוס)
 הסינים (המאה ה-2 לפנה"ס): 44 דקות $26\frac{2}{3}$ שניות
 היפרכוס (המאה ה-2 לפנה"ס): 44 דקות $3\frac{1}{3}$ שניות
 גמינוס (המאה ה-1 לפנה"ס): 44 דקות 7.2 שניות, או: 43 דקות 38 שניות
 רבן גמליאל (המאה ה-2 לספירה): 44 דקות $3\frac{1}{3}$ שניות.
- ² במאמרים שונים נפלו טעויות בנושא זה שנבעו מעיגול ערכי היממות (למשל, עיגול לאחר הספרה הרביעית שלאחר הנקודה, עלול לשנות את התוצאה בקרוב לעשר שניות). לכן במאמר זה דייקנו באורך היממות עד 12 ספרות לאחר הנקודה, דהיינו דיוק של 1 ל-10 מיליון של השנייה.
- ³ כתב העת Astronomical Implications of Maya Hieroglyphic Notations at Xultun – Vol. 44, No. 154, February 2013. ובאופן מעוגל במקצת בספר Crossing Paths – Cultural Surprises in a Global World ובמאמר Mesoamerican Archaeoastronomy.
 אמנם יש שכתבו בשם בני המאיה ערכים קצרים יותר משמעותית: בספר Teeple 1931:67 הביא את החישוב $29.53020134=4400/149$ יום, דהיינו 29 יום 12 שעות 43 דקות 29.395 שניות, ובספר The Hidden Maya – A New Understanding of Maya Glyphs הביא את הערך 29.52592 , דהיינו 29 יום 12 שעות 37 דקות 19.488 שניות.
- ⁴ הקיסר השני של שושלת האן הכניס שינויים בלוח השנה הסיני, ועל פיהם לוח זה משלב את שנת החמה של הלוח הסיני הוא גם המקור ללוח הקוריאני והיפני.
⁵ קורות התכונה, הובא בתורה שלמה ח"ג עמוד קו.
⁶ קורות התכונה, הובא בתורה שלמה ח"ג עמוד קו.
⁷ הובאו בשמו שלושה ערכים שונים.
⁸ המאמר Ancient and medieval values for the mean synodic month.
⁹ Astronomical Observations עמוד 135, Universalium ערך Nabu-rimanni, אנציקלופדיה בריטניקה ערך Nabu-rimanni, ויקיפדיה הגרמנית ערך Nabu-rimanni.
¹⁰ מסתבר יותר: ה-5 לפנה"ס.
¹¹ יש שעירבו בעניין זה בין הכשדים לבבלים, כך שבחלק מהמקורות ערך זה הובא בשם הבבלים.

¹² ויקיפדיה האנגלית ערך Kidinnu, ספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 19 בהערה בשם הכלדיים בכלל. לעומת זאת, בוויקיפדיה האנגלית בערך Lunar theory הביאו בשם הבבלים את הערך 29.530594, וככל הנראה הכוונה לאותו הערך אלא מעוגל. History of the Sciences in Greco-Roman Antiquity עמוד 14 (באופן מעוגל במקצת). ובמאמר Ancient and medieval values for the mean synodic month הביא בשם הבבלים גם את הערך: קצת יותר מ- 29.53059290, המנוסח כך: ...29,31,50,8,4 בבסיס 60 (דהיינו: 3.22666 שניות), וכתב על כך שכנראה הגיעו לתוצאה זו ע"י שימוש בנתונים מעוגלים.

¹³ לבבלים היתה מערכת ספירה מבוססת על בסיס 60, בנוסף לזו העשרונית.

¹⁴ לצורך דיוק רב יותר – זהו שבר מחזורי: ...29.530,594,135,802,469. את דיוק זה ניתן להשיג ע"י מחשבון windows בתצוגה המדעית. מחשבון רגיל בוודאי לא יגיע למספר זה של ספרות, וכן חשוב לציין שתוכנת excel מעגלת ברמה מסוימת הן את התוצאות, והן את החישובים עצמם. למותר לציין שהערך של קידינו והיפרכוס זהה לחלוטין לזה של רבן גמליאל.

¹⁵ תלמי בספרו אלמגסט ספר 4 פרק 2 ותחילת פרק 3, הובא בספר יוחסין מאמר ראשון סוף ד"ה יהושע בן פרחיה (בלשונו: אברכס), בספר יסודי העיבור מאמר ג פרק מו, בספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 18, בספר על השמינית הערה 88, ובוויקיפדיה האנגלית ערך Hipparchus.

אמנם היו גירסאות אחרות בדברי היפרכוס שמובאים באלמגסט, הקרובות לערך זה, אמנם ברור שזוהי הגרסה המקורית. לקמן בהערה 60 נאריך בזה, וכן נציין שתוצאת בדיקתו של היפרכוס היתה באמת שונה במקצת מהערך הנ"ל.

¹⁶ הובא במאמר עיבורים ומחזורים עמוד 290.

¹⁷ הובאו בשמו שלושה ערכים שונים.

¹⁸ ולקמן בפרק ח שיטה ב נביא דעות שערך זה נוסף לגמרא בתקופה מאוחרת יותר.

¹⁹ רבן גמליאל בשם בית אבי אבא בגמרא ראש השנה כה., ובניסוח של ילקוט תהילים רמז תתסד: 29½ יום ו-793/1080 מהשעה (תשצ"ג חלקים).

²⁰ בשלב השלישי שלהם.

²¹ ספר העיבור מאמר ב שער ב בשם תלמי, הובא גם במצרף לכסף מאמר ב פרק י"ג ד"ה ועל השמינית.

²² וע"פ חשבון זה נערך לוח השנה המוסלמי.

²³ תשצ"ב חלקים.

²⁴ חשבון מהלכות הכוכבים "שורש חשבון הערב" עמוד נב, חשבון תקופות ומולדות עמוד 25. ובספר יבין שמועה (תפארת ישראל השער הראשון ד"ה אמנם) הביא זאת בסתם בשם החכמים שקדמו לתלמי (המכונה: בטלמיוס).

יש להעיר שהיו שגרסו את ערך זה בשם תלמי והיו שגרסו כך בשם היפרכוס, הובאו לקמן פרק ח שיטה ד. אך על פי המקור היווני של האלמגסט, וכן על פי חשבוננו של היפרכוס שהובא אצל תלמי – מוכח שהן גירסאות מוטעות.

והיסוד עולם גיב הביא שתלמי כתב את ערך זה "באחד מספריו" בשם "דעת קדמוני האומות".

²⁵ בשלב השני שלהם.

²⁶ ספר העיבור מאמר ב שער ב בשם תלמי, הובא גם במצרף לכסף מאמר ב פרק י"ג ד"ה ועל השמינית.

²⁷ הובא במאמר עיבורים ומחזורים עמוד 289, ושם הביא שגמינוס הסיק שערך זה אינו מדויק. ובספר Greek Astronomical Calendars עמוד 38 הביא זאת בניסוח: 29+35/66, ובספר Routledge History of Philosophy Volume II: Aristotle to Augustine עמוד 296 הביא זאת בניסוח מקורב: 29,31,49,5 בבסיס 60.

²⁸ הובאו בשמו שלושה ערכים שונים.

²⁹ בשלב הראשון שלהם.

³⁰ ויש שגרסו כך גם בדברי רבן גמליאל, הובאו לקמן בפרק ח שיטה ב.

בסופו של דבר, הערך 29,31,50,8,20 בבסיס 60, שפורסם ע"י תלמי במאה ה-2 לספירה (וכן בלוח העברי בניסוח כ"ט י"ב תשצ"ג)³¹ התקבל מאז במשך מאות שנים ללא עוררין (לעיתים בשינויים קלים שנבעו מטעויות³²).

לאחר שראינו את המקורות העתיקים³³, נעבור לזמן הידוע בימינו.

³¹ בטבלה דלעיל – שיטה מספר 6.

³² כדלעיל הערה 15 וכדלקמן הערה 60.

³³ ליקטנו כאן את השיטות מהעת העתיקה. בימי הביניים נוספו עוד שיטות רבות אחרות (ביניהן של הרמב"ם) – כולן קצרות במקצת מהערך של קידונו היפרכוס והלוח העברי, וביניהן הפרשים קטנים יותר (לעיתים אף של כמאית שנייה). הקצרה ביותר – של באנו מוסא – 29.530,582,051,183 יום, דהיינו 2.28922222 שניות, והארוכה ביותר – של איבן יונוס ואל-ביטרוג'י – 29.530,593,317,901 יום, דהיינו 3.26266666 שניות (הובאו במאמר Ancient and medieval values for the mean synodic month נספח 3, ובספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 19). ובהודו, אריאבהאטה (המאה ה-5 לספירה, ועל פיו נערך לוח השנה ההינדי העתיק) חישב זמן קצר במעט אף מכל שיטות אלו – 29.530,581,807,581 יום, דהיינו 2.26817491 שניות (Calendrical Calculations עמוד 134, המאמר The Length of the Lunar Cycle, המאמר The Āryabhatiya of Āryabhata: The oldest exact astronomical constant? ושם הוסיף שכלל הידוע הוא הראשון שהגיע לדיוק מדהים שכזה).

יש מי שביאר – ע"פ אחת משיטות אלו – את שורשה של מחלוקת הרס"ג ובן מאיר (שרבים ניסו לברר את טעמה): בן מאיר ביסס את המולד על שיטתו של אל-בתאני, שפורסמה שנים מספר לפני זמנו, והיתה מדויקת יותר, והרס"ג המשיך לבסס את המולד על פי השיטה הישנה (רבי יעקב לוינגר, הובא בספר ידעי בינה חלק ה עמוד 75).

פרק ב – הערך הידוע בימינו

זמן המולד הממוצע הידוע לנו היום הוא³⁴:

דהיינו: 29 יום 12 שעות 44 דקות **2.8769 שניות**. 29.530,588,853,009,3 יום

ניתן לראות בבירור ששיטתם של קידינו היפרקוס והלוח העברי³⁵ היא המדויקת ביותר, אלא שלצורך דיוק מירבי יש לשקלל נתונים נוספים³⁶. ועל כך בשני הפרקים הבאים.

³⁴ אסטרופדיה ערך חודש, לגבי שנת 2000, וככל הנראה זהו הערך המדויק ביותר. במקורות שונים מופיעים ערכים הקרובים לערך זה, אלא מעוגלים ברמות שונות.

אמנם בספר CRC Handbook of Chemistry and Physics עמוד F-258 הובא ערך אחר: 29.530,587,981 יום, שהן 2.801558 שניות.

³⁵ שיטה 6 בטבלה דלעיל.

³⁶ יש להעיר שגם חלק מהמקורות הרציניים התעלמו משקלול הנתונים הנוספים שבשני הפרקים הבאים.

פרק ג – הערך האמיתי שהיה בעבר

כיוון שהמקורות העתיקים עוסקים בזמן המולד שלפני 2400-2000, סיבוב הירח הואט מאז. כלומר, החודש הירחי בזמנם היה קצר יותר³⁷.

על מנת לחשב מה היה אורך המולד בעבר, בשנת 400 לפני הספירה (בערך בתקופת חשבונותיהם של נאבורימאנו, קידינו ובני המאה³⁸) – ישנן שלוש נוסחאות שונות, ושוב תוצאותיהן קרובות מאוד זו לזו³⁹ – החודש הירחי בעבר היה קצר יותר בכחצי שנייה מבימינו. וליתר פירוט:

נוסחה א⁴⁰

דהיינו: 29 יום 12 שעות 44 דקות **2.42858688** שניות. 29.530,583,664,2 יום⁴¹

נוסחה ב⁴²

דהיינו: 29 יום 12 שעות 44 דקות **2.3550432** שניות. 29.530,582,813 יום⁴³

³⁷ סיבוב הירח מואט במשך הזמן כתוצאה מכך שהירח מתרחק מכדור הארץ ב-3.8 ס"מ בשנה (המאמר Measuring the moon's distance, Hebrew Calendar Studies: Why Divide Hours into 1080 Parts?, המאמר).

³⁸ אמנם ברור שחישוביהם הסתמכו גם על תצפיות מוקדמות יותר, שלא נוכל לדעת מאלו תאריכים הן.

³⁹ ההפרש בין תוצאותיהן הולך וגדל ככל שהתאריך המבוקש רחוק יותר מזמננו.

