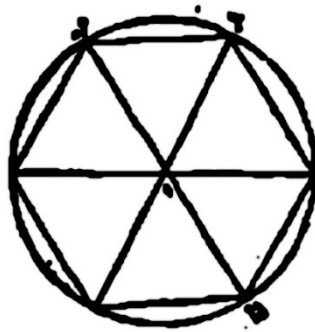


בס"ד כ באדר א תשע"ו

תירוץ חדש לקושיא עתיקה

בעניין היחס שבין היקף המעגל לרוחבו

ובסופו נספח על תקופת שמואל



השרטוט שבשער מובא מתוך ספר ישועה בישראל על הרמב"ם
והוא מציג את ההוכחה הגיאומטרית לכך שהיחס שבין ההיקף לקוטר גדול משלוש
ההסבר להוכחה מובא לקמן בהערה 160

© כל הזכויות שמורות למחבר

אביגדור אמיתי

Mada.Hazal@Gmail.com

מאמר זה לא נועד לכל אדם. מי שחונך והורגל כל ימיו באמונה תמימה, ומסקנות השונות מהשקפתו יעוררו בו קשיים באמונה – עליו להימנע מלימוד מאמר זה, שכן עדיפה אמונה שאינה מושלמת, מאשר קשיים מושלמים.

עם זאת, דבר פשוט וברור הוא, שגם על אדם כזה חובה לדעת שהבנתו אינה מושלמת בנושא, וקל וחומר שהיא אינה הדעה היחידה, ולא שייך שדווקא הוא יזלזל באלו שמעמיקים לבירור האמת.

קודם לעיון במאמר עצמו, יש להקדים ולהבהיר את הברור מאליו, שכבודם וסמכותם של חז"ל נובעים מידיעתם ועמלם בתורה לעומקה ולרוחבה, מיראת השמיים שלהם, ומהציווי "לא תסור". גדלותם זו אינה תלויה ואינה קשורה לידיעותיהם המדעיות, בין במה שידעו ובין במה שלא.

ואדרבה, איפכא מסתברא, דווקא ההבנה שאין קשר בין גדלותם העצומה לבין ידיעותיהם המדעיות, היא זו ששומרת על כבודם.

מן המפורסמות היא, שבניגוד לירידת הדורות התורנית והרוחנית, שבה אם ראשונים כמלאכים אנו כבני אדם, בתחומי המדע, להבדיל, העולם הולך ומתקדם, למן אבי יושב אוהל ומקנה ועד ימינו אלה, דור הולך ודור בא. כך שידיעות שראויות ונאות בדור מסוים, מתגלות כטעויות או כחוסרי דיוק בדור מאוחר ממנו, ובניין הזקנים נסתר ע"י הנערים. ופשוט שאין בדבר משום זלזול בבני הדורות הקודמים שהחזיקו בידיעות המתאימות לתקופתם, כדרכו של עולם.

תוכן העניינים

5	תמצית המאמר
6	פתיחה
6	פרק א – הסוגיות בש"ס
7	פרק ב – תירוצי המפרשים
8	פרק ג – קושיות על כל התירוצים הללו
10	פרק ד – הקדמה להקדמות לתירוצי
11	פרק ה – הקדמה ראשונה לתירוצי: מקור ידיעותיהם המדעיות של חז"ל ..
13	פרק ו – הקדמה שנייה לתירוצי: ההיסטוריה המדעית של חישוב ההיקף ..
16	פרק ז – התירוצי
20	פרק ח – כיצד יתכן שחלק מהקדמונים סברו כך
29	פרק ט – מדוע המפרשים לא תירצו כך
30	פרק י – הדין להלכה
30	פרק יא – אמתא בריבועא
34	נספח – תקופת שמואל

תמצית המאמר

במשנה ובגמרא היחס שבין היקף המעגל לרוחבו מוגדר כ-3 בדיוק (פרק א). המפרשים הביאו תירוצים שונים מדוע חז"ל עיגלו את הערך האמיתי (פרק ב), אך אין בתירוציהם בשביל ליישב את כל הסוגיות (פרק ג).

כיוון שרוב הראשונים והאחרונים הסכימו שחז"ל קיבלו את ידיעותיהם המדעיות מחכמי הגויים (פרק ה), ומצאנו אצל חכמי העולם העתיק דעות, ביניהם הבבלים וחלק מהרומאים, שהיחס הוא 3 בדיוק (פרק ו) – מסתבר שאף חז"ל למדו מהפסוק שכך הוא היחס. וכל הקושיות מתורצות היטב בלא דחוקים (פרק ז).

התמיהה המתבקשת כיצד טעו בדבר הניתן לבדיקה, מיושבת כאשר מבינים את סגנון המדע שהיה בזמנם, שהיה שונה מהותית מהמקובל בזמננו (פרק ח). והסיבה שהראשונים לא תירצו כך, היא שהם לא העלו בדעתם אפשרות שאכן כך סברו בעבר. אך בניגוד אליהם, אנו כן יודעים שאכן היו דעות כאלה (פרק ט). עכ"פ, אין לדיון זה השלכה הלכתית למעשה (פרק י). נסתפק האם גם את הכלל "אמתא בריבוע אמתא ותרי חומשי באלכסונא" הבינו כיחס מדויק (פרק יא).

לסיום נביא מהלך דומה מאוד בעניין שנת החמה, ובו נוכיח שחז"ל סברו שאורכה הוא $365\frac{1}{4}$ יום בדיוק (נספח).

פתיחה

מאמר זה מבוסס על היסוד (הנזנח לעיתים), שכדי להגיע לאמת בסוגיות מדעיות שבתורה, יש צורך בידע תורני (להבנת דברי הגמרא והמפרשים), ידע בכללי הפסיקה (שבנושאים מדעיים ניתן לחלוק על הראשונים ואף על דברי הגמרא¹), ידע בתחום המדעי המדובר, וידע בהיסטוריה של המדע (על מנת לדעת מה ידעו חכמי המדע בזמנם של חז"ל)².

ללא הידיעות הנ"ל – התורניות ולהבדיל המדעיות – אי אפשר להעמיק ולהגיע לאמת בסוגיות כאלו, בדיוק כפי שאי אפשר להעמיק בסוגיית מיגו במקום חזקה, בלי ידע הן בדיני מיגו והן בדיני חזקה³.

פרק א – הסוגיות בש"ס

דבר ידוע הוא שבש"ס – הן במשנה⁴ והן בגמרא⁵ – הגדרת שיעור היקף המעגל היא פי שלושה מרוחבו. בחלק מהמקורות כלל זה מובא בלשון פשוטה – "כל שיש בהיקפו שלושה טפחים יש בו רוחב טפח"⁶, ובחלקם בכלל הנגזר ממנו – "המרובע יתר על העיגול רביע"⁷, דהיינו: מרובע שרוחבו טפח – היקפו ארבעה, אך העיגול שרוחבו טפח – היקפו שלושה.

המשנה והגמרא דנות בכלל זה לגבי סוגיות רבות: קורת מבוי⁸, קורה שמאהילה על טומאה⁹, תחום ערי הלוויים¹⁰, עירוב של שתי חצרות שיש ביניהן חלון¹¹, יניקת אילנות¹²,

¹ נפרט כמה המקורות לכך לקמן בתחילת פרק ה.

² בעניין ידיעותיהם המדעיות של חז"ל, האפשרות לחלוק עליהם בתחומים אלו, ההוכחות לכך שמקורן מחכמי הגויים של זמנם, ליקוט דברי הראשונים והאחרונים על כך ודיון בדבריהם – הארכנו מאוד במאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן". כיוון שתחומי המאמר הנוכחי כרוכים אף בנושאים הללו, ציינו לקמן למאמר הנ"ל בכמה וכמה מקומות.