⁴⁰ $y \times 0.000000002162 + 29.530588853$

כאשר y הוא המרחק משנת 2000.

⁴¹ ויקיפדיה האנגלית ערך Lunar month (מאוחר יותר, לאחר שהמאמר כבר פורסם, עודכנה הנוסחה, כדלקמן בסמוך).

⁴² $T \times 0.00000000252 + 29.530588861$

כאשר T הוא המרחק משנת 2000.

⁴³ ויקיפדיה האנגלית ערך Lunar month, לאחר שעודכנה (לאחר פרסום המאמר בעבר).

נוסחה ג⁴⁴

דהיינו: 29 יום 12 שעות 44 דקות **2.40816342 שניות**.⁴⁵ 29,530,583,427,817 יום
 ככל הנראה זו התוצאה המדויקת יותר, כיוון שהיא מבוססת על נוסחה מורכבת הרבה יותר.

אלא שיש לשקלל נתון נוסף, משמעותי אף יותר, ועל כך בפרק הבא.

$$\text{Synodic Month} = 29.5305888531 + 0.00000021621 T - 3.64 \times 10^{-10} T^2 \quad 44$$

כאשר

$$T = \frac{JD - 2451545}{36525.0}$$

וכאשר JD הינו היום היוליאני (ספירה רציפה של ימים המתחילה בתחילת 4713 לפנה"ס. לדוגמא: בתחילת שנת 400 לפנה"ס היום היוליאני היה 1575323, בתחילת שנת 2000 הוא היה 2451923).⁴⁵ אסטרופודיה ערך חודש.

פרק ד – שינוי אורך היממה מבעבר

בזמננו אנו מחשבים את כל הזמנים הנ"ל באופן שיממה מוגדרת $86400 (24 \times 60 \times 60)$ שניות מדויקות ללא שינוי⁴⁶. כלומר, כשאנו מחשבים למפרע מה היה אורך החודש הירחי לפני 2400 שנה, אנו מודדים זאת ע"פ היממה של זמננו (בערך). כיוון שברור שהקדמונים מדדו את היממה ע"פ היממה שהיתה בזמנם, וסיבוב כדור הארץ סביב צירו מואט במשך הזמן גם הוא⁴⁷, עולה מכך שהיממות בזמנם היו קצרות יותר, ולכן תוצאה גדולה יותר ע"פ חשבונם שווה לתוצאה קטנה יותר ע"פ חשבוננו.

חישוב שינוי אורך היממה הוא שבכל 100 שנה היממה מתארכת ב-1.7 אלפיות שנייה⁴⁸. ע"פ זה, ב-2400 שנה היממה התארכה ב-0.0408 של השנייה. ואם כן חודש שלם, שיש בו כ-29.53 יממות, התארך ביותר משנייה שלמה (1.204824 שניות). לכן כשאנו משווים בין הזמנים העתיקים לבין זמנינו, עלינו להפחית מהזמנים העתיקים קצת יותר משנייה שלמה.

⁴⁶ שניות אטומיות, המוגדרות כ-9,192,631,770 מחזורי מעבר (תדירות רטט) בין שתי רמות אנרגיה של אטום צסיום-133.

⁴⁷ האטת סיבוב כדור הארץ נגרמת בעיקר ע"י כוחות הגאות של הירח, ושינויים קטנים נוספים נובעים מתנועות של קרום כדור הארץ ביחס לציר הסיבוב, שינויים עונתיים נגרמים ע"י גורמים מטאורולוגיים, וכן ישנם שינויים הנובעים מהקשר בין מעטפת כדור הארץ לגרעין שלו (אסטרופדיה ערך יממה כוכבית).

⁴⁸ ויקיפדיה העברית ערך אורך היממה וויקיפדיה האנגלית ערך ΔT.

פרק ה – מסקנה לגבי הדיוק במקורות העתיקים

העולה מכך הוא שבין המקורות העתיקים, מי שדייקו ביותר – ע"פ החודשים שהיו בזמנם וע"פ היממות שהיו בזמנם – הם קידינו היפרכוס והלוח העברי, שהביאו את המספר:

29 יום 12 שעות 44 דקות $\frac{3}{5}$ שניות

שביממות שלנו זהה בקירוב ל:

29 יום 12 שעות 44 דקות 2.13 שניות

כאשר ידוע לנו היום שאורך החודש (ביממות שלנו) – בזמנו של קידינו – היה בקירוב:

29 יום 12 שעות 44 דקות 2.4 שניות

כך שהסטייה שלהם לחודש⁴⁹ היא 0.27 שנייה בקירוב – כרבע שנייה⁵⁰.

⁴⁹ ואכן בנאוה קודש (קידוש החודש פ"ו ה"ג) העיר שכ"ט י"ב תשצ"ג אינו בדקדוק מוחלט אלא בדרך קירוב, וביאר שאין מן הצורך לדקדק בחשבון כזה על שברים קטנים. וכן ברמב"ם מצאנו שע"פ דבריו (קידוש החודש יד-ב) יוצא חשבון אחר מהערך שבגמרא (חשבון תקופות ומולדות עמוד 19, נפרט זאת לקמן פרק ח סוף שיטה א), ומוכח שאף הרמב"ם סבר שהערך שבגמרא אינו מדויק לחלוטין. ופלא על רבי ניסן טוקצינסקי, שכתב בלוח לארץ ישראל (תשס"ה מבוא מיוחד עמוד 9) שהחשבון האמצעי מתאים לחשבון האסטרונומי במשך אלפי שנים עד היום.

מעניין לציין שלבעל הפירוש על הרמב"ם (קידוש החודש פ"ו ה"ג) היתה גירסה מוטעית בדברי תלמי, שעל פיה הוא סבר שאורך המולד הוא כ"ט י"ב תשצ"ב, ועל סמך זה כתב שם שדברי רבן גמליאל אינם מדויקים, אלא דברי תלמי.

אגב, אין מסתבר להסביר שסטייה זו של הלוח העברי נובעת רק מהשיטה לחלק את השעה ל-1080 חלקים ומהרצון לתת ערך בעל חלקים שלמים, שהרי רבים מהמפרשים ביארו שהטעם שחילקו את השעה ל-1080 חלקים הוא לצורך הדיוק של 73 חלקים שלמים, שאם היו 72 חלקים היו מחלקים את השעה ל-15 (ספר העיבור מאמר ב שער ב, 'בין שמועה תפארת ישראל תחילת שער א, יסוד עולם מאמר שלישי סוף פרק יב, עיתים לבינה מאמר א עמודים 1-2, ספר העברונות בתחילתו, חשבון תקופות ומולדות עמוד 25, מדרש הנדפס בסמ"ק מצווה קג, חידושי הגר"א אורח חיים אחרי הלכות ראש חודש, המאמר Hebrew Calendar Studies: Why Divide Hours into 1080 Parts?). כלומר, הערך של כ"ט י"ב תשצ"ג לא נובע מהחלוקה ל-1080, אלא להיפך – החלוקה ל-1080 נובעת מהערך הנ"ל.

ואכן כאשר היה צורך בשיעור מדויק יותר – לצורך תקופת רב אדא – השתמשו גם ב"רגעים", כאשר 76 רגעים שווים לחלק אחד.

אמנם יש דעות נוספות מהו המקור לחלוקה ל-1080. נאריך בכל זה לקמן בפרק ט.

פרק ו – חוסר דיוק נוסף

חשוב להדגיש שבחישוב הזמנים, ובפרט בעבר – קשה מאוד להגיע לדיוק. גם בזמננו יש הבדלים מזעריים בין המקורות השונים⁵¹, וכל שכן כשאנו דנים על הזמן שלפני כאלפיים שנה. למשל, שינוי אורך היממה, שמחושב, כאמור, ל-1.7 אלפיות שנייה במאה שנה, עלול להגיע גם לשנייה שלמה בשנה⁵².

⁵⁰ לשם הסקרנות בלבד: השנה שבה, ע"פ חישובים אלה, הסטייה שלהם היתה המזערית ביותר, היא שנת 523 לספירה.

על סמך השינויים שחלו באורך סיבוב הירח, היו שניסו לחשב באיזו תקופה כ"ט י"ב תשצ"ג היה מדויק לחלוטין, והסיקו (בטעות, על סמך הידע המדעי שהיה בזמנם) שהוא במאה השניה לספירה, די קרוב לזמנו של הלל (מהמאה הרביעית לספירה) – ומכך רצו להוכיח שבתקופה זו ייסדו את כללי הלוח, נגד גירסתנו בגמרא (ראש השנה כה). ש"ט י"ב תשצ"ג מקובל עוד לפני רבן גמליאל (יסודי העיבור מאמר ג פרק מג, וכן דן בזה בספרו תולדות השמיים, ספר על חשבון העיבור, ובדומה לזה הביא בתורה שלמה חי"ג פרק ח עמוד 120 ד"ה ולפי מה).

אך דחו זאת, בעיקר משום שבאודאי שבאותה תקופה לא יכלו לדקדק כחוט השערה במדידות אלו (יסודי העיבור שם, כרם חמד עמוד 97, חשבון תקופות ומולדות עמ' 27). עוד יש להעיר, שהמאה השנייה לספירה קרובה לזמנו של אבי-אביו של רבן גמליאל, לא פחות ממה שהיא קרובה לזמנו של הלל. עכ"פ, היום כבר ידוע לנו ע"פ החישובים הנ"ל שהתקופה שבה זמן זה היה המדויק ביותר היא במאה השישית לספירה, כדלעיל.

⁵¹ כדלעיל הערה 34.

⁵² אסטרופודיה ערך יממה כוכבית.

פרק ז – כיצד הגיעו בזמנם לתוצאות מדויקות

הבבלים לא כתבו כיצד הם הגיעו לתוצאות הנ"ל⁵³.

לעומת זאת, היוונים כן ביארו זאת⁵⁴: היפרכוס חישב את הפרש הזמן בין ליקוי⁵⁵ שהיה בזמנו, לבין ליקוי שתועד על ידי הכשדים 345 שנה⁵⁶ קודם לכן⁵⁷, שהיה בתנאים שווים מבחינת השמש והירח, באופן שבין הליקויים עברו 4267 חודשים⁵⁸. חלוקת הזמן שביניהם – 126007 יום⁵⁹ ושעה אחת – במספר החודשים הנ"ל – נתנה את התוצאה המבוקשת⁶⁰.

⁵³ המאמר Ancient and medieval values for the mean synodic month.
⁵⁴ תלמי בספרו אלמגסט ספר 4 פרק 2, הובא בספר The Dream of the West חלק 2 עמוד 195. וכן בספר יסודי העיבור מאמר ג פרק מו, בספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 18, ובאופן כללי יותר בספר העיבור מאמר ב שער ב (והוא הוסיף שחקירה זו הסיקה את מידת החודש "בבירור אשר אין בו ספיקא").
⁵⁵ ניתן לחשב זאת הן ע"י ליקוי חמה, שחל תמיד בדיוק בתחילת חודש ירחי, והן ע"י ליקוי לבנה, שחל תמיד בדיוק באמצע חודש ירחי.
⁵⁶ ככל הנראה לזה התכוון יסוד עולם במאמר רביעי פרק ז שכתב (בכלל בענייני תכונה) שתלמי התבסס על מדידות של חכמים שקדמו לו כ-600 שנה.
⁵⁷ האפשרות לחשב את המולד הממוצע ע"י ליקויים הזכרה גם בספר יסוד עולם (מאמר שלישי פרק יב, הובא בספר השמיים מספרים עמוד 49), ובספר קורות חשבון העיבור (סוף פרק ה) אף הביא לכך דוגמא מעשית מליקויים שאירעו בעולם העתיק, מאוחר יותר מתקופת היפרכוס.
⁵⁸ לגבי תאריכי הליקויים הללו, נראה שמדובר ב-25 באפריל 491 לפה"ס ו-21 באפריל 146 לפה"ס. ויתכן גם שמדובר ב-31 בינואר 486 לפה"ס ו-27 בינואר 141 לפה"ס (חשבון תקופות ומולדות עמוד 18 הערה 2).
⁵⁹ במאמר Ancient Astronomy, Integers, Great Ratios, and Aristarchus מעיר שלפרק זמן זה (126007 יום), ישנה תכונה מיוחדת – הוא משלב (בקירוב כמעט מושלם) את הכפולות של המחזוריים השונים הבאים:
א. 345 שנות חמה (אורכן 365.242479 יום).
ב. 4267 חודשים סינודיים (החודש המפורסם ביותר – מחזור סיבוב הירח כפי שנראה מכדור הארץ, דהיינו אורך המולד, אורכו 29.530595 יום).
ג. 4612 חודשים כוכביים (נקרא גם: חודש סידרלי – מחזור סיבוב הירח כפי שנראה מכוכבי השבת, אורכו 27.3216678 יום).
ד. 4573 חודשים אנומליסטים (פרק הזמן בין שני מעברים עוקבים של הירח בנקודה הקרובה ביותר לכדור הארץ, אורכו 27.554583 יום).
ה. 4630.5 חודשים דרקוניים (פרק הזמן בין שני מעברים עוקבים של הירח את מישור המילקה, אורכו 27.212223 יום).