³ מיותר להבהיר, שאין בכוונתנו לשכנע את בני הישיבות לעזוב את הגמרא לטובת ספרי אריסטו וחבריו ח"ו... אלא שבשאלות כאלה ראוי לשקול בכובד ראש את דבריו של מי שבקי גם בכתביהם, ובלבד שכוונתו לשם שמיים.

⁴ עירובין א-ה (בגמרא יג:) ואהלות יב-ו.

⁵ במקומות רבים, כדלקמן.

⁶ כגון במשנה עירובין א-ה.

⁷ כגון במשנה אהלות יב-ו.

⁸ משנה עירובין א-ה (בגמרא יג:).

⁹ אהלות יב-ו.

¹⁰ עירובין נו:

¹¹ עירובין עו.

¹² בבא בתרא כז.

סוכה עגולה¹³, ספר התורה שהיה בארון הברית¹⁴, ובתוס' הוזכר כלל זה גם לגבי שיעור רביעית¹⁵.

גמרא נוספת¹⁶, היסודית ביותר לסוגיא זו, שואלת מהו מקורו של שיעור זה – ועונה שהוא נלמד מים של שלמה, שנאמר בו¹⁷ "ויעש את הים מוצק עשר באמה משפתו עד שפתו עגול סביב, וחמש באמה קומתו, וקו (הכתיב: וקוה) שלושים באמה יסוב אותו סביב"¹⁸.

פרק ב – תירוצי המפרשים

הקושיא המתבקשת, שאכן הוקשתה ע"י ראשונים ואחרונים רבים, היא שהרי ידוע לנו שהיחס גדול יותר, קצת יותר מ-3.14, ובשבר פשוט: קצת פחות מ- $3\frac{1}{7}$ ¹⁹.

כולם תירצו על כך²⁰, ככלל, שהש"ס נקט ערך מעוגל, כיוון שקשה לצמצם, ועוד, שהרי ערך זה לא יכול לעולם להתברר בדקדוק גמור²¹. אלא שישנם חילוקים בין התירוצי השונים, ובחלקם אף נפק"מ לדינא²²:

¹³ סוכה ז:

¹⁴ בבא בתרא יד:

¹⁵ פסחים קט. ד"ה רביעית.

¹⁶ עירובין יד.

¹⁷ מלכים א ז-כג.

¹⁸ יש שהביאו בשם ברייתא דמ"ט מידות (הנקראת גם: ברייתא דמסכת מידות) ערך מדויק יותר: "הרי הוא אומר ויעש את הים מוצק וכו' לפי שאמרו בני ארץ בעגולה שהסביבה מחזקת שלוש פעמים ושבע כחוט וכו'". אך בברייתא הזו שבידינו (שנדפסה בסוף ברייתא דמלאכת המשכן, בני ברק תשס"ח) הדבר לא מופיע. הוא כן מופיע במשנת המידות (ה-ג), שבפשוט מיוחסת לרבי אברהם בר חייא הנשיא, מן הראשונים (כך בדפוס ברלין תרכ"ד). ואמנם החוקרים נחלקו בתיארוכה: יש שייחסוה לתקופת הגאונים (המאה ה-9), אך יש שייחסוה לרבי נחמיה התנא (המאה ה-2).

¹⁹ ידועה ההערה המיוחסת לגר"א, על כך שבפסוק "וקו שלושים באמה", שהוא המקור לדיו זה, הכתיב הוא "וקוה", והיחס בין הגימטריא של "קוה" לגימטריא של "קו" הוא בדיוק היחס שבין 3.1415 לבין 3. אלא שאין בזה כדי ליישב את הסוגיות.

ראוי להעיר שבמאמר "הים של שלמה – בין נוסחאות לנוסחים" עמד על כך שבכתיב הגר"א רעיון זה לא מופיע כלל, לעומת זאת הוא כן נמצא במאמרו של הרב מתתיהו מונק, "דרכיה של ההלכה בפתרון בעיות הנדסיות מיוחדת" (הודפס בהדרום כז ניסן תשכ"ח עמוד 116).

²⁰ היה מי שרצה לתרץ באופן אחר, שבכל הסוגיות מדובר על צורה שדומה לאליפסה או לחרוט, ולכן היחס הוא באמת שלוש (בערך) (תחומין חי"ט עמוד 456). אך הדבר לא מתקבל, שהרי הגמרא והראשונים לא הזכירו זאת כלל, ובוודאי שלא פירשו באיזו אליפסה או חרוט בדיוק מדובר.

²¹ פירוש המשנה לרמב"ם עירובין א-ה.

²² רובם לוקטו בספר זמני הלכה למעשה ח"ב עמוד פג.

- א. לומדים זאת מהפסוק בים של שלמה (והביאו ראיה לדבריהם, שאל"כ מדוע צריך מקור מפסוק לדבר שאפשר למדוד בקלות)²³.
- ב. קיבלו זאת מסיני, ככל השיעורים²⁴.
- ג. שיעור זה הוא רק לחומרא²⁵.
- ד. שיעור זה הוא רק בדינים דרבנן²⁶.
- ה. שיעור זה נועד רק ללמד את התלמידים בדרך קצרה, כדי ללמד את עיקר ההלכה בלי להתעכב על פרטי החשבון המדוקדק, אך להלכה למעשה צריך לחשב בדקדוק²⁷.

פרק ג – קושיות על כל התירוצים הללו

אלא שעל כל התירוצים הללו ישנן קושיות בולטות מאוד:

אם שיעור זה ניתן מסיני – כיצד הגמרא שואלת "מנא הני מילי" ומביאה מקור מפסוק, ולא מזכירה שיש בזה הלכה למשה מסיני²⁸. אם לשיעור זה אין שום נפקותא הלכתית, אלא רק ללמד את התלמידים בדרך קצרה, לא מובן לשם מה הגמרא מחפשת ומוצאת לו מקור מפסוק. גם על התירוץ הראשון – המיושב יותר משאר התירוצים – קצת קשה, שאם הגמרא ידעה את השיעור המדויק, והיא מחפשת רק מקור לכך שלהלכה מעגלים אותו – יוצא שהעיקר חסר מן הספר.

²³ תוס' הרא"ש עירובין יד., חכמת שלמה (נדפס בסוף המסכת) עירובין יד., תפארת ישראל בועז אהלות יב-ו אות ט ד"ה ובזה. ויש מי שהוסיף שבועדאי יש בזה גם סוד (סיני חלק נ"א עמוד ריח).

²⁴ שו"ת התשב"ץ ח"א סי' קסה בתירוץ הראשון, תפארת צב"י (ר' צדוק הכהן מלובלין) על שו"ע יו"ד לה-סוף ד"ה עוד, שער הציון שעב-יח בלשון "אולי", חזון איש או"ח קלח-ד.

²⁵ ספר המשיחה והתשבורת (לרבי אברהם בר חייא הנשיא) בהקדמה, כוזרי שני (מטה דן) ד-דס.

²⁶ תוס' יו"ט עירובין א-ה בסופו, הביאו גם הרש"ש עירובין יד., שער הציון שעב-יח (אך הוסיף שאולי קיבלו מסיני לסמוך על כך גם בדאורייתא, כדלעיל).

²⁷ שו"ת התשב"ץ ח"א סי' קסה בתירוץ השני, קונטרס אמונה ומדע (חב"ד). ולפי זה ביאר התשב"ץ שם (סוף ד"ה ומה שכתבת) שדברי הגמרא בסוכה עגולה (סוכה ח.) "לחומרא לא דק" אלו רק דברי התלמידים שלא הבינו את דברי רבי יוחנן, וחישובו שיחס ההיקף הוא 3, אך רבי יוחנן עצמו חישב את יחס ההיקף במדויק. ואכן יש מי שרצה להוכיח מסוגיא זו שרבי יוחנן חישב למעשה את ההיקף באופן מדויק, ולכן נקט דווקא 24 בני אדם ולא 23 (המאמר "ערכים מדויקים של ח במקורות היהדות").