יש להדגיש שלאורך תקופה ארוכה כזו, כל טעות של דקה בסך כל החודשים ממוזערת לכמאית שנייה בממוצע הסופי⁶¹.

מסתבר שבאופן דומה חישובו זאת אף הבלבלים⁶², שהרי הם החלו לתעד ליקויים כבר מהמאה ה-8 לפני הספירה⁶³, ומאז ועד זמנו של קידינו עברו כ-400 שנה.

אמנם יש שכתבו שמסתבר יותר שהבלבלים לא חישובו את הממוצע של נתונים רבים, אלא השתמשו בערכי המינימום והמקסימום שהתרחשו במרווחי זמן קצרים יחסית, ומהם הסיקו את הממוצע⁶⁴.

⁶⁰ יש לציין שעדיין יש חוסר דיוק קל בין המספר שהביא היפרכוס לבין תוצאת חישוב זה: היפרכוס הביא את המספר 29,31,50,8,20 בבסיס 60 (כלומר: $3\frac{1}{2}$ שניות), לעומת הערך היוצא מחישוב זה – 29,31,50,8,9,20 בבסיס 60 (3.26222222 שניות), שאמנם באופן מפתיע מופיע בחלק מתרגומי האלמגסט – הלטיני (כגון משנת 1515 ומשנת 1528) הערבי והעברי, בספרים יסוד עולם (מאמר ג פרק יב) וספר העיבור (מאמר ב פרק ב), והיה נפוץ בימי הביניים (חשבון תקופות ומולדות עמוד 18 הערה 3, המאמר A note on Copernicus' 'correction' of Ptolemy's mean synodic month, והוזכר בקיצור גם בספר מאמרי חכמה ח"א עמוד 26).

אמנם ברור שהנוסח המקורי של תלמי היה 29,31,50,8,20. משום שכן הוא הנוסח במקור היווני - $\theta, \lambda, \alpha, \nu, \eta, \kappa$ (וכן בדפוסים היווניים משנת 1538, 1898, 1927), ועל פי ערך זה גם חישוב תלמי לוחות לחישוב המולדות האמצעיים למשך 1100 שנה (מובאים בסוף ספרו אלמגסט, והוזכרו בספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 23 הערה 3).

הישוב לסתירה זו הוא שהיפרכוס ידע על המספר 29,31,50,8,20 שהיה בידי הכשדים, וכיוון שתוצאת חשבונות היתה קרובה מאוד לחשבונם – שינה את תוצאותיו על מנת להתאימן לחשבונם (חשבון תקופות ומולדות בעמודים 18-19 הערה 3, *Mathematical Astronomy in Copernicus's De revolutionibus*). מאוחר יותר גילו (יש אומרים שקופרניקוס הוא זה שגילה זאת, ויש אומרים שאלו מתרגמי האלמגסט) שתוצאה זו לא מתאימה למשוואה – לא הבינו שהיפרכוס התבסס על הכשדים – ושינו את המספר לזה המדויק (חשבון תקופות ומולדות בעמודים 18-19 הערה 3, *A History of Ancient Mathematical Astronomy* עמוד 310, המאמר A note on Copernicus' 'correction' of Ptolemy's mean synodic month).

⁶¹ כמו כן, על מנת למזער סטיות שנובעות מחריגות גדולות שבין חודש לחודש (אשר יכולות להגיע עד לחריגה של 6-7+ שעות מהממוצע), במקום להשתמש בממוצע אחד של כלל החודשים ניתן לחשב כמה ממוצעים נפרדים לתקופות קצרות יותר, ולהשמיט מהם את התוצאות החריגות, או לחשב את החציון וכד'.

⁶² אמנם תלמי (בספרו אלמגסט ספר 4 פרק 2, הובא בחשבון תקופות ומולדות עמוד 18) כתב שהיפרכוס הוא הראשון שחשב על הרעיון לחשב את המולד הממוצע ע"י הפרש בין ליקויים, אך ככל הנראה תלמי לא שמע כלל על קידינו, אע"פ שהוא קדם להיפרכוס כמאתיים שנה (בספרו אלמגסט הוא לא מזכיר כלל את חשבונותיהם של הכשדים). ואכן בספר מצרף לכסף (מאמר ב פרק י"ג ד"ה ועל השמינית) כתב שהיפרכוס (בלשונו: אברכאס) עצמו עיין גם בחשבונות של קודמיו שאף הם חישובו ע"י ליקויים.

⁶³ לעומתם, הסינים עשו זאת כבר במאה ה-14 לפנה"ס.

בנוסף לזה יש לציין שבמאה ה-6 לפני הספירה תאלס (היווני) ידע לחשב את זמני הליקוי, ובתקופה קרובה חישובו אותם גם בני המאה, ומוכח שהיה לבני העולם העתיק ידע מדויק על מסלולו של הירח.

עכ"פ מצאנו שבתרבויות רבות בעולם העתיק היו ידיעות אסטרונומיות רבות ומרשימות, חלקן מפתיעות לא-פחות מחישוב זמן המולד, ועל כך בהערה בהרחבה⁶⁵.

⁶⁴ המאמר Ancient and medieval values for the mean synodic month.

⁶⁵ הידיעות דלקמן מלוקטות מ:ויקיפדיה האנגלית ערך History of astronomy, Timeline of Solar System, Chinese astronomy, Greek astronomy, Mesopotamian astronomy, History of science, Spherical Earth, Maya civilization, astronomy, כמו כן המאמר History and philosophy of science – university of Calicut, Maya Astronomy – The History of Cosmic Ray Studies והרשימה University of Arizona.

* ככלל, הידע האסטרונומי החל בחברות שטרם המציאו את הכתב.

* האלף ה-5 לפנה"ס (ע"פ חשבונם, כמובן שניתן להתאים את התיארוך ע"פ הצורך): הבבלים ממצאים את לוח השנה, שמבוסס על שנת חמה של 360 יום – 12 חודשים של 30 יום כל אחד.

* שומרים ובבלים, 2000-3000 לפנה"ס: נתנו שמות לקבוצות הכוכבים של גלגל המזלות, חלק גדול מהם הם השמות שאנו משתמשים בהם עד ימינו.

* מסופוטמיה ומצרים, 2000 לפנה"ס: מתחילים למפות את גרמי השמיים.

* עיבור שנה נהג מאז ומקדם, ונמצא לוח חרס מתקופת חמורבי שבו המלך חמורבי (המאה ה-18 לפנה"ס) ציווה לעבר את השנה בחודש אדר.

* כתבי הדת היהודיים העתיקים (נכתבו בין המאה ה-15 למאה ה-5 לפנה"ס): צורת הארץ ככדור, יצירת העולם יש מאין.

* סין, 1361 לפנה"ס: רשמו את הליקוי המוקדם ביותר המתועד.

* סין, המאה ה-9 לפנה"ס: כתבו רשימות של כתמי שמש. כמו"כ בסין העתיקה רשמו סופרנובות, ליקויים ושביטים. והבינו שזנבו של השביט תמיד יהיה בכיוון המרוחק מן השמש.

* בבלים, כנראה במאה ה-8 לפנה"ס: החלו ברישום שיטתי של תצפיות ליקויים.

* יוון, המאה ה-8 לפנה"ס: הבינו שליקום יש כללים הגיוניים.

* בבלים, המאה ה-6 לפנה"ס: לוח שנה בעל מחזור של 8 שנים ובהן 3 עיבורים (יש מייחסים את לוח זה לאאודוקסוס (אידוקסוס) מקנידוס היווני – מהמאה ה-4 לפנה"ס).

* תאלס איש מילטוס – יווני – המאה ה-6 לפנה"ס: חישב את זמן ליקויי החמה והלבנה, והסביר שהליקויים נובעים מצל (יש מייחסים זאת לאנכסגורס היווני מהמאה ה-5 לפנה"ס).

* פיתגורס – יווני – המאה ה-6 לפנה"ס: הוכיח שצורת הארץ היא כדור (מהצל שמטילה הארץ על הירח בזמן הליקוי, ומהאופן בו נראות ספינות מרוחקות), אע"פ שככל הנראה היו כאלה שקדמו לו (בדומה לזה, תוס' ע"ז מא. מייחס את הגילוי שהארץ היא כדור לאלכסנדר מוקדון).

* בני המאה – מרכז אמריקה, המאה ה-5 לפנה"ס: לוח שנה מדויק ביותר. אורך השנה מדויק מאוד – הרבה יותר משל היוונים (סטייה של 18 שניות לשנה בלבד), אורך מחזור הירח די מדויק (29 יום 12 שעות 44 דקות 26% שניות). אורך מחזור נוגה מדויק מאוד: 583.92027 יום (היום ידוע לנו: 583.93). אורך מחזור מאדים: 780 יום (היום ידוע לנו: 779.94). כמו כן הם היחידים שגילו – לפני המצאת הטלסקופ – שערפילית אוריון (כסיל) היא מטושטשת ויש בה כוכבים מפוזרים ולא נקודה בודדת. גם הם חישבו את זמני ליקויי החמה והלבנה.

* בבליים, המאה ה-5 לפנה"ס: תנועת הירח אינה במהירות קבועה.

* מטון מאתונה – יוני – המאה ה-5 לפנה"ס: גילה שבכל מחזור של 19 שנה יש להוסיף 7 חודשי לבנה, על שמו נקרא מחזור זה "מחזור מטון", או "מספר הזהב", או "מחזור אלוקי" (קודם לכן היה מחזור של 3 עיבורים מתוך 8, לאחר מכן היה מחזור של 4 עיבורים מתוך 11, ולאחר מכן מחזור מטון. כמו"כ היו מחזורים נוספים).

* אוינפידס – יוני – המאה ה-5 לפנה"ס: גילה את נטיית גלגל המזלות (מישור המלקה) ומדד את ערכו.

* יון – המאה ה-5 לפנה"ס: מתקופה זו והלאה היה ברור לכל חכמי יון שצורת הארץ היא כדור.

* אנכסגורס ודמוקריטוס – יוני – המאה ה-5 לפנה"ס: העלו את ההשערה ששביל החלב מורכב מכוכבים רחוקים (מאוחר יותר, במאה ה-4 לפנה"ס, אריסטו חלק עליהם).

* דמוקריטוס – יוני – המאה ה-5 לפנה"ס: ביקום ישנם עולמות רבים, בחלקם אין שמש וירח, ובחלקם הם גדולים יותר מאשר אצלנו.

* קליפוס – יוני – המאה ה-4 לפנה"ס: אורך שנת החמה הוא 365 ורבע יום (מאוחר יותר, במאה ה-1 לפנה"ס, יוליוס קיסר (רומאי) מייסד לוח שנה המבוסס על כך).

* הרקלידס איש פונטוס – יוני – המאה ה-4 לפנה"ס: כדור הארץ מסתובב סביב צירו פעם ביממה.

* קידינו – כשדי – המאה ה-4 לפנה"ס, ואחריו היפרכוס – יוני – המאה ה-2 לפנה"ס: זמן המולד הוא: 29,31,50,8,20 בבסיס 60, כלומר כטי יב תשצג בדיוק.

* ארטוסטנס – יוני – המאה ה-3 לפנה"ס: חישב את היקף כדור הארץ (בצורה די מדויקת, טעות של כ-16 אחוזים בלבד). הסביר שלולי גודלו העצום של האוקיינוס שמונע את ההפלגה בו, ניתן היה להקיף בהפלגה את כדור הארץ (על האפשרות להקפה זו כתב גם סטראבון (סטראבו) היווני מהמאה ה-1 לפנה"ס). הבין שכדור הארץ נוטה על צירו וזה מה שגורם לשינויי העונות.

* אריסטרכוס מסאמוס – יוני – המאה ה-3 לפנה"ס: כדור הארץ מסתובב סביב השמש, וככל הנראה היו שקדמו לו, אמנם רבים חלקו עליו בתקופה זו (דעתו נדחתה, בין השאר, בטענה הגיונית למדי, שכן אם הארץ נעה, כיצד אנו לא מבחינים בשינויים בצורות קבוצות הכוכבים, שהרי גם הם ידעו שקבוצות הכוכבים מורכבות מכוכבים קרובים יותר ורחוקים יותר. הטעות בטענה זו היתה שאכן ישנם שינויים כאלה, אך כיוון שכוכבים אלו כה רחוקים מאיתנו – שינויים אלו קלים ביותר ולא ניתנו להבחנה בכלים שבזמנם). וכן חישב את גודלו של הירח ואת מרחקו מכדור הארץ.

* יון, המאה ה-2 או ה-3 לפנה"ס: בנו את "מנגנון אנטיקיתרה", מכונת חישוב המורכבת מ-30 גלגלי שיניים, ומחשבת את מיקומם של השמש הירח וכוכבי לכת אחרים בדיוק רב (סטייה של 2 שניות ליום).

* כלדיים, המאה ה-2 לפנה"ס: מסלולים מדויקים של כוכבי הלכת.

פרק ח – מקור דבריו של רבן גמליאל

לאור ידיעות אלו של בני העולם העתיק, יש לדון במחלוקת המפרשים לגבי מקור דבריהם של אבות אבותיו של רבן גמליאל – האם הוא בדרך טבעית (ע"י חקירה או מחכמי אומות העולם) או נבואית (ע"י נביא או מסיני), ומה היחס בין דבריו של רבן גמליאל לידיעותיהם של חכמי הגויים. נביא את ארבע השיטות בעניין זה, ונדון אלו מהן מסתברות יותר (ע"פ הכלל שבעניינים היסטוריים ניתן לחלוק על הראשונים כאשר יש ראיות⁶⁶).

שיטה א: דרך טבעית

בפשטות ניתן לומר שגם מקורו של רבן גמליאל הוא ע"י חקירה טבעית, ובפרט לאור הידוע לנו שגם חכמי האומות ידעו את ערך זה במדויק. ואכן זו דעת רוב המפרשים, כדלקמן.

המדרש שהובא בסמ"ק מצורף⁶⁷, העיתים לבינה⁶⁸, התפארת צבי⁶⁹ וספר העברונות⁷⁰ כתבו שבני יששכר הגיעו לחשבון זה לאחר שנים רבות שיגעו ועמקו בזה. שבתחילה סברו

* היפרכוס – יוני – המאה ה-2 לפנה"ס: אורך שנת החמה, בסטייה של 6 דקות בלבד (קצת יותר מדויק אפילו מתקופת רב אדא, כ"ש מתקופת שמואל), הנקיפה של נקודת השוויון, השינויים במהירות מסלול השמש, ההבדלים באורכי העונות.

* פוסידוניוס – יוני – המאה ה-1 לפנה"ס: חישוב גודלה של השמש, גודלו ומרחקו של הירח. גם הוא בנה מתקן (אוריה), שמציג את תנועתם היומיות של השמש הירח וחמישה כוכבי הלכת האחרים.

* אריאבהאטה, הודי, המאה ה-5 לספירה: צורת הארץ היא כדור, הוא מסתובב סביב צירו (וכמו כן חלק מחכמי הודו סברו שכדור הארץ מסתובב בנוסף לזה סביב השמש), ואורו של הירח מגיע מן השמש.

⁶⁶ למשל, סדר הדורות, שהיה מהאחרונים, חלק על ראשונים בענייני דורות התנאים והאמוראים (אטלס עץ חיים חלק תנאים ואמוראים כרך א עמוד 93). וכן בעניין רבי אליעזר הקליר, התוס' (חגיגה יג. ד"ה ורגלי) כתבו שהוא רבי אלעזר ברבי שמעון, והאחרונים חלקו עליהם (הובאו דעות רבות בזה בהקדמה למחזור רעדעלהיים).

⁶⁷ מצווה קג. ובכתב היד שם הדגיש שקטע זה אינו מבעל הסמ"ק, אלא דברי המעתיק עצמו כפי שקיבל מרבותיו (שם בסוף המבוא עמוד יב ד"ה מצווה). עכ"פ שנת ההעתקה היא ככל הנראה שנת ה'קס"ב (המבוא שם ד"ה בפתח), וא"כ המעתיק עצמו, ואף המדרש שהביא בשם רבותיו – הינם מתקופת הראשונים. מדרש זה הובא גם בקובץ שיטות קמאי ראש השנה כה. עמוד שיד.

⁶⁸ תחילת מאמר א.

⁶⁹ שער א דף לב. ד"ה והטעם.

⁷⁰ בתחילתו.

שהוא 29 יום⁷¹, ולאחר חודש נוסף הבינו שהוא 29 ומחצה, ובסוף שלוש שנים הבינו שיש להוסיף שני שלישי שעה, ואחרי 30 שנה הסיקו שיש להוסיף עוד 1 מתוך 15 בשעה (שהוא 72 חלקים), ורק לאחר 90 שנה הבינו שיש להוסיף עוד חלק אחד⁷². ועל פי זה ביאר העיתים לבינה⁷³ את הפסוק "ומבני יששכר יודעי בינה לעתים" – שפירוש "לעיתים" הוא שחישבו זאת במשך שנים רבות.

וכן כתב החזון איש⁷⁴ שהחשבון של הלל אינו מסיני, ולא נמנע לקבוע חשבון אחר שיתאים את שנות החמה לשנות הלבנה, ומעין זה כתב שקל הקודש⁷⁵. וכן הוכיחו מדברי הרלב"ג שסובר ששיעור כ"ט י"ב תשצ"ג הוא מחכמה אנושית⁷⁶, וכן כתבו ספר תכונת השמיים⁷⁷ וספר מצרף לכסף⁷⁸, וכן משמע מספר ירח למועדים⁷⁹. וכן דייקו⁸⁰ מדברי המדרש שכל טוב⁸¹ שכ"ט י"ב תשצ"ג נתקן ע"י אנשי כנסת הגדולה. וכן כתב החתם סופר⁸² שאין

⁷¹ מעין זה, יש מי שרצה להוכיח שבתקופת המבול מנו כל חודש כשלושים יום בדיוק, מכך שתחילת המבול היתה ב"ז בחודש השני (בראשית ז-יא), וסופו ב"ז בחודש השביעי (בראשית ח-ד), ומפורש שהמבול ארך 150 יום (בראשית ז-כד) (אוצר ישראל ח"ד ערך חדש). אך שמה יש לדחות שהכתוב נקט מניין מעוגל.

⁷² מפאת חשיבותו של המדרש הנ"ל נביא את לשונו בקצרה: "מאי עשו (בני יששכר), ראו לבנה בחידושה, כי מטא ירחא אחרינא אשכחן כ"ט יום בינתייהו, לירח שלישי אשכחו ל' יום, אמרו נחלק אותו יום לשני החודשים, מנו כ"ט יום וחצי לכל חודש... המתינו בני יששכר ג' שנה ונשתהה החודש לבוא יום אחד, אז חילקו אותו יום לל"ו חלקים... אז מנו בני יששכר כ"ט יום וחצי ושתי ידות שעה. המתינו עוד ל' שנה ונשתהה החודש לבוא יום אחד ומשהו... אז מנו בני יששכר כ"ט יום וחצי ושתי ידות שעה וע"ג חלקים בחודש".

מעניין לציין שתחילת מעשה זה – עד שהגיעו למידת כ"ט י"ב ושני שלישי שעה – מובא בספר העיבור לראב"ח מאמר שני שער ב, ושם הוא מיוחס לקצת חכמי פרסיים וכשדים הקדמונים, בשם ספר אחד מדברי בטלמיוס (תלמי). ובנוסח דומה ביסוד עולם מאמר שלישי פרק יב (גם שם אחד מספרי בטלמיוס בשם קדמוני האומות), שם הגיעו בסוף לשיעור של כ"ט יום וחצי ותשצ"ב חלקים.

⁷³ שם.

⁷⁴ או"ח סוף סי' קמ, אמנם במקום אחר כתב שכ"ט י"ב תשצ"ג הוא הלכה למשה מסיני, כדלקמן בשיטה ג.

⁷⁵ על הרמב"ם הל' קידוש החודש פ"ה ה"ב (סק"ה), שהביא את החזו"א הנ"ל.

⁷⁶ מצרף לכסף מאמר ב פרק י.

⁷⁷ סי' נג (והוא כתב זאת כדבר פשוט).

⁷⁸ מאמר ב פרק י"ג ד"ה ועל השמינית.

⁷⁹ מכתב שני אות ב תחילת עמוד כב.

⁸⁰ תורה שלמה ח"ג פרק ד עמוד 71 ד"ה מ"ש.

⁸¹ בראשית יז-יד עמוד 18, וזו לשון המדרש שם: "שיכולין חכמי הדורות ויודעי השם לחדש תיקון לפי הנראה להם, לפיכך תיקן ר"א הגדול וחבריו את הדחיות, ור"ג מסר סוד העיבור, כאשר קיבל מבית אבי אבא בקבלה מאנשי כנסת הגדולה תלמידי חגי זכריה ומלאכי".

⁸² שו"ת חתם סופר קובץ תשובות סימן כו ד"ה ה' וד"ה והנה.

בחשבון שבידינו⁸³ שום מעלה על חכמת האמות⁸⁴. גם ספר יסוד עולם⁸⁵, שהיה מהראשונים, הביא את האפשרות שהגיעו לזה בדרך טבעית⁸⁶, אלא שבהמשך דבריו צידד באפשרות אחרת, כדלקמן. וכן מספר מחר חודש⁸⁷ משמע שהעלה אפשרות כזו.

וכן משמע מלשון הגמרא שלא נקטה "הלכה למשה מסיני", או לפחות "הלכה", "הלכתא", או "גמירי", כלשון של הלכה למשה מסיני בכל הש"ס, אלא "כך מקובלני מבית אבי אבא"⁸⁸. ולשון זו נמצאת בש"ס בעוד חמישה מקומות נוספים⁸⁹, ובכולם אין צורך להסביר שמדובר במסורת מסיני, ואדרבה, בחלקם⁹⁰ פירש רש"י שאינו מסיני⁹¹. וכן כתב מאור עיניים⁹² על דברי רבן גמליאל, שמלשון "כך מקובלני" משמע שעיקרה מיוסד על חכמת משכילים.

ובספר כרם חמד⁹³ הוכיח שאורך המולד הממוצע אינו הלכה למשה מסיני, מכך שיש בו מחלוקת האם הוא כ"ט י"ב תשצ"ג או כ"ט י"ב ושני שלישי שעה בלבד⁹⁴, והרי בהלכות למשה מסיני אין מחלוקות.

נוסיף שבפשטות, כמשתמע מסוגיות רבות, בזמן חז"ל קידוש החודש נעשה רק ע"י הראיה, וממילא לא היה להם שום צורך ותועלת בידיעת המולד הממוצע. מסתבר שלא ניתנה למשה מסיני הלכה שבפועל תחול רק כ-1600 שנה מאוחר יותר.

⁸³ בימינו, בניגוד לסוד העיבור המקורי, שהוא "סוד נפלא וחשבון דק ועמוק עמוק מי ימצאנו".
⁸⁴ זו לשונו בקצרה: "כי היא חכמתכם ובינתכם לעיני העמים... והנה לא יאומן כי זה נאמר על החשבון הזה המסור בידינו היום הזה, שאפילו תלמידים המתחילים יכולים ללמדו, וגם לא על החכמה הנמסרה עתה לעמים, והמה משכילים בה יותר ממנו הרבה... למה זה אם כן יטלו חז"ל עטרה לעצמם בזה לאמור כי היא חכמתכם ובינתכם?".

⁸⁵ מאמר שלישי סוף פרק יב, הובא בספר השמיים מספרים עמוד 49.

⁸⁶ ע"י ליקויי החמה והלבנה, כמו שעשו חכמי האמות, או בדרך אחרת מדרכי המחקר שהיתה ידועה להם.

⁸⁷ בהשגותיו על ספר מטה דן סי' יג, שכתב שנודעו מן הנביאים או ממסורת מן החכמים הקדמונים או מבני יששכר.