אמנם תפארת צב"י (ר' צדוק הכהן מלובלין) על שו"ע יו"ד לה-סוף ד"ה עוד) כתב על תירוץ זה של התשב"ץ, שוודאי שלא אמר זאת אלא להפיס את דעת החכם השואל.

²⁸ את קושיא זו הזכיר גם בספר זמני הלכה למעשה ח"ב עמוד פג ד"ה וצע"ק.

ולסיום, על כל התירוצים קשה, כיצד הגמרא לא מפרשת שמדובר בשיעור מקורב בלבד, והרי בשאר הגמרות כאשר ישנו חוסר דיוק בחישובים, הגמרא מפרשת "לא דק"²⁹, ולא סומכת על כך שהלומד יבין זאת מעצמו. יתרה מכן, הגמרא מקבלת את הסברא "לא דק" רק כאשר העיגול הוא לחומר, אך על עיגול לקולא הגמרא תמהה "אימור דאמרינן לא דק לחומר, לקולא מי אמרינן לא דק"³⁰, וכאן הרי העיגול הוא לקולא. ובפרט תמוה על התירוצים ששיעור זה אינו להלכה בכל המקרים (דאורייתא, או לקולא, או בכלל) – כיצד יתכן שהגמרא לא מפרשת זאת³¹, בבחינת חכמים היזהרו בדבריכם³².

ניתן להוסיף כהערה, שעצם ריבוי התירוצים השונים, מעיד על כך שבכל אחד מהם ישנו חיסרון³³.

אך הקושיות החזקות ביותר הן מסוגיות שאינן הלכה למעשה, ואעפ"כ נאמר בהן שיעור זה, ונביא שלושה מקורות כאלה:

א. סוגיית ספר התורה בארון הברית³⁴ – הגמרא מקשה שכיוון שהיקפו של ספר התורה הוא שישה טפחים, אם כן רוחבו שניים, והרי המקום שנשאר לספר התורה בארון (לאחר שהכניסו לתוכו את הלוחות) היה בדיוק שני טפחים, וכיצד הוא ייכנס ויצא שלא בדוחק ("תרי בתרי היכי יתיב"). לכן הגמרא נאלצת לחדש שספר התורה לא היה גלול כולו, אלא היה משאיר את חלקו לא גלול וכורכו לעצמו ומניחו על הספר. בגמרא זו מוכחים שני עניינים: ראשית, גמרא זו לא דנה בהלכה למעשה אלא במציאות בעבר. שנית, בגמרא זו מוכח שמדובר בשיעור מדויק ולא בשיעור מעוגל. דבר זה מקשה על כל התירוצים

²⁹ סוכה ח., בבא בתרא כז. יתרה מכן, בכל המקורות הללו מדובר על מעגלים, והגמרא ותוס' מציינים את חוסר הדיוקים האחרים בחישובים, ומתעלמים כליל מעצם חוסר הדיוק שביחס ההיקף לרוחב. ובעיקר הדבר בולט בתוס' הנ"ל שמחשב שברים קטנים כגון 1/24, ואעפ"כ מתעלם מחוסר הדיוק של ההיקף.

³⁰ סוכה ח., בבא בתרא כז., ובנושא דומה גם בסוכה לב:

³¹ קושיא זו קשה לא רק מהבחינה ההלכתית, אלא גם מהבחינה של אמונת חכמים, כיצד הגמרא לא חששה שהלומדים יטעו ויסברו שהאמוראים לא ידעו את השיעור האמיתי. מעין חששו המפורסם של המהרי"ל (בליקוטים) שאם ינסו את הרפואות שבש"ס ויראו שאינן מועילות ילעגו וילגלו על דברי חכמים.

³² אבות א-יא, ופירשו המפרשים שם: היזהרו לבאר דבריכם, שלא יהיה בהם ספק ומקום פירוש, ויזהרו מלומר מילתא דמשתמע לתרי אפי, שאם יפול ספק בדבריהם של חכמים יבואו השומעים לכלל טעות וכו'.

³³ כאן המקום לאמרה בדרך צחות, שעל השאלה מדוע קוראים את מגילת רות בשבועות – ישנם תירוצים רבים, אך על השאלה מדוע קוראים את מגילת אסתר בפורים – אף אחד לא דן...

³⁴ בבא בתרא יד:

שמבוססים על כך ששיעור זה לא נועד לתאר מציאות מדויקת אלא רק הלכה וכו'. ואמנם יש מי שיישב זאת בדוחק³⁵.

ב. סוגיית תכולתו של הים של שלמה³⁶ – הגמרא מאריכה לחשב כיצד הים של שלמה החזיק תכולה של 150 מקוואות טהרה. שוב, אין מדובר כאן בהלכה למעשה, אלא במציאות העבר.

ג. פירוש הפסוקים על הים של שלמה³⁷ – רש"י והרד"ק (וכן המצודת דוד) הביאו בפירושיהם לפשט הפסוקים את הכלל שהיחס בין ההיקף לרוחב הוא פי שלושה, כדברי המשנה והגמרא³⁸. אך שוב, כאן הרי לא מדובר בהלכה למעשה, אלא בפירוש המציאות.

משלושת המקורות הללו מוכח שהגמרא והראשונים נקטו את כלל זה גם בעניינים מציאותיים, ומוכח שאינו רק דין לנקוט כך בענייני הלכה, וכן אינו רק לצורך לימוד כללי הלכות לתלמידים.

ואכן, תוס' בסוגיא³⁹ הוכיחו מסוגיית ספר התורה ומעצם הסוגיא לגבי המקור מהים של שלמה, שמשמע מהן שהכלל שהיקפו פי שלושה הוא חשבון מדוקדק, והקשו שהרי "אין החשבון מדוקדק לפי חכמי המידות". ונשאר על כך בקושיא.

פרק ד – הקדמה להקדמות לתירוץ

בוודאי בשלב זה כבר מובן לקורא שבהמשך נביא בס"ד תירוץ שיישב את כל הקושיות בנקל, בבחינת "מקום הניחו לי אבותי להתגדר בו". אלא שתירוץ זה, לכאורה יקדים מכה לרפואה, בבחינת דחוי מעיקרא הוי דחוי, שהרי הוא תמוה עוד לפני שנאמר – אם אכן ישנו תירוץ פשוט, שבו אין שום דחוקים כלל, הן בלשון הגמרא והן בכל הסוגיות ובפירושי

³⁵ החתם סופר (בבא בתרא יד: ד"ה תרי) העלה אפשרות שכוונת הגמרא היא שהיקף הספר היה שישה טפחים בלי העמודים עליהם הוא נגלל, ורוחבו שני טפחים כולל העמודים הללו (לתירוץ יוצא אפוא שרוחב העמודים הללו היה קרוב לעשירית טפח, שהרי $0.1 \approx \frac{2}{3} \cdot 1.4$). הדחוקים בתירוץ זה הם ארבעה: א. כיצד הגמרא מתבססת על חישוב רוחב העמודים בלי להזכיר זאת, שהרי לשון קושיית הגמרא היא "מכדי כל שיש בהקיפו שלשה טפחים יש בו רוחב טפח" בלבד. ב. מדוע כשהגמרא דנה על ההיקף היא לא מחשבת את העמודים וכשהיא דנה על הרוחב היא כן מחשבת אותם. ג. מקושיית הגמרא "תרי בתרי היכי יתיב" מוכח שמדובר בחישוב מדויק, והרי רוחב העמודים לא היה ידוע במדויק. ד. במקום לתרץ שהספר לא היה גלול כולו, היה אפשר לתרץ בפשטות שהעמודים דקים יותר מעשירית טפח.

³⁶ עירובין יד.

³⁷ מלכים א ז-כג.

³⁸ לעומתם, הרלב"ג שם כתב בפירוש ששיעור זה הוא בקירוב, ונדון בדבריו בהמשך.