⁸⁸ ראש השנה כה.

⁸⁹ ברכות י, בבא מציעא נט, בבא בתרא קי, סנהדרין פט.

⁹⁰ ברכות שם ובבא מציעא שם.

⁹¹ וכן כתב בספר מצרף לכסף מאמר ב פרק י, שלשון "כך מקובלני" לא יחייב שהוא מנבואה.

⁹² ימי עולם פרק מ.

⁹³ מכתב ז, מרבי חיים זליג סלונימסקי (מחבר ספר יסודי העיבור) עמוד 110.

⁹⁴ המקורות של כ"ט י"ב ושני שלישי שעה יובאו לקמן בשיטה ב.

ויותר מכך כתבו בספרים יסודי העיבור⁹⁵ וחשבון תקופות ומולדות⁹⁶ שאת מקור חשבונות הלוח שלנו של כ"ט י"ב תשצ"ג לקחו מספר אלמגסט של תלמי⁹⁷ (יווני מהמאה ה-2 לספירה), שליקט מדברי היפרכוס היווני. יש להדגיש שרק ע"פ דבריהם אלו ניתן להסביר כיצד הזמן שנקט רבן גמליאל זהה בדיוק – באופן מפתיע – לזמן שחישובו קידינו והיפרכוס. שהרי ערך זה אינו מדויק (או מחמת חוסר יכולת לדייק לחלוטין או מחמת עיגול התוצאה)⁹⁸. ולשיטות האחרות לא מובן כיצד החליטו מקורות שונים על תוצאה זהה⁹⁹. לשם השוואה, המקורות השונים בעולם העתיק¹⁰⁰ ובתקופות מאוחרות יותר¹⁰¹ הביאו תוצאות רבות מאוד השונות זו מזו. וכמו שכתב בספר חשבון תקופות ומולדות¹⁰² שכיוון שכל חישוב המבוסס על זוג ליקויים שונה נותן תוצאה שונה במקצת, לא יתכן ששני חוקרים יגיעו לתוצאה שווה לגמרי אם לא שראה אחד את דברי חברו. והביא לכך דוגמאות מליקויים שונים שאירעו.

וברמב"ם מצאנו חידוש נוסף, שהערך היוצא מדבריו ב"חשבון מהלך אמצע הירח"¹⁰³ (בניגוד ל"חישוב בקירוב בלא דקדוק"¹⁰⁴ שבו הוא מביא את הערך שבגמרא – כ"ט י"ב תשצ"ג¹⁰⁵) שונה מדברי הגמרא, והוא 29 יום 12 שעות 44 דקות 2.69 שניות¹⁰⁶. ומוכח

⁹⁵ מאמר ג פרק מו, וחזר על דבריו במכתב שכתב והובא בספר כרם חמד מכתב ז עמוד 105.

⁹⁶ עמוד 16.

⁹⁷ המכונה גם: בטלמיוס.

⁹⁸ אין להשיב על שאלה זו שגם קידינו והיפרכוס וגם רבן גמליאל עיגלו את התוצאה לחלקים שלמים (1080 של השעה), שהרי קידינו והיפרכוס לא כתבו את מספריהם באופן זה אלא בבסיס 60. ועוד, גם לגבי רבן גמליאל עצמו אין מסתבר לומר שהוא עיגל את התוצאה לחלקים שלמים, כמו שביארנו לעיל בהערה 49.

⁹⁹ שאלה זו נשאלת גם כיצד קידינו והיפרכוס הגיעו לתוצאה זהה. ואכן כבר תירצו על כך שבאמת תוצאת מחקרו של היפרכוס היתה שונה במעט מזו של הכשדים (קידינו), אך כיוון שהוא ידע על המספר שהיה בידם – שינה את תוצאותיו על מנת להתאימן לחשבונם. הארכנו בזה יותר לעיל בהערה 60.

¹⁰⁰ שפירטנו בפרק א.

¹⁰¹ הובאו במאמר Ancient and medieval values for the mean synodic month נפח 3, ובספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 19.

¹⁰² עמוד 19.

¹⁰³ קידוש החודש פ"ד ה"ב.

¹⁰⁴ קידוש החודש פ"ו ה"א.

¹⁰⁵ קידוש החודש פ"ו ה"ג.

¹⁰⁶ ספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 19.

מדבריו שהוא ידע שאמנם אנו פוסקים כמובן ע"פ דברי הגמרא, אך מבחינת המציאות ישנו ערך מדויק יותר¹⁰⁷.

שיטה ב: רבן גמליאל לא נקט כלל "ע"ג חלקים"

יתרה מכך, בספרים נחמד ונעים¹⁰⁸, יסודי העיבור¹⁰⁹, קורות חשבון העיבור¹¹⁰ ובמאמר "הלוח העברי וחשבון התקופות"¹¹¹ כתבו שהמילים "ושבעים ושלושה חלקים" לא היו בחלק מהמקורות של מקצת מהקדמונים, ועל סמך זה הסיקו שהם נוספו לגמרא מאוחר יותר, לאחר שר' הלל ובית דינו סידרו את כללי הלוח.

ואף ביארו שדברי הגמרא בנוסח שלפנינו – "אין חידושה של לבנה פחות מכ"ט י"ב תשצ"ג" – אינם מובנים כלל, שהרי מדובר בקידוש ע"פ הראייה, והרי כ"ט י"ב תשצ"ג הוא שיעור המולד הממוצע, אך בוודאי ובוודאי שהמולד האמיתי יכול להיות קצר מכך. ולכן כתבו¹¹² שהנוסח המקורי בגמרא היה:

"פעם אחת נתקשרו שמיים בעבים ונראית דמות לבנה בעשרים ושמונה"¹¹³ (או: עשרים ושבעה)¹¹⁴. במקום הנוסח שלפנינו: בעשרים ותשעה) לחודש. כסבורים העם לומר ראש חודש וביקשו בית דין לקדשו. אמר להם רבן גמליאל: כך מקובלני מבית אבי אבא אין חדשה¹¹⁵ (הח' בקמץ קטן, מלשון חודש, במקום הנוסח שלפנינו: חדושה, מלשון חידוש) של לבנה פחותה מעשרים ותשעה יום (בלי המילים שלפנינו: ומחצה ושני שלישי שעה

¹⁰⁷ בספר צבא השמיים ח"ג עמ' 56 העלה אפשרות שאמנם חז"ל חישוב את המולד באופן טבעי, אך דווקא הערך שלהם הוא המדויק כיוון שהם השתמשו בממוצע של אלפי שנים, בניגוד לערך של האסטרונומים בדורנו שהשתמשו בממוצע של מאות שנים בלבד. על דבריו יש להעיר שצ"ע מניין לומר שחז"ל השתמשו בממוצע של אלפי שנים. ובכלל, אם סוברים שחז"ל הגיעו לערך זה באופן טבעי, מדוע לא לומר שהם קיבלו זאת מחכמי אומות העולם, שייגעו בזה במשך מאות שנים, והגיעו לאותו המספר בדיוק.

¹⁰⁸ סי' ריג, אמנם הוא עצמו סובר שערך זה נמסר מסיני אע"פ שלא נכתב בגמרא.

¹⁰⁹ מאמר ב פרק כט. אמנם בספר כרם חמד (מכתב ז עמוד 110) הוא עצמו הסתפק בזה וכתב שלא נוכל להכריע בדבר.

¹¹⁰ תחילת פרק ה.

¹¹¹ פרק יז.

¹¹² יסודי העיבור מאמר ב פרק כט בהערה, קורות חשבון העיבור תחילת פרק ה.

¹¹³ ע"פ ילקוט שמעוני תהילים תתס"ב וע"פ ספרים ישנים, כפי שהביא יסודי העיבור מאמר ב פרק כט בהערה.

¹¹⁴ ע"פ כת"י מינכן 95, אוקספורד, נירנברג, לונדון 5508, הספרייה הבריטית 400, T-S F 1(1).21, T-S F 2(2).41, דפוס פיזור רסט-רעו. גירסאות אלו הוזכרו בקורות חשבון העיבור תחילת פרק ה, וכך בדקדוקי

סופרים ראש השנה כה. ובפירוש המשניות לרמב"ם ראש השנה ב-ט.

¹¹⁵ בדקדוקי סופרים ראש השנה כה.

ושבעים ושלשה חלקים)". כלומר, דברי רבן גמליאל הם שאין מקדשים את החודש באופן שאורכו של החודש הקודם יהיה פחות מכ"ט יום, ולא דן כלל על אורך המולד הממוצע.

וכן¹¹⁶ יש שלא גרסו "ע"ג חלקים" בברייתא דשמואל¹¹⁷ ובפרקי דרבי אליעזר¹¹⁸, וכן משמע מהקליר¹¹⁹. וכן הנוסח בכתב יד מתקופת הראשונים, שמביא שבתקופת התנאים מנו רק כ"ט יום ומחצה ושני שלישי שעה בלבד¹²⁰.

אמנם בתורה שלמה¹²¹ האריך לדחות את דבריהם, וכן הוכיח דרך אמונה¹²² מספר העיבור לאבן עזרא¹²³. כמו כן חשוב לציין שלא מצאנו שום כתב יד של הגמרא שם¹²⁴ שלא גורס את המילים "ומחצה ושני שלישי שעה ושבעים ושלשה חלקים".

שיטה ג: דרך נבואית

מאידך¹²⁵, רבינו חננאל¹²⁶ כתב שהוא הלכה למשה מסיני, הכוזרי¹²⁷ כתב שהוא מנבואה, וכן צידד ספר יסוד עולם¹²⁸.

וכן בספר נחמד ונעים¹²⁹ (ובאגרות ישראל¹³⁰ הביאו והסכים עימו) כתב שהוא מסורת מהר סיני. והביא ראייה מלשון הרמב"ם¹³¹ "ודבר זה הלכה למשה מסיני הוא וכו' ובזמן שאין שם

¹¹⁶ ועל כך הסתמכו חלק מהאחרונים דלעיל.

¹¹⁷ ספר העיבור מאמר ב פרק ב, רבי משה הדרשן מנרבונה עמוד 38, והגר"א (הובא בעלי יונה עמוד נו).

¹¹⁸ ספר העיבור שם. והוסיף שאין זו דעת שמואל ורבי אליעזר עצמם, אלא הם הביאו את דעת חכמי הפרסים שסברו כך, כמו שהבאנו לעיל בפרק א מקור 9.

¹¹⁹ עלי יונה שם.

¹²⁰ הובא בספר כרם חמד ח"ד עמוד 36, ובתורה שלמה ח"ג פרק ז עמוד 106.

¹²¹ ח"ג פרק ז.

¹²² פרק ח עמוד 245.

¹²³ תחילת השער השני ד"ה המחזור.

¹²⁴ בניגוד לברייתות אחרות ולדברי ראשונים, כדלעיל.

¹²⁵ חשוב להדגיש שהמושג "סוד העיבור", שמוזכר במפרשים רבים, אינו מוגדר, וא"א להוכיח משם זה שמדובר בידע שמקורו רחני דווקא. ומהרמב"ם הל' קידוש החודש פ"ד הי"א משמע ששם זה מורה רק שלא היו מוסרים את ידע זה לכל אדם.

¹²⁶ על התורה שמות יב-ב: "לכל חודש הלכה למשה מסיני כ"ט יום ומחצה ותשצ"ג חלקים".

¹²⁷ מאמר ב אות סד.

¹²⁸ מאמר שלישי סוף פרק יב, הובא בספר השמיים מספרים עמוד 49.

¹²⁹ סי' ריג, בדעת עצמו (בסוף הסימן – בלשון "נראה") וכן בשם "רבים אומרים" (בתחילת הסימן).

¹³⁰ אגרות ישראל אל אחד ממידועיו כרך ב סוף אגרת כ"ד.

סנהדרין קובעין על חשבון זה שאנו מחשבין בו היום" שדעת הרמב"ם נוטה (כלשוננו) שהחשבון מסיני¹³². אמנם החזון איש¹³³ כתב שאין כוונת הרמב"ם שנמסרו פרטי החשבון מסיני, אלא נמסר שיש רשות לחכמים לעשות את החשבון.

וכן כתבו רבנו בחיי¹³⁴, האברבנאל¹³⁵, הכוזרי השני¹³⁶, החזון איש¹³⁷ והגרי"ם טוקצינסקי¹³⁸ שהוא הלכה למשה מסיני¹³⁹.