³⁹ עירובין יד. ד"ה והאיכא משהו.

הפסוקים – כיצד יתכן שהראשונים לא תירצוהו, ונאלצו להביא תירוצים דחוקים שונים, והתוס' אף נשאר בקושיא, וכיצד תירוץ פשוט ומיושב נעלם מעיניהם.

אלא שבהמשך דברינו נראה שהתירוץ מבוסס על מידע שלא היה בידי הראשונים, ולכן, ע"פ המידע שכן היה בידיהם, תירוץ זה לא היה שייך⁴⁰.

אך קודם לתירוץ עצמו יהיה עלינו להקדים שתי הקדמות.

פרק ה – הקדמה ראשונה לתירוץ: מקור ידיעותיהם המדעיות של חז"ל

בדבר ידיעותיהם המדעיות של חז"ל (באסטרונומיה, רפואה ועוד) – כבר ביארו בפירוש רב שרירא גאון⁴¹, הרמב"ם⁴², רבי אברהם בן הרמב"ם⁴³, המאירי⁴⁴, הרלב"ג⁴⁵ והאברבנאל⁴⁶, שמקורן של ידיעות אלו אינו ברוח הקודש או במסורת מסיני, אלא מחכמי הגויים ומהדברים שהיו ידועים בזמנם, ולכן גם אין מניעה לחלוק על ידיעות אלו.

גם הראשונים שכתבו שאין לחלוק על קביעות מדעיות שבחז"ל – הלוא הם הרשב"א⁴⁷, הריב"ש⁴⁸ והתשב"ץ⁴⁹ – מסתבר שלא אמרו זאת בכל הסוגיות⁵⁰ (ובדברי רבינו חננאל יש סתירה בעניין זה⁵¹).

גם בדברי האחרונים שדנו בשאלה זו, דעת רובם היא שמקור ידיעות אלו הוא טבעי וניתן לחלוק עליהן⁵².

⁴⁰ נחזור לשאלה זו שוב בפרק ט.

⁴¹ ס'י' שעו, הובא באוצר הגאונים גיטין עמוד 78 – בעניין רפואות.

⁴² מורה נבוכים ח"ג יד וח"ב ח – בעניין אסטרונומיה.

⁴³ במאמרו אודות דרשות חז"ל – בעניין רפואות, חכמת הטבע ואסטרונומיה.

⁴⁴ שבת סז. ד"ה כל מיני הלחשים – בעניין רפואות.

⁴⁵ מלחמות ה' מאמר חמישי ח"א פרק נב, הובא בהערות על הרלב"ג בראשית טו-ד"ה ואולם.

⁴⁶ ישועות משיחו תחילת ח"ב "המין השישי".

⁴⁷ שו"ת הרשב"א ס'י' צח.

⁴⁸ שו"ת הריב"ש ס'י' תמז.

⁴⁹ שו"ת התשב"ץ ח"א ס'י' קסה ד"ה ומה שכתבת.

⁵⁰ חלקם דיברו רק בהלכות טריפות שהן הלכה למשה מסיני, וישנם עוד חילוקים. הארכנו בזה ודנו בדבריהם במאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן".

⁵¹ בפסחים צד. כותב שאין לחלוק על דברי חז"ל בענייני אסטרונומיה, ובמועד קטן יא. משמע מדבריו שאפשר לחלוק עליהם בענייני רפואה, שמקור דבריהם הוא בדברי הרופאים שהיו באותו המקום ובאותו הזמן.

⁵² הארכנו בזה ודנו בדבריהם במאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן".

ואכן, כל מי שבקי בדברי חז"ל בסוגיות מדעיות, ולהבדיל – בדברי חכמי האומות בסוגיות אלו – רואה בחוש את ההתאמה בדבריהם, בין בידיעות שבהן צדקו, ובין באלו שלא⁵³. נדגיש שמצאנו דמיון בין דברי חז"ל לדברי חכמי האומות גם בתחום המספרים והשברים⁵⁴, ואף בתחום הגיאומטריה והמעגלים⁵⁵.

⁵³ ניתן לכך כמה דוגמאות בולטות:

עיבור של 7 שנים מתוך 19 כדי להשוות את שנות החמה לשנות הלבנה – נמצא כבר אצל מטון היווני (ויש אומרים שהוא עצמו למדו מהבבלים).

אורך החודש הירחי הוא כ"ט י"ב תשצ"ג (ראש השנה כה.) – מופיע במדויק אצל קידיו הכשדי וכן אצל היפרכוס היווני, שאף הביא את הדרך שבעזרתה הגיע לתוצאה זו (אלמגסט ספר 4 פרק 2, הובא בספר יסודי העיבור מאמר ג פרק מו, ובספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 18).

רעש הגלגלים – דברי הגמרא (יומא כ:) שגלגל חמה משמיע רעש, הם ע"פ שיטת פיתגורס (מורה נבוכים ח"ב ח).

הוולד נוצר ליום הארבעים (נידה ל:) – כך כתב פליניוס (בספרו תולדות הטבע ספר 7 פרק 5 (6)), ודבריו שם לגבי נקבה דומים לדעת רבי ישמעאל (שם).

המחלוקת האם הוולד נוצר מטיבורו או מראשו (סוטה מה:) – נמצאת אצל אנשי המדע הקדמונים (אלקמיאון אמר שמראשו, יש שאמרו מטבורו, והיו עוד דעות) (אנציקלופדיה הלכתית רפואית תחילת ערך עובר).

הנולד בחודש שמיני לא יחיה אך בחודש השביעי כן (שבת קלה. ועוד, ע"פ הידוע לנו היום דבר זה אינו מתאים למציאות) – כך סברו גלינוס, אריסטו (בספרו ההיסטוריה של בעלי החיים ספר 7 פרק 4) והיפוקרטס (אסיא חוברת מה-מו עמוד 103 הערה 21, אנציקלופדיה הלכתית רפואית ערך ילוד אות ג).

הדעה שאשה מתעברת סמוך לווסתה (סוטה כז., ע"פ הידוע לנו היום דבר זה אינו מתאים למציאות) – נמצאת אצל פליניוס (בספרו תולדות הטבע ספר 7 פרק 14).

דם נידה נעכר ונעשה חלב לדעת רבי מאיר (בכורות ו; נידה ט., ע"פ הידוע לנו היום דבר זה אינו מתאים למציאות) – כדברי אריסטו וגלינוס (אנציקלופדיה הלכתית רפואית ערך הנקה).

עכבר שחציו בשר וחציו אדמה (חולין קכז., סנהדרין צא.) – כך סבר פליניוס (בספרו תולדות הטבע ספר 9 פרק 84 (58)), שבעלי חיים יכולים להיווצר מתוך דומם, ואף סיפר על עכברים אלו היוצאים בזמן הצפת הנילוס (הובא גם בספרים: האדם על הירח פרק ד עמ' 50, 'יונית ויונות בארץ ישראל עמ' 286, הרב שטיינזלץ שבת קז:).

מקורו של הזרע – יש בזה שלוש שיטות ביהדות: [א] השיטה המקובלת יותר היא שמקורו במוח, הוא עובר דרך חוט השדרה, ומתבשל בכליות (זוהר פינחס ריט., ערוך השולחן אה"ע כג-ג, ליקוטי מוהר"ן תורה ז). [ב] יש שכתבו שמגיע מכל חלקי הגוף, וכל חלק מהזרע – שנוצר באבר אחר – יוצר בעובר את אותו אבר. [ג] יש שכתבו שמקורו בדם והוא מעין קריש דם. כל שלוש השיטות הללו היו אצל חכמי יוון (כל זה באנציקלופדיה הלכתית רפואית ערך זרע אות ב).

רעמים – לאחד ההסברים (ברכות נט.) הם הרעש מהרוח שנושבת בעננים. כך כתבו אריסטו ופליניוס (תולדות הטבע ספר 2 פרק 43 (43)).