לגבי שיטה זו נשאלת השאלה מהו המקור לדבריהם שחשבון זה הוא בדרך נבואית, שהרי הם לא הביאו לזה מקור מפורש, והרי מלשון הגמרא אי אפשר כלל להסיק זאת, כמו שהבאנו לעיל.

אלא שמהמשך דברי הכוזרי שם ניתן להבין מהי סברתו: "ומן המופלא שבה, העיבור על העיקר המקובל מבית דוד מתקופת לבנה שלא נשתנה מכמה אלפים ומאות שנים, וכבר נשתנו קבועי הקובעים מיוון זולתם והוצרך בהם לתקון ותוספת אחר מאה שנה, וזה נשאר על אמיתתו מפני שהוא נתלה בנבואה". וכן כתב היסוד עולם שם: "ובשביל זה (שמקורה

¹³¹ קידוש החודש פ"ה ה"ב.

¹³² וכן משמע מלשוננו בפירוש המשנה ראש השנה פ"ב מ"ז: "וסוד העיבור שמסר לו הקדוש ברוך הוא למשה בסיני הוא סדר חשבון... וחשבון זה שבידינו היום הוא חלק מאותו חשבון ומבואו". אמנם בהלכות קידוש החודש פ"ז הכ"ד הוא מזכיר רק את בני יששכר. כמו כן, בהקדמה לפירושו למשנה הוא מלקט את "רוב הדינים שאמרו בהם הלכה למשה מסיני ואולי כולם" ולא מזכיר את חשבון העיבור.

¹³³ או"ח סוף סי' קמ.

¹³⁴ שמות יב-ב ד"ה והנה.

¹³⁵ שמות יב ד"ה ואומר.

¹³⁶ ויכוח חמישי סעיף נב. אמנם הוא לא כותב זאת במפורש על אורך המולד אלא על אורך שנת החמה, אך משמע שכוונתו לכל כללי העיבור.

¹³⁷ או"ח קלח ד ד"ה ודע. ושם כתב בחריפות נגד העיתים לבינה שם שכתב שחישבו את כ"ט י"ב תשצ"ג בדרך טבעית. אמנם צ"ע שהרי המדרש שהובא בסמ"ק (מתקופת הראשונים) שם כתב דברים זהים לדברי העיתים לבינה. גם היסוד עולם (שהיה תלמיד הרא"ש) שם, אע"פ שהסיק שהוא מסיני, הסתפק בזה בתחילת דבריו, ומוכח שלא ראה בזה איסור לומר כך, וכן משמע מלשון הנחמד ונעים (שהיה תלמיד הרמ"א והמהר"ל) שם, שגם הוא אע"פ שסובר שהוא מסיני, כתב זאת בלשון "נראה". ויותר קשה, שהחזון איש עצמו בסוף סי' קמ כתב שהחשבון של הלל אינו מסיני, כדלעיל בשיטה א.

¹³⁸ היומם בכדור הארץ סי' יא הערה 1.

¹³⁹ ומעין זה כתב ספר יוחסין (מאמר ראשון, ערך רבי יוחנן בן גודגדה) בשם ברייתא דשמואל שיששכר עלה לרקיע והביא תת"ר חלקים (אמנם בשקל הקודש על הרמב"ם קידוש החודש פ"ז הכ"ד כתב ש"עלה לרקיע" פירושו שבירר היטב).

מנבואה) הייתה המידה הזאת בידם כל כך נכונה ומצומצמת (מדויקת) בלי שום קירוב שלא יכלו חכמי האומות לצמצם (לדייק) כל כך". ומעין זה בפתיחת דבריו של הנחמד ונעים שם: "והוא חשבון עמוק ונפלא מאוד ויותר מצומצם מכל חשבונות התוכניים הקדמונים והאחרונים וכו' מי הגיד לנו החשבון המצומצם הזה", וכן הביא מצרף לכסף¹⁴⁰ את דעת המקשן¹⁴¹: "איך בלי הקבלה היוצאת מן הנבואה תתהלל למצוא אמיתת המולד ההוא, אשר קצרה בזה יד החוכמה האנושית כולה", וכן כתב באגרות ישר בהמשך דבריו שם: "האין זה דבר גדול ומפליא שהחשבון שאמרו עליו חכמי העמים היותו מחודש אצלם בדור העבר, כבר היה מצוי אצלנו משנים קדמוניות בשלמות יותר גדול ובאופן יותר מדויק ומצומצם מחשבונם".

העולה מדבריהם, שהם הסתמכו על כך שעל פי ידיעותיהם לא היתה אפשרות להגיע לחשבון מדויק כל כך בדרך טבעית, ועל כרחך היא בדרך נבואית¹⁴².

יש לציין שגם שאר הנוקטים בשיטה הנבואית – רבנו בחיי האברבנאל והחזון איש – לא הזכירו כלל שישנה אפשרות טבעית לחשב זאת במדויק ע"י ליקויים. ועוד, בכל הספרים הללו לא הוזכר כלל הספר אלמגסט – ספר האסטרונומיה החשוב ביותר של העת העתיקה, שנכתב ע"י גדול האסטרונומים של העולם העתיק¹⁴³, בו מופיעה דרך זו¹⁴⁴.

היסוד עולם, שכן היה בקיא בספר האלמגסט, הסתמך על תרגום מוטעה של ספר זה בעניין הערך של המולד הממוצע¹⁴⁵.

ומעין זה הביא ספר יוחסין¹⁴⁶ את חשבון זה כראיה לידיעותיהם המדויקות של חז"ל, ומשמע שלא ידע שגם חכמי האומות חישובו זאת (יתרה מכך, ספר יוחסין שם מבסס את דבריו על כך שמהיצירה ועד עתה לא נשתבש אפילו חלק אחד, וזה בוודאי אינו נכון – ברור שהסטייה מהיצירה ועד ימיו כבר הצטרפה לכמה שעות, שהן כמובן אלפי חלקים).

¹⁴⁰ מאמר א פרק א ד"ה שמינית.

¹⁴¹ אמנם המצרף לכסף עצמו בהמשך הספר דוחה את דברי המקשן ומסיק שאינה מנבואה, כמו שהבאנו לעיל בשיטה א.

¹⁴² יוצא מן הכלל הוא החזון איש שם, שבדבריו על כך שהגיעו לזה בדרך נבואית מבאר שטעמו הוא שכל הנאמר בגמרא היא תורה שנתקבלה במסורת או ברוח הקודש, וכן כתב שם גם על תקופת שמואל.

¹⁴³ תלמי, שר' יש"ר מקנדיאה (ספר אילים עמוד 19) כינהו "רבן של כל בני התכונה".

¹⁴⁴ בספר יוחסין, שדבריו יובאו לקמן בסמוך, מוזכר ספר זה (במאמר ה) רק בהגהה של רבי יעקב עמדין.

¹⁴⁵ כפי שמובא בו בפירוש במאמר ג פרק יב. לגבי גירסא מוטעית זו ומקורה, עיין לעיל הערה 60. הארכנו בזה במאמר "האם כללי הלוח העברי ניתנו מסיני? כיצד סיפרה אחת שינתה תפיסה שלימה?".

¹⁴⁶ מאמר ראשון, ערך רבי יוחנן בן גודגדה.

ואכן ידוע לנו שבימי הביניים (מלאחר חתימת הש"ס ועד סוף תקופת הראשונים) חכמות האומות נתמעטו כל כך עד שבמקרים רבים לא זכרו כלל את ידיעותיהם הרבות והמדויקות של חכמיהם הקדמונים¹⁴⁷.

המסקנה המתבקשת מכך היא, שלאחר שידוע לנו שבעולם העתיק כן היתה אפשרות להגיע לתוצאה זו ע"י חקירה טבעית, ואכן עשו כך – אין סיבה לומר שחז"ל קיבלו זאת דווקא בדרך נבואית. לגבי המפרשים שלא ידעו זאת, ולכן הסיקו שהידיעה נתגלתה בדרך נבואה – מסתבר לומר "אי הוה שמיע להו – הוו הדרי בהו"¹⁴⁸.

שיטה ד: דרך נבואית, וחכמי האומות קיבלו זאת מאבותיו של רבן גמליאל

בספר העיבור¹⁴⁹ כתב ש"בידוע שאבות אבותיו של רבן גמליאל היו בתחילת בית שני" וע"פ זה כתב שהיפרכוס¹⁵⁰ היווני קיבל את אורך המולד מרבותינו. יש לציין שהוא לא מביא מקור לכך שידוע לו שהיפרכוס למד מרבותינו, אלא הוא מסיק זאת על סמך חשבונו שרבותינו קדמו לו או לכל הפחות היו בדורו¹⁵¹.

אלא שדבריו אינם ברורים, שהרי רבן גמליאל חי במאה ה-2 לספירה (שהרי הוא רבן גמליאל דיבנה, נכדו של רבן גמליאל הזקן), ובית המקדש השני נבנה בערך ב-350 לפני הספירה¹⁵². כמו כן, ככל הנראה הוא לא ידע על קידונו. ובעיקר – עצם כוונתו אינה מובנת,

¹⁴⁷ דוגמא חשובה היא מהשאלה עתיקת-היומין מי מסתובב סביב מי – הארץ או השמש. כבר במאה ה-3 לפנה"ס טען אריסטרכוס מסאמוס היווני (וככל הנראה היו אף שקדמו לו) שכדור הארץ מסתובב סביב השמש. אך מאז שתלמי, גדול האסטרונומים של העת העתיקה, נקט (בספרו אלמגסט) שהשמש סובבת סביב הארץ – השיטה השניה נשכחה כליל במשך למעלה מאלף שנים, עד זמנו של קופרניקוס, וזאת אע"פ שכבר אריסטרכוס הביא לה ראיות.

¹⁴⁸ כעין שבת סא., עירובין לח:

¹⁴⁹ מאמר ב סוף שער ב, הובא בספר השמיים מספרים עמוד 49.

¹⁵⁰ בלשוננו: אברכ"ש.

¹⁵¹ מעניין להוסיף שעל סמך דבריו אלו הוא בנה בניין אב שגם את שאר החכמות למדו מרבותינו, שעניין זה מעיד על שאר העניינים. וכן מודגש בשער ספרו, שבספר זה הוכיח המחבר את קדמות החכמה הזאת אצל העברים משאר האומות.

¹⁵² וכן העיר על כך בספר מאור עיניים ימי עולם פרק מ. אמנם ברור שהלשון "מבית אבי אבא" משמעה גם כמה וכמה דורות (ברכות י. ועוד), אך מאידך בוודאי שאין מכך ראיה שהם היו בתחילת בית שני.

שהרי הוא עצמו פירט את דרך חישובו של היפרכוס¹⁵³, וא"כ לא מובן מה בדיוק היפרכוס למד מחכמי ישראל¹⁵⁴.

באופן דומה כתב בספר הברית¹⁵⁵ שתלמי¹⁵⁶ הפליג לשבח ולפאר את חשבון המולד ואת מחזור 19 השנים (של עיבורי השנה) של בני ישראל, וכתב שזו הוכחה שהיתה להם נבואה.

אמנם צ"ע מהו מקורו של מעשה זה¹⁵⁷, שמבחינה היסטורית קשה לקבלו, שהרי תלמי עצמו (שחי במאה ה-2 לספירה) הביא בשם היפרכוס (שחי כ-300 שנה לפניו) את אורך המולד הממוצע הזהה לזה של בני ישראל¹⁵⁸ וכן הוא ידע על מחזור מטון (שחי כ-600 שנה לפניו) שהוא המחזור של 7 עיבורי שנה ב-19 שנים¹⁵⁹, ואף ביאר כיצד הגיעו לחשבון זה¹⁶⁰. עוד יש להעיר שהיה מי שהביא ראיות שלפני מחזור זה היו ליהודים עוד מחזורים רבים אחרים¹⁶¹, ומוכח שאף למחזור זה הגיעו בדרכים טבעיות¹⁶².

¹⁵³ ע"י הפרש בין ליקויים, כמו שהוא עצמו הביא שם קודם לכן.

¹⁵⁴ ואם הוא למד מהם את שיטת החישוב, ועליה הסתמכו גם חז"ל, הרי עדיין שיטה זו טבעית ולא רחנית.