⁵⁴ הדרך בה הגמרא (פסחים קט.) מגדירה שבר מורכב – "חצי אצבע וחומש אצבע" (במקום: שבע עשיריות), או הירושלמי (שבת פ"ח ה"א, פסחים פ"י ה"א, שקלים פ"ג ה"ב, הובא בתוס' שם ד"ה רביעית) "מחצה ושליש אצבע" (במקום: חמש ששיות), הנראית לנו מסובכת, היתה מקובלת בעולם

כאן המקום להעיר, שהעובדה שחז"ל קיבלו מחכמי הגויים גם ידיעות מוטעות, פשוט שאין בה משום פגיעה ח"ו בכבודם בגדלותם ובחכמתם של חז"ל. שהרי עיקר עיסוקם של חכמינו היה כמובן בתורה (ויש שאף אסרו ללמוד מדעים, ויש שהתירו רק בתנאים מסוימים), ולא שייך להקשות כיצד הם שגו בידיעות שאף גדולי חכמי אומות העולם – שכן הקדישו את כל חייהם לתחומים אלו – טעו בהן⁵⁶. זאת ועוד, בעולם המדע עצמו רוכשים כבוד רב לגדולי חכמי העולם העתיק, על אף שגיאותיהם. ק"ו שאין זו פגיעה בכבודם של חז"ל, ולא תהא כהנת כפונדקית.

בנוסף לזה, בכל שאלה שאינה להלכה, כבר כתבו רבים שניתן לחלוק על הראשונים ואף על הגמרא⁵⁷, כפי שמצאנו שמפרשי התנ"ך חלקו על הגמרא⁵⁸.

פרק ו – הקדמה שנייה לתירוץ: ההיסטוריה המדעית של חישוב ההיקף

הערך של היחס בין היקף המעגל לקוטרו, המסומן כ- π (פאי), הוא מספר אי-רציונלי, ולכן תצוגתו היא אינסופית ואינה מחזורית. ערך זה הוא אף מספר טרנסצנדנטי. בימינו חישובו בעזרת מחשבים, והגיעו לדיוק של אלפי-מיליארדי ספרות לאחר הנקודה. עכ"פ, ספרותיו הראשונות הן 3.141592653589.

העתיק. במצריים העתיקה כמעט ולא השתמשו בשברים שבהם המונה גדול מאחד, אלא בצירוף של שברים נפרדים. למשל, את ערכו (המקורב) של פאי הציגו המצרים (בפפירוס רינד) כך: $3 + 1/9 + 1/27 + 1/81$. במקום $3_{13/81}$. ההודים (בספר שולבא-סוטרא בחלק Baudhayana sutra) ניסחו את $2\sqrt{2}$ כך: $1 + 1/3 + 1/4 \times 1/3 - 1/34 \times (1/4 \times 1/3)$. בספר "גיאוגרפיה" של תלמי (במהדורה הלטינית משנת 1511) מוצגים כך שבריהן של מעלות קווי האורך והרוחב של המקומות השונים. למשל, קו הרוחב של פטרה מוצג כך: $29 + 1/2 + 1/3$. במקום $29_{5/6}$.⁵⁶ בימינו הנתון הבסיסי של המעגל הוא הרדיוס (או הקוטר), ועליו מתבסס חישוב ההיקף ($2\pi r$) והשטח (πr^2). לעומת זאת, בגמרא הנתון הבסיסי שמגדיר את המעגל הוא ההיקף - סוכה שיש בהיקפה עשרים וארבעה (סוכה ז:), חלון שיש בהיקפו עשרים וארבעה (עירובין עו.). וכן חישוב שטח העיגול מתבסס על המרובע שמקיף אותו (כמה מרובע יתר על העיגול, עיגולא דנפיק מיגו ריבועא). ואכן כך מצאנו בעולם העתיק - הבבלים (בלוח חרס YBC 7302) הגדירו את המעגל ע"פ היקפו, וכך חישובו את שטחו (הכפלת ההיקף בעצמו חלקי 12, בלי התייחסות לקוטר או לרדיוס), והמצרים (בפפירוס רינד שאלה 48) הגדירו את המעגל ע"פ הריבוע שחוסם אותו, וכך חישובו את שטחו.

⁵⁶ בשאלה כיצד הגיעו בזמננו לטעויות מדעיות שלעיתים אף מביכות, הארכנו לקמן בפרק ח.

⁵⁷ תוס' יו"ט נזיר ה-ה, רש"ש פסחים עד., אוצרות הראיה ח"ג אות ד.

⁵⁸ כגון: החזקוני והרלב"ג על "ותהי נציב מלח" בלוט (בראשית יט-כ), הרשב"ם על "פרשו השמלה" במוציא שם רע (דברים כב-טו) והאבן עזרא על "עין תחת עין" (שמות כא-כד). גם על כך הארכנו במאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן" בנספח א, ושם הבאנו שיש החולקים על כך.

במשך אלפי שנים עסקו בחישובו, והוא המספר המפורסם ביותר בהיסטוריה האנושית⁵⁹. נסקור⁶⁰ את ידיעותיהם של חכמי העולם העתיק בדבר היחס שבין ההיקף לקוטר, מן המאוחר אל המוקדם:

⁵⁹ Essays on the frontiers of modern astrophysics and cosmology עמוד 77.
⁶⁰ סקירות כאלו מופיעות בספר Pi: A source book בעמודים 282, 655, 677, בספר Pi – Unleashed עמוד 205, במאמר "What is the history of Pi?" ובמאמר "Pi - a brief history".

המקור	התקופה	הניסוח המקורי ⁶¹	בניסוח עשורני
צו צ'ונג-צ'י ⁶² (סיני) ⁶³	המאה ה-5 לספירה	$3_{16/113}$	3.141592^{64}
תלמי ⁶⁵ (יווני) ⁶⁶	המאה ה-2 לספירה	$3_{17/120}^{67}$	3.1416
ויטרוביוס (רומאי) ⁶⁸	המאה ה-1 לפנה"ס	$3_{1/8}$	3.125
חכמי הודו	המאה ה-2 לפנה"ס	$\sqrt{10}$	3.1622
ארכימדס (יווני) ⁶⁹	המאה ה-3 לפנה"ס	בין $3_{1/7}$ לבין $3_{10/71}$	קצת יותר מ-3.14
שיטות שונות של חכמי הודו ⁷⁰	בין המאה ה-9 ל-6 לפנה"ס	$3_{1/5}^{71}$	3.2
		339/108	3.1388
		$25/8^{72}$	3.125
		$(9785/5568)^2^{73}$	3.088
			3.004^{74}
בבל העתיקה – מקור בודד ⁷⁵	בין המאה ה-19 ל-17 לפנה"ס	$3_{1/8}$	3.125
מצריים העתיקה (פפירוס רינד ⁷⁶) ⁷⁷	המאה ה-17 לפנה"ס	$3_{13/81}$	3.1605

⁶¹ לגבי חלק מהנתונים דלקמן ישנם שינויים קלים בין המקורות השונים.

⁶² Tsu Chung-chih, או, בכתוב אחר: Zu Chongzhi.

⁶³ Pi: A source book עמוד 655.

⁶⁴ זהו דיוק של 6 ספרות לאחר הנקודה.

⁶⁵ Ptolemy.

⁶⁶ בספרו אלמגסט ספר 6 פרק 7 סעיף 5.

⁶⁷ או, בניסוח אחר: $3 + \frac{8}{60} + \frac{30}{60}^2$.

⁶⁸ בספרו על אודות האדריכלות, ספר 10 פרק 9 סעיף 1.

⁶⁹ אלמגסט ספר 6 פרק 7 סעיף 5, Pi: A source book עמוד 655.

⁷⁰ רובם הובאו בספר Pi: A source book עמודים 677, 678.

⁷¹ ספר שולבא-סוטרא (Shulba Sutras או Sulbasutras) חלק Manava, ושם מודגש: ואפילו לא כמלא הנימא פחות מכך.

⁷² ספר שולבא-סוטרא (Shulba Sutras או Sulbasutras) חלק Manava קטעים 11.14 ו-11.15.

⁷³ ספר שולבא-סוטרא (Shulba Sutras או Sulbasutras) חלק Baudhayana sutra קטעים 2.9 ו-2.10.

⁷⁴ ספר שולבא-סוטרא (Shulba Sutras או Sulbasutras) חלק Baudhayana sutra קטע 2.11.

⁷⁵ Pi: A source book עמוד 626.

⁷⁶ RMP - Rhind Mathematical Papyrus, נקרא גם: פפירוס אחמס. שאלה 48 בפפירוס עוסקת בשטחו של עיגול שחוסם בתוך מרובע שגודלו 9X9, ותוצאת החישוב היא ששטחו הוא 64. כמו כן השאלות הסמוכות הקודמות עוסקות בחישוב נפח של גליל, שגם הוא מבוסס כמובן על פאי. את הערך של פאי הציגו המצרים כך: $3 + \frac{1}{9} + \frac{1}{27} + \frac{1}{81}$. ככלל, מצריים נחשבת לערש הגיאומטריה.

⁷⁷ Pi: A source book עמוד 626, Nature and history of Pi עמוד 15.

וכעת נגיע לנקודה החשובה ביותר לענייננו:

* רוב המקורות הבבלים העתיקים מחשבים את היחס כ-3 בדיוק⁷⁸ (למעט מקור אחד⁷⁹, אין שום מקור בבלי בין המאות 23 ל-16 לפנה"ס, שיש בו ערך מדויק יותר)⁸⁰, ואף את שטחו של העיגול חישובו הבבלים כ- $3r^2$ ⁸¹. אצל חלק מהרומאים, אפילו במאה ה-1 לפנה"ס, הערך עדיין היה מחושב כ-3 בדיוק⁸². כמו כן ההודים והסינים העתיקים חישובו כן⁸³.

פרק ז – התירוץ

לאור שתי ההקדמות דלעיל, הדבר פשוט ביותר. כפי שראינו בהקדמה הראשונה, מפורש בראשונים שאת ידיעותיהם המדעיות קיבלו חז"ל בין השאר מחכמי הגויים, ואף ידיעות שאינן מדויקות, ולכן מותר לחלוק על ידיעותיהם אלו.

ע"פ הידוע ללומדי ההיסטוריה של המדע, ידיעות מדעיות רבות מאוד בחז"ל זהות לדבריהם של חכמי יוון שנאמרו כבר מאות שנים קודם לכן⁸⁴, אך בוודאי שהיתה השפעה גם לחכמי בבל⁸⁵, אליהם גלינו⁸⁶. הירושלמי⁸⁷ כותב במפורש ששמות החודשים שלנו מקורם בגלות בבל⁸⁸. גם התפיסה שיש כמה רקיעים⁸⁹ וקצותיהם קרובות לשפת האוקיינוס

⁷⁸ Pi: A source book עמוד 282, ובעמוד 677 ציין שמקורם בטקסטים שנמצאו בעיר שושן מהאלף ה-2 לפנה"ס. מעין זה בספר Serving Pi with Buffon's Needle עמוד 19.

⁷⁹ שהובא לעיל.

⁸⁰ אמנם יש שכתבו שהבבלים ידעו שהערך 3, בו הם השתמשו, הינו בקירוב בלבד.

⁸¹ Essays on the frontiers of modern astrophysics and cosmology עמוד 78 (או, בדרך אחרת: ריבוע ההיקף חלקי 12, הנותנת אותה תוצאה).

⁸² Pi – Unleashed עמוד 176.

⁸³ Pi: A source book עמוד 282. בסין, במאה ה-12 לפנה"ס, בחיבור "צו בי סואן ג'ינג" (Zhou Bi Suan Jing) נאמר ש"ההיקף גדול פי 3 מהקוטר".

⁸⁴ וכפי שהבאנו כמה וכמה דוגמאות בולטות לזה בהערה 53.

⁸⁵ אגב, גם היוונים עצמם קיבלו מידע מן הבבלים. למשל, תיעודם של הבבלים (כשדים) על הליקויים היה ביסודם של חישובי היפרכוס היווני על אורך החודש הירחי (אלמגסט ספר 4 פרק 2, הובא בספר The Dream of the West חלק 2 עמוד 195, וכן בספר יסודי העיבור מאמר ג פרק מו ובספר חשבון תקופות ומולדות עמוד 18).

בפרט בתחום המתמטיקה נראה שחכמי יוון הושפעו מהמצרים ומהבבלים (המאמר "מתמטיקה בהתפתחות הדורות").

⁸⁶ אמנם חשוב להעיר שהמקורות הבבלים העתיקים שבהם ההיקף מחושב כ-3, קדומים בכאלף שנה לזמן גלות בבל.

⁸⁷ ראש השנה פ"א ה"ב, ושם כותב זאת גם לגבי שמות המלאכים.

⁸⁸ ואכן שמות החודשים באשורית הם: תשרית, ארוחשמנו, כסלמו, טבתו, שבטו, אדרו, ארוחנאקרו אדרו (אדר שני – בשנה מעוברת), ניסאנו, אארו, סימנו, דומוזו, אבו, אלולו (אוצר ישראל ערך חדש). ובדומה לזה שמות החודשים בלוח הבבלי.

– היתה אצל הבבלים (בניגוד ליוונים שתיאור היקום שלהם היה קרוב יותר למציאות), ועוד קודם לכן אצל השומרים (כאלפיים שנה לפנה"ס)⁹⁰. וכן הדעה – שהחזיקו בה מקצת חכמי ישראל – שהארץ שטוחה⁹¹ – אין מקורה אצל חכמי יוון, שבתקופה זו כבר ידעו בהחלט שהארץ כדורית⁹². כמו כן מסתבר שהיתה גם השפעה של הרומאים⁹³.

כיוון שראינו בהקדמה השנייה שבעולם העתיק היו דעות שונות ורבות מהו היחס שבין ההיקף לרוחב, והיו אף כאלה (בבלים, חלק מהרומאים, הודים וסינים) שחישבוהו כ-3, הדבר ברור מאוד שאף לחז"ל (ולחלק מהראשונים) לא היה הידע המדויק בנושא.

ממילא מובן מאוד מדוע הגמרא⁹⁴ שאלה "כל שיש בהיקפו שלשה טפחים יש בו רחב טפח. מנא הני מילי", שהמפרשים⁹⁵ התקשו מדוע צריך לזה פסוק⁹⁶. כעת מבואר שאדרבה, שאלת הגמרא היא דווקא מחוסר הידע מהו הערך האמיתי, ולכן שאלו מהו מקורם של התנאים לכלל זה, ככל "מנא הני מילי" שבש"ס (ולקמן בפרק ח נבאר מדוע לא מדדו ובררו זאת בעצמם). ואכן, מצאנו בעוד סוגיות שהגמרא מחפשת מקור לעניינים מציאותיים, ואף כאלה שניתן למודדם⁹⁷.

⁸⁹ ובכמה גמרות נראה שאינו רק עניין אגדתי: חגיגה יב: לגבי שבעת הרקיעים (ותוס' שם ד"ה נכנס), ומעין זה לגבי רקיע בכלל (אך לא שבעה) בפסחים צד: ובבא בתרא כה: המאמר Sumerian astronomy.