¹⁵⁵ ח"א מאמר ד פרק ג. והאברבנאל (שמות יב ד"ה והלימוד השלישי) הביא את מעשה זה רק לגבי מחזור 19 השנים (יש להעיר שמעשה זה הועתק למקומות רבים). ומעין זה ספר יוחסין שהובא לעיל שכתב שתמהו כל חכמי האומות על דקדוק חשבון המולד.

¹⁵⁶ המכונה גם: בטלמיס.

¹⁵⁷ ככלל, בספר תורה שבעל פה סמכותה ודרכיה (פרק ו עמודים 514-515) כתב שאין לקבל כפשוטה את האגדה על כך שחכמי יוון העתיקו את חכמתם מן היהודים, ומקורה של אגדה זו כנראה מהסיפור – שלו יש מקורות מהימנים – שחכמי יוון ינקו את מושגי האלוהות המופשטים מן היהדות.

¹⁵⁸ בספרו אלמגסט ספר 4 פרק 2, הובא בספר יסודי העיבור מאמר ג פרק מו ובספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 18.

¹⁵⁹ בספרו אלמגסט ספר 3 פרק 1 הוא מזכיר את מטון ואת אורך שנת החמה שחישב כדי להתאימה לחודשי הלבנה שבמחזורו.

¹⁶⁰ כמו שמובא בשמו בספר יסוד עולם מאמר ד פרק ב ד"ה ובטלמיס (בשם אומות העולם), ומפרט שבתחילה ערכו מחזור של 3 עיבורים ב-8 שנים, לאחר מכן דייקו יותר וערכו מחזור של 4 עיבורים ב-11 שנים, ולבסוף צירפו את שני המחזורים הללו והגיעו למחזור של 7 עיבורים ב-19 שנה. הסבר זה הכולל את השלבים הקודמים ואת ההתקדמות בדיוק על סמך השלבים הקודמים, דוחה את הסברה שהאומות קיבלו מהיהודים בבת אחת את הערך הסופי.

¹⁶¹ המאמר עיבורים ומחזורים עמוד 313, וכפי שלאומות העולם היו מחזורים רבים במשך הדורות (המאמר הנ"ל באריכות).

ויותר מכך כתבו הרשב"ץ¹⁶³ ורבי משה פרוויןצאל¹⁶⁴ שהמולד של חכמי ישראל מדויק יותר משל תלמי, שהמולד של תלמי – לדבריהם – הוא כ"ט י"ב תשצ"ב, דהיינו חסר לו חלק אחד. אך דבריהם אלו מיוסדים כמובן על טעות בשמו של תלמי¹⁶⁵. ואכן בשו"ת התשב"ץ¹⁶⁶ הוא עצמו כתב שהמולד של חכמי יוון זהה לזה שלנו.

ובדומה לזה בדרך אמונה¹⁶⁷ רצה להוכיח שרבן גמליאל לא קיבל את המולד מהגויים, מכך שרבן גמליאל קדם לתלמי, והוא סבר (כפי שכתב בהמשך דבריו שם) שתלמי¹⁶⁸ הוא זה

¹⁶² מעשה דומה מסופר ב"ישועה בישראל" (על הרמב"ם יסודי התורה פ"ג ה"ה) על אל-בתאני, מתחילת המאה ה-10, שאמר על מחזור הלבנה של היהודים שהדבר מוכיח שאלו דברי נבואה. ושוב, הדבר אינו מתיישב מבחינה היסטורית, שהרי אל-בתאני ידע את דברי היפרכוס, וחשבונותיו רק הובילוהו למסקנה שמידת החודש של היפרכוס מדויקת (חשבון תקופות ומולדות עמוד 19).

¹⁶³ יבין שמועה תפארת ישראל תחילת שער א.

¹⁶⁴ בהשגתו על ספר מאור עיניים, הודפס בספר מאור עיניים דף ש"א ע"ב.

¹⁶⁵ יש שכתבו שמדובר באחד מהתרגומים המוטעים לספרו של תלמי (הערה 14 על שו"ת התשב"ץ ח"א סי' קג בהוצאת מכון ירושלים). טעות זו היתה גם לפני בעל הפירוש על הרמב"ם (קידוש החודש פ"ו ה"ג). לנו לא ידוע על גירסה כזו שהיתה באלמגסט או באחד מתרגומיו (ומיותר לציין שהערכים באלמגסט אינם מנוסחים כלל כחלקים (שעה חלקי 1080) אלא כבסיס 60). יתכן שמקור הטעות הוא בערך 29,31,50,8,9,20 בבסיס 60 (29½ יום 44 דקות 3.26222222 שניות), שאכן הופיע – בטעות – בחלק מתרגומי האלמגסט (הלטיני הערבי והעברי), והיה נפוץ בימי הביניים. ערך זה אכן קטן במקצת מהערך כ"ט י"ב תשצ"ג (29,31,50,8,20, ששווה ל-3⅓ שניות), אך הוא עדיין רחוק יחסית מכ"ט י"ב תשצ"ב (29½ יום 44 דקות בדיוק).

אפשר שמי שעייין בגירסה המוטעה של האלמגסט, אמר – ובצדק – שהערך שם קצר במקצת מכ"ט י"ב תשצ"ג, ומכך התגלגלה השמועה – כיוון שהיהודים מנסחים זאת כחלקים – לכך שהוא כ"ט י"ב תשצ"ב. אך מסתבר יותר שמקור הטעות במה שהביאו ספר העיבור ב-ב והיסוד עולם ג-יב שתלמי כתב באחד מספריו שהיו מקדמוני האומות שאכן סברו שהערך הוא כ"ט י"ב תשצ"ב, וכפי שהבאנו בפרק א בטבלה בשיטה 7. אך בהחלט אין זו דעת תלמי עצמו באלמגסט.

בעניין הגירסאות הנ"ל באלמגסט הארכנו לעיל הערה 60.

¹⁶⁶ ח"א סי' קג ד"ה והמולד.

¹⁶⁷ פרק ח עמוד 245.

¹⁶⁸ המכונה: בטלמיס.

שחי שב שהמולד הוא תשצ"ג חלקים, והיפרכוס¹⁶⁹, שבוודאי קדם לרבן גמליאל, חשב שהוא תשצ"ב חלקים¹⁷⁰. והדבר אינו כן, כדלעיל¹⁷¹.

סיכום פרק זה

לאחר פירוט כל המקורות הנ"ל, ניתן לסכם באופן ברור שכל הספרים העוסקים בתורת התכונה (אסטרונומיה) ממאות השנים האחרונות, שהכירו את הדרך לחשב את המולד – נקטו באופן ברור שהמקור לכ"ט י"ב תשצ"ג הוא טבעי.

ומאידך, כל הסוברים שהמקור לכך הוא נבואי – לא ידעו שישנה דרך טבעית לברר זאת, כפי שאכן עשו חכמי הגויים¹⁷².

¹⁶⁹ בלשוננו: היפארכ.

¹⁷⁰ יתכן שמקור הטעות בבלבול עם דברי חכמי מצרים, שבאמת סברו את ערך זה. הובאו לעיל בפרק א מקור 7.

¹⁷¹ ככלל, ספרו של תלמי – אלמגסט – הוא בעיקר סיכום עבודותיהם של קודמיו, ולא מחקרים שלו עצמו (תולדות המדע עמוד 125).

¹⁷² ובכלל לגבי רבים מספרים אלו, מסקנתם זו מיוסדת על טעויות בסיסיות, הן מבחינה היסטורית והן מבחינת הידיעות על אורך המולד, כדלעיל בשיטות ג'וד.

פרק ט – הטעם לחלוקת השעה ל-1080 חלקים

שאלה מתבקשת בסוגיא זו היא מדוע חז"ל בחרו לחלק את השעה דווקא ל-1080 חלקים. ואכן דנו בזה המפרשים.

הרמב"ם¹⁷³ וספר העיבור¹⁷⁴ כתבו שהטעם הוא משום שהמספר 1080 מתחלק למספרים רבים: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10.

אלא שתירוץ זה דחוק מאוד. הרי בכל שיעורי הזמן, מחז"ל דרך הראשונים ועד האחרונים, אין אנו מוצאים שום שימוש בחלוקה זו¹⁷⁵, מלבד בענייני המולדות והתקופות, שבהן יש צורך רק להוסיף על מספר זה או לכופלו, אך אין שום צורך לחלקו¹⁷⁶. אם כן מה הצורך שנוכל לחלק את מספר זה לחלוקות שונות?

ובספר יוחסין¹⁷⁷ כתב בשם ברייתא דשמאל שיששכר עלה לרקיע והביא תת"ף חלקים (אמנם בשקל הקודש¹⁷⁸ כתב ש"עלה לרקיע" פירושו שבירר היטב).

עכ"פ מדבריהם מוכח שהם הבינו שחז"ל החליטו תחילה לחלק את השעה ל-1080 חלקים, ולאחר מכן השתמשו בחלוקה זו לניסוח זמן המולד.

אמנם לשיטה, שהיא דעת רוב המפרשים¹⁷⁹, שהמקור לזמן המולד הוא טבעי, וע"פ ההבנה¹⁸⁰ שחז"ל קיבלו את זמן המולד מחכמי האומות, שאלה זו לא מתחילה כלל. לדרך זו, הדבר ברור שחז"ל היו חייבים לבחור בחלוקת השעה ל-1080. וכפי שיבואר.

¹⁷³ קידוש החודש פ"ו ה"ב.

¹⁷⁴ לראב"ח מאמר שני שער ב.

¹⁷⁵ בשאר הסוגיות הגדרות הזמן הן ע"פ חלקי השעה (כגון: חצי השעה) או לפי אורך הדרך שניתן ללכת בזמן זה (כגון: הילוך ד' אמות, הילוך מיל).

¹⁷⁶ אמנם לתקופת רב אדא היה צורך בחלוקת מספר זה, דא עקא שלצורך כך החלוקה ל-1080 לא הועילה, והיה צורך להוסיף חלוקת משנה לרגעים (כאשר כל חלק כולל 76 רגעים).

¹⁷⁷ מאמר ראשון, ערך רבי יוחנן בן גודגדה.

¹⁷⁸ על הרמב"ם קידוש החודש פ"ז הכ"ד.

¹⁷⁹ כפי שבררנו באריכות בפרק הקודם.

¹⁸⁰ שהבאנו בפרק הקודם בסוף שיטה א.

את החלוקה ל-1080 לא מצאנו בשום גמרא אחרת¹⁸¹, והיא לא נמצאה בשום נושא שקדם לדברי רבן גמליאל. גם בגמרות אחרות שדנות על שיעורי זמן זעירים¹⁸², לא מוזכרת חלוקה ל-1080¹⁸³.

כיוון שלשיטה זו, חז"ל קיבלו את זמן המולד מחכמי האומות, וכיוון שחכמי האומות¹⁸⁴ הגדירו את זמן המולד בבסיס 18560, הם ניסחו את זמן המולד כך: 29,31,50,8,20. כלומר 29 יום ועוד 31/60 של היום ועוד $50/60^2$ של היום, וכן הלאה.

והואיל ובעם ישראל, כידוע, לא נהגו להציג זמן בבסיס 60, אלא רק בחלוקה לימים ולשעות, היה צורך להמיר את הניסוח המורכב של האומות לניסוח שיתאים לחלוקה המקובלת אצלנו.

ניתן להוכיח באופן ברור, שהמרת זמן המולד של האומות בבסיס 60, לזמן המבוסס על ימים ושעות, תחייב את חלוקת השעה ל-1080. כדלקמן:

זמן המולד כפי שמנוסח בבסיס 60 29 31' 50" 8''' 20''''

זמן המולד לאחר השמטת 29 יום וחצי (29 30') 1' 50" 8''' 20''''

מתוך היממה – בשברים פשוטים $1/60 + 50/60^2 + 8/60^3 + 20/60^4$

עם מכנה אחד $\frac{1 \times 60^3 + 50 \times 60^2 + 8 \times 60 + 20}{60^4}$

עם מונה אחד $\frac{396,500}{12,960,000}$

לאחר צמצום (פי 500) למכנה הקטן ביותר¹⁸⁶ $\frac{793}{25920}$

¹⁸¹ פרט לזו הנוכחית – ראש השנה כה.

¹⁸² "וכמה רגע" לעניין זמן כעסו של הקב"ה – ברכות ז. ע"ז ד:

¹⁸³ היא כן מוזכרת מאוחר יותר, לגבי תקופת רב אדא, וככל הנראה החלוקה ל-1080 שם נשאלה מזו של המולד, ונוספה לה חלוקה דקה יותר, של "רגעים", כאשר 76 רגעים שווים לחלק אחד.