⁹¹ האריך וליקט דעות בזה בספר קו התאריך הישראלי שער ב סוף פרק ו אות ב, שער ב פרק ט, וכן מביא שם כך מהרס"ג ומהראב"ד. אחת הדוגמאות הבולטות הם דברי הגמרא (פסחים צד:): שהשמש שעוברת לבילה תחת הקרקע מחממת את המעיינות, דבר שלא שייך אם הארץ כדורית. כמו"כ שו"ת שבות יעקב ח"ג סי' כ הוכיח מגמרא חגיגה יב. "אידי ואידי חד שיעורא הוא" שהארץ שטוחה. ובאמרי בינה (יא), והמהר"ל בבאר הגולה באר השישי סוף פרק י הביאו וחלק עליו) פירש את הגמרא (תמיד לב). "איזה רחוק יותר ממזרח למערב או מארץ עד השמים" שחז"ל לא ידעו שהארץ כדורית.

⁹² מהמאה ה-5 לפנה"ס כבר היה מוחלט אצל כל חכמי יוון שהארץ כדורית.
⁹³ פליניוס הזקן, הרומאי (בספרו תולדות הטבע ספר 9 פרק 84 (58)), הוא ככל הנראה המקור לידיעה (שאינה נכונה) על עכבר שחציו בשר וחציו אדמה (חולין קכז, סנהדרין צא), וממנו הגיעה התפיסה (ששוב, אינה נכונה) שבעלי חיים יכולים להיווצר מתוך דומם, כגון כינים (הובא גם בספרים: האדם על הירח פרק ד עמ' 50, יוונית ויוונית בארץ ישראל עמ' 286, הרב שטיינזלץ שבת קז:).

⁹⁴ עירובין יד.
⁹⁵ תוס' הרא"ש עירובין יד., חכמת שלמה (נדפס בסוף המסכת) עירובין יד., תפארת ישראל בועז אהלות יב-ו אות ט ד"ה ובזה.

⁹⁶ שהרי אפשר למדוד זאת בקלות. ורצו להביא מכך ראייה שהגמרא ידעה שערך זה אינו מדויק, וחיפשה מקור לכך שלהלכה מעגלים זאת כשלוש.

⁹⁷ בהמשך הגמרא שם (עירובין יד:): לומדים מפסוק שהגודש של כלי הוא שלישי, ולשון הירושלמי בסוגיא (עירובין פ"א ה"ה בסופה) מודגשת עוד יותר – "מיכן למדו חכמים ארבעים סאה בלח שהן כוריים ביבש", משמע שהוא ממש מקור. וזאת אע"פ שבוודאי אפשר לבדוק זאת בנקל. יתרה מכך

תשובת הגמרא בסוגיא⁹⁸ שמביאה את הפסוק בים של שלמה⁹⁹, ומוכיחה ממנו שהיחס הוא 3, לימדה אותם שאכן זהו היחס. ויהודה ועוד לקרא, שהואיל וכך סברו אף רבים מחכמי אומות העולם בעת העתיקה¹⁰⁰, הדבר ברור מאוד, שחז"ל (וחלק מהראשונים), פשוט סברו שכך הוא היחס¹⁰¹. כך, בפשטות, כל הקושיות והדחוקים נעלמים כלא היו.

לגבי פירוש הפסוק¹⁰² עצמו, שנראה ממנו שהיחס הוא 3, ניתן לומר בפשטות ששם באמת כוונתו רק לעגל את הערך האמיתי¹⁰³. אך ניתן לומר גם – על סמך דברי הרלב"ג¹⁰⁴

בסוגיית יניקת זרעים, שהגמרא (שבת פד:) אומרת ש"קים להו לרבנן" שיעור היניקה, הגמרא שואלת על כך (שבת פה.) "ומנלן דהא דקים להו לרבנן מילתא היא" ומביאה לכך פסוק.
⁹⁸ עירובין יד.

⁹⁹ מלכים א ז-כג.

¹⁰⁰ ברור שלעולם לא נדע איזה ידע מחכמי האומות בדיוק הגיע לחז"ל. כמו כן איננו יודעים מה בדיוק סברו כל חכמי האומות בכל מקום ובכל תקופה, ומה היו הדעות השונות, שאולי לא הגיעו לידינו. משום כך לא נמנענו מלהביא את דעת הבבלים הקדמונים, אע"פ שהמקורות הכתובים על כך קודמים בהרבה לתקופת התנאים, וכן הבאנו אף את דעת הסינים וההודים, אע"פ שחז"ל בוודאי לא שמעו על דעתם, אלא שעצם הידיעה שהיתה דעה כזו מוכיחה שהדבר לא היה מופקע בתקופות הללו.

¹⁰¹ אין להקשות מדוע חז"ל הסכימו לערך המעוגל יותר של הבבלים וחלק מהרומאים, ולא קיבלו את הערך המדויק יותר שכבר היה בידי היוונים. שהרי מצאנו גם לגבי אסטרונומיה, שחז"ל קיבלו את תפיסת היקום של ריבוי רקיעים, שמקורה אצל הבבלים והשומרים, אע"פ שאצל חכמי יוון כבר היתה בזמנם תפיסה קרובה בהרבה לאמת (וניתן להסביר זאת מכמה טעמים היסטוריים).
 ובכלל, קרה לא-פעם בעולם העתיק שדווקא הדעה הלא-נכונה היא זו שנתקבעה, אע"פ שדעה נכונה יותר כבר פורסמה ואף הוכחה. ניתן לזה שלוש דוגמאות:

א. אצל מרבית חכמי העולם העתיק וימי הביניים נתקבעה דעת האסכולה האלכסנדרונית (מהמאה ה-3 לפנה"ס) שהחדר השמאלי בלב מקבל אוויר מהריאות ומזרים אותו לעורקים. זאת לאחר שגלינוס כבר הוכיח בניסיונות פומביים שהעורקים מכילים ומזרימים דם (אנציקלופדיה הלכתית רפואית ערך לב וכלי דם בפרק רקע היסטורי).

ב. השו"ע (יו"ד מ-א) סבר שבלב יש שלושה חללים, כדברי אריסטו. זאת לאחר שגלינוס כבר הוכיח בניתוח פומבי של פיל שישנם רק שני חדרים (אנציקלופדיה הלכתית רפואית ערך לב וכלי דם הערה 121).

ג. היו שסברו, בין באומות העולם ובין בחכמי ישראל (כדלעיל הערה 91), שהארץ שטוחה. זאת לאחר שחכמי יוון כבר הוכיחו את כדוריות הארץ ע"י צורת הצל שמטילה הארץ על הירח בליקוי לבנה (נתנו לכך אף הוכחות נוספות, אך הדגשנו את זו שנראית לעיניו של כל אדם).

¹⁰² מלכים א ז-כג.

¹⁰³ וכפירוש הרלב"ג על הפסוק, וכן כתב בספר אילים (לר' יש"ר מקנדיאה) עמ' 72 ד"ה השאלה הי'.

¹⁰⁴ בראשית טו-ד.

שאפילו האבות והנביאים ידעו רק את המקובל אצל חכמי תקופתם¹⁰⁵ – שירמיה שכתב את ספר מלכים¹⁰⁶, סבר אף הוא שההיקף הוא 3 בדיוק¹⁰⁷.

אגב, כעת גם יובן יפה מדוע רש"י והרד"ק פירשו את הפסוק הנ"ל ע"פ הכלל שהיחס הוא 3 – שהרי כך באמת סברו, ודווקא הרלב"ג ורבי יש"ר מקנדיאה הדגישו שזהו ערך מקורב בלבד – שהרי שניהם היו בקיאים מאוד בגיאומטריה: הרלב"ג כתב פירוש על ספרו של אוקלידס (אבי הגיאומטריה), ורבי יש"ר מקנדיאה הקדיש חלק גדול מספרו (ספר אילים) לתחום הגיאומטריה.

נוסיף שאפילו בתקופת האחרונים, היה מי שיחס ההיקף לא היה מוחלט בעיניו, ולגבי חישוב קוטר כדור הארץ העיר¹⁰⁸: "זה לדעת מי שאמר שכל קו הסובב בעיגול הוא כדי אלכסונו ג' פעמים ושביעי פעם בקירוב". יש להדגיש שמדובר בספר עמוק ומקיף בענייני אסטרונומיה, הכולל שיעורי אורך זוויות מדוקדקים.