¹⁸⁴ הבבלים, ובעקבותיהם אף היוונים.

¹⁸⁵ כפי שהבבלים השתמשו בכל מערכת המספרים שלהם.

¹⁸⁶ אגב, פשוט שגם חלוקת כל חלק ל-76 רגעים לצורך שנת החמה של רב אדא, נקבעה למכנה הקטן ביותר. אמנם שנת החמה לשיטה זו היא 365 יום 5 שעות 997 חלקים ו-48 רגעים, ולכאורה את השבר 48/76 ניתן היה לצמצם ל-12/19. אעפ"כ, פשוט שנבחרה החלוקה ל-76 רגעים דווקא, משום שעיקרה של שיטת רב אדא

793

לאחר המרה (חלוקת המכנה פי 24) לחלוקה לשעות (במקום חלוקה לימים)

1080

אם כן אפוא המרת זמן המולד של האומות מבסיס 60 לחלוקה לימים ושעות, מחייבת את חלוקת השעה ל-1080 חלקים. לענ"ד, אילו ידע זה היה לנגד עיני הראשונים הללו, הם לא היו נצרכים לתירוץ.

ואכן רבים מהמפרשים כתבו שחז"ל בחרו לחלק את השעה ל-1080 חלקים לצורך הדיוק של 73 חלקים שלמים¹⁸⁷, שאם היו 72 חלקים היו מחלקים את השעה ל-15¹⁸⁸.

כלומר, לא שחז"ל החליטו תחילה לחלק את השעה ל-1080 חלקים, ולאחר מכן השתמשו בחלוקה זו לניסוח זמן המולד. אלא אדרבא, איפכא מסתברא, זמן המולד יצר את הצורך לחדש חלוקה ל-1080 חלקים.

היא זמן התקופה, דהיינו רבע מאורך שנת החמה, העולה ל-91 יום 7 שעות 519 חלקים ו-31 רגעים. ואת השבר 31/76 לא ניתן לצמצם יותר, כמובן.

¹⁸⁷ בהשמטת שני שלישי שעה, שהם 720 חלקים.

¹⁸⁸ ספר העיבור מאמר ב שער ב, יבין שמועה תפארת ישראל תחילת שער א, יסוד עולם מאמר שלישי סוף פרק יב, עיתים לבינה מאמר א עמודים 2-1, ספר העברונות בתחילתו, חשבון תקופות ומולדות עמוד 25,

מדרש הנדפס בסמ"ק מצווה קג, חידושי הגר"א אורח חיים אחרי הלכות ראש חודש, המאמר Hebrew

.Calendar Studies: Why Divide Hours into 1080 Parts?

רשימת המקורות

מקורות יהודיים

את רוב הספרים ניתן למצוא באוצר החכמה, HebrewBooks, או Google books

אגרות ישר אל אחד ממיודעיו – רבי יצחק שמואל ריגיו

ברייטא דשמואל – שמואל הקטן, או שמואל ירחינאה

דרך אמונה – רבי יהודה הלוי ליפשיץ

היגיון הנפש (נקרא גם: ספר המוסר) – רבי אברהם בר חייא הנשיא, מראשוני הראשונים

היומם בכדור הארץ – הרב יחיאל מיכל טוקצינסקי

הלוח העברי וחשבון התקופות – ר' רחמים שר שלום (הודפס בספר יד יצחק)

חשבון מהלכות הכוכבים – רבי אברהם בר חייא הנשיא, מראשוני הראשונים

חשבון תקופות ומולדות – ר' חיים יחיאל בורנשטיין

יבין שמועה – הרשב"ץ

יודעי בינה – מאסף תורני בעריכת רבי שי ואלטר

יסוד עולם – רבי יצחק בן יוסף הישראלי מטוליטולה, תלמיד הרא"ש

יסודי העיבור – ר' חיים זליג סלונימסקי

ירח למועדים – נדפס בספר מאמרי יעקב הברכי מהעיבור ומניין השנים – רבי יעקב בכרך

ישועה בישראל – נדפס בספר הליקוטים שברמב"ם הוצאת פרנקל – רבי יהונתן ב"ר יוסף מראזינאי

כזרי שני (מטה דן) – הרב דוד ניטו

כרם חמד – ר' שמואל ליב גולדנברג

לוח לארץ ישראל – רבי ניסן אהרן טוקצינסקי

מאור עיניים – ר' עזריה מן האדומים

מאמרי חכמה – ר' חיים זליג סלונימסקי

מדרש שכל טוב – רבי מנחם ב"ר שלמה, מן הראשונים

מחר חודש – ר' משה חיים רימיני

- מצרף לכסף – ר' עזריה מן האדומים
 נאוה קודש – על הרמב"ם – רבי שמעון וואלטש
 נחמד ונעים – רבי דוד גנז, תלמיד הרמ"א והמהר"ל
 סמ"ק מצורף – עמודי גולה (ספר מצוות קטן) לרבי יצחק מקורביל עם הגהות מרבי פרץ ותוספת מרבי משה מצורף
 ספר אילים – הרב יוסף שלמה דלמדיגו (רבי יש"ר מקנדיאה)
 ספר הברית – הרב פינחס אליהו בן מאיר הורביץ
 ספר העברונות – רבי יעקב מדקריאה (או רבי אליעזר בליון)
 ספר העיבור – הספר הראשון בחכמת העיבור – רבי אברהם בר חייא הנשיא, מראשוני הראשונים
 ספר העיבור לאבן עזרא – רבי אברהם אבן עזרא
 ספר יוחסין – רבי אברהם זכות
 עיבורים ומחזורים – ר' חיים יחיאל בורנשטיין (הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג – ספר עשרים)
 עיתים לבינה – רבי יוסף גינצבורג
 על השמינית – רבי יעקב לוינגר
 על חשבון העיבור – רבי יוסף לוריא
 עלי יונה – רבי יונה מרצבך
 צבא השמיים – ר' ניסים וידאל
 קורות חשבון העיבור – רבי צבי הירש יפה
 רבי משה הדרשן מנרבונה (זהו שם הספר) – כולל ליקוטים מדבריו שנלקטו ע"י רבי אברהם עפשטיין
 שקל הקודש – הגר"ח קנייבסקי
 תורה שבעל פה סמכותה ודרכיה – רבי יהושע ענבל
 תורה שלמה – הרב מנחם מנדל כשר
 תכונת השמיים – רבי רפאל הלוי מהנובר
 תפארת צבי – רבי צבי הירש מטומשוב (הודפס בסוף ברייתא דשמואל)
 תולדות השמיים – ר' חיים זליג סלונימסקי

ספרים כלליים**את רוב הספרים ניתן למצוא ב-Google books**

אלמגסט (נכתב גם: אלמגסטי, אלמגסתי, אלמגיסטי, אלמגיסטו, אלמאגסט, אלמאגעסט, אלמאגעסטי, אלמגישט, מגסטי, מגיסטי) – תלמי (המאה ה-2 לספירה, מכונה גם: בטלמיס, שהוא שיבוש ערבי של פטולמאיוס), גדול האסטרונומים של העולם העתיק. עיקר הספר הוא סיכום עבודות של האסטרונומים שקדמו לו (תולדות המדע עמוד 125), והוא נחשב לספר האסטרונומיה החשוב ביותר של העת העתיקה. הספר נכתב בשנת 146 (תולדות המדע עמוד 78, וכן כתב רבי שלמה רפפורט בהקדמה לספר היגיון הנפש עמוד 45, שהוא 76 שנה אחר החורבן). רבי אליהו מזרחי הזכיר בכתביו (שו"ת הרא"ם ס' ה"ד תשובה) את "הביאור הנכבד אשר אני מחבר על הספר הגדול הנקרא אלמגסט" מפני שלא ראינו עליו שום ביאור עד היום והיא חכמה מפארה מאוד ומצווה להתעסק בה".

קורות התכונה – לאפלאס

תולדות המדע – משה יימר (מקס ג'מר)

A History of Ancient Mathematical Astronomy – O. Neugebauer

Astronomical Observations – Erik Gregersen

Calendrical Calculations – Nachum Dershowitz, Edward M. Reingold

CRC Handbook of Chemistry and Physics

Crossing Paths – Cultural Surprises in a Global World – Jean Yves Rosay

Greek Astronomical Calendars – Bartel Leendert Van der Waerden

History of the Sciences in Greco-Roman Antiquity

Mathematical Astronomy in Copernicus's De revolutionibus – Swerdlow and Neugebauer

Routledge History of Philosophy – John Canfield

The Cosmos: A Historical Perspective

The Dream of the West – Brian Lasater

The Hidden Maya – A New Understanding of Maya Glyphs – Martin Brennan

מאמרים כלליים**את המאמרים ניתן למצוא ולהוריד באינטרנט ע"י חיפוש שם**

A note on Copernicus' 'correction' of Ptolemy's mean synodic month – J. L. Mancha

- Ancient Astronomy, Integers, Great Ratios, and Aristarchus – James Q. Jacobs
- Ancient and medieval values for the mean synodic month – Bernard R. Goldstein, University of Pittsburgh
- Astronomical Implications of Maya Hieroglyphic Notations at Xultun – Academic Journal article
(כתב עת)
- Hebrew Calendar Studies: Why Divide Hours into 1080 Parts? – Irv Bromberg
- History and philosophy of science – university of Calicut
- Maya Astronomy – University of Arizona
- Measuring the moon's distance – NASA
- Mesoamerican Archaeoastronomy – A Review of Contemporary Understandings of Prehispanic Astronomical Knowledge – James Q. Jacobs
- The Āryabhatīya of Āryabhata: The oldest exact astronomical constant? – James Q. Jacobs
- The History of Cosmic Ray Studies – NASA
- The Length of the Lunar Cycle – Irv Bromberg

אנציקלופריות

אנציקלופדיה בריטניקה

אסטרופדיה – אנציקלופדיה אינטרנטית שהוקמה ע"י המועדון האסטרונומי של אוניברסיטת ת"א, ונכתבה ע"י אסטרופיזיקאים ופיזיקאים המומחים בתחומם (אינה פתוחה לעריכה)

במקרים בודדים לא נמנענו מלהזכיר את ויקיפדיה האנגלית. אך כמובן שלא כ"מנא הני מילי", אלא כ"יהודה ועוד לקרא", או כ"אסמכתא בעלמא" לפרטים שאינם עקרוניים לנושא. ובפרט שהיא גישה לרוב הקוראים יותר משאר הספרים והמאמרים.

Universalium encyclopedia



הבבלים, ועמים קדמונים נוספים, תיעדו את גרמי השמיים במשך מאות שנים, ביניהם את מופעי הירח. בתמונה – תיעוד אשורי של מופעי הירח, כתב יתדות על לוח חרס, צפון עירק, המאה ה-7 לפנה"ס. בעזרת רישומים כאלו, המשתרעים על פני מאות שנים, ניתן לחשב את המולד הממוצע בדיוק רב.

COMPOSITION MATHÉMATIQUE, LIVRE IV.

217

τοὺς 888 μῆνας, ἡμερῶν συναγόμεισιν αὐτοῦ τοῦ χρόνου, ἐστὶν ἡ ἀριθμὸς τῶν ἡμερῶν ἡμερῶν ἀπὸ ἐκλειψῆος σελήνης ἑκαστῆς ἐκλειψῆος ἀπλῆς ἀναποδιδομένης ἰσῶς διαστάσεως ἀποδοτικῶν ὡς δῆλον

du nombre des jours sur les 4267 mois, est de 29 jours 31' 50" 8''' 20'''' de jour, à très-peu près (e). Il prouve que dans cet espace de temps, les intervalles d'une éclipse de lune à la suivante sont égaux.

המקור לזמן המולד הממוצע (אורך החודש הירחי הממוצע)

בספר אלמגסט של תלמי, בשם היפרכוס (המאה ה-2 לפנה"ס), וכן הדרך כיצד חישב זאת. משמאל המקור היווני (הספרות מופיעות בגימטריה ביוונית), מימין התרגום לצרפתית. (דהיינו $60 \frac{31}{60}$ מהיממה + $50 \frac{60}{60}$ מהיממה וכו') זהה בדיוק ל"ב שעות ותשצ"ג חלקים.