קודם שנמשיך חובה עלי לציין, שהסבר זה כבר נאמר ע"י חוקרים – בני ברית¹⁰⁹ ושאינם בני ברית¹¹⁰, וכדברי הרמ"א¹¹¹ שדרכם של חכמי ישראל להביא מדברי החוקרים מאומות העולם בספריהם, וכדברי הגמרא¹¹² שכל מי שאומר דבר חכמה אף באומות נקרא חכם¹¹³.

¹⁰⁵ לכן הסביר שאפילו אברהם אבינו לא ידע את מספר הכוכבים האמיתי, ויחזקאל סבר שיש קול לגלגלים – וכך אף שמע בנבואתו – כיוון שכך סברו בתקופתו. וכן כתבו הראי"ה קוק (אדר היקר אות ד עמודים לז-לח, והביא דוגמא מכך שטעו וסברו שהחורבן היה בתשעה באב ע"פ הירושלמי תענית פ"ד ה"ה) והבית ישי (דרשות מז הערה ד, והביא סיוע לזה מהמורה נבוכים ומתורת העולה לרמ"א ומהמגיד מישרים לב"י). ומעין זה כתב האברבנאל (הקדמה לירמיה ד"ה אבל אמתת) שהנביא לא היה בקי בדקדוק.

¹⁰⁶ בבא בתרא טו.

¹⁰⁷ מעניין לציין שבתרגום השבעים הנמצא בידינו, שעבר גלגולים רבים מאז תרגומו הראשון, נמצא "פתרון" אחר לחוסר הדיוק שבפסוק: שם הגירסא היא (ביוונית) $\kappa\alpha\iota\ \sigma\upsilon\upsilon\eta\chi\mu\epsilon\nu\omicron\iota\ \tau\pi\epsilon\acute{\iota}\varsigma\ \kappa\alpha\iota\ \tau\upsilon\pi\acute{\alpha}\kappa\omicron\nu\tau\alpha$ ובגירסא האנגלית and its circumference thirty-three cubits (אצלם מראה-המקום הוא: Kings III 6:23), דהיינו: "ושלושים ושלוש אמות היקפו". כלומר אחד המעבדים "תיקן" את הגירסא, ככל הנראה מתוך חישוב ומחשבה שלאחר שנוסיף לקוטר טפח לכל כיוון, ההיקף מתקרב ל-33 (ואם הוא סבר משום-מה ששני טפחים הם חצי אמה, החשבון נעשה מדויק הרבה יותר). העיר על כך במאמר "הים של שלמה – בין נוסחאות לנוסחים".

¹⁰⁸ הגהות על ספר אשפיר"א גדול מראה האופנים סוף שער א אות ד (נדפס בספר פועל ה' – י"ב ספרי תכונה).

¹⁰⁹ פרופ' אסא כשר, הובא בסיני חלק נ"ב עמוד צב.

¹¹⁰ Pi: A source book עמוד 282.

¹¹¹ שו"ת הרמ"א סי' ז ד"ה תחילה.

¹¹² מגילה טז., הובאה ברמ"א שם.

¹¹³ ושם הוסיף שכן עשו כל החכמים, ובפרט ציין את הרמב"ם, בעל העקידה "ושאר מחברים גדולים וקטנים".

החידוש במאמר זה הוא המבט התורני: הדיון בסוגיות ובתירוצי המפרשים, הראיות מדברי חז"ל ומהראשונים שזהו התירוץ המיושב ביותר, ההסברים כיצד ניתן לומר זאת מבחינה תורנית וכו'.

חשוב להוסיף שיתכן שזו כוונת המאירי¹¹⁴ בשם הראב"ד, שהעיר שלהלכה יש לחשב את היחס כ- $3\frac{1}{7}$ כדברי חכמי המידות, ולא טרח כלל לבאר מדוע בגמרא השיעור הוא 3. ומעין זה כתב המגיד משנה¹¹⁵.

אלא שכמובן צצה תמיהה גדולה לא-פחות: וכי כיצד חז"ל וחלק מהראשונים טעו בדבר הנראה לעינינו? ובכלל, כיצד חכמי האומות, שהיו להם ידיעות מדעיות נאות ומדויקות בתחומים שונים¹¹⁶, טעו בזה? והרי ניתן למדוד זאת בקלות. ואם המרנו קושיות שונות בתמיהה זו, בבחינת "המיר בלא יועיל"¹¹⁷, לא הועלנו בתקנתנו. אולם בפרק הבא נוכיח בבירור מוחלט, שאין בתמיהה זו ולא כלום.

פרק ח – כיצד יתכן שחלק מהקדמונים סברו כך

ראשית, זו קושיא על מציאות, שהרי ידוע לנו שאכן כך סברו רבים מחכמי האומות¹¹⁸, וככזו, גם אם לא נמצא לה הסבר – הדבר לא ישנה את המציאות. ואעפ"כ, על מנת להבין את מציאות זו – וע"י כך להבין עוד יותר כיצד אף חז"ל וחלק מהראשונים סברו כך – נבאר זאת בקלות¹¹⁹.

נפתח בזה שלכשנעיין בשיטות השונות לחישוב ההיקף, כפי שהבאנו בהקדמה השנייה¹²⁰, נראה שאע"פ שבתחילה נראה שערך זה – 3 – הוא התמוה ביותר, בעצם, הערכים $3\frac{1}{8}$ ו- $3\frac{1}{5}$ תמוהים לא-פחות, שהרי אם כבר יגעו והגיעו לדיוק של שבר פשוט – כיצד לא שמו לב שהערך $3\frac{1}{7}$ קרוב יותר לאמת לאין ערוך¹²¹. כל שכן שקושיא זו קשה על הערך $3\frac{13}{81}$, ויותר מכל על הערך המורכב $(9785/5568)^2$ שתוצאתו – 3.088 – רחוקה עוד יותר מהאמת. ועל כורחך שבתקופתם רבים מחכמיהם לא הגיעו לאמת בתחום זה.

¹¹⁴ עירובין עו. סוף ד"ה והרבה.

¹¹⁵ עירובין פ"ג ה"ב.

¹¹⁶ הארכנו בידיעותיהם המדויקות במאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן" בנספח ו.

¹¹⁷ ירמיה ב-יא.

¹¹⁸ כדלעיל פרק ו.

¹¹⁹ כיוון שפרק זה עוסק הן בדברי חז"ל וחלק מהראשונים, והן, להבדיל, בדברי חלק מחכמי העולם – גם המקורות שיובאו בו, חלקם יתייחסו לדברי חז"ל וחלקם לחכמי האומות, אך במקרים רבים ההסברים משותפים לזה ולזה.

¹²⁰ פרק ו.

¹²¹ הערך $3\frac{1}{7}$ מדויק פי 13 מ- $3\frac{1}{8}$, ופי 46 מ- $3\frac{1}{5}$.

טעויות אלו תמוהות ביותר בעינינו, ושורש התמיהה הוא דרך העולם, שכאשר דבר מסוים פשוט לאדם אחד, בבחינת "יראה לגבי משה מילתא זוטרתא היא"¹²², אין הוא מבין כיצד אדם אחר מתקשה בו, ועל כגון זה שנינו "אל תדון את חברך עד שתגיע למקומו"¹²³.

ואכן, על מנת להשיב על כך, חובה עלינו להבין את החילוקים המהותיים בין המדע המקובל בזמננו לבין זה שבתקופתם. חילוקים אלו רבים – לגבי מטרת המדע, מקורות המידע, דרכי ההוכחות, אמינות הניסויים, אופן המדידות ורמת הידיעות. ונחלקם לסעיפים נפרדים.

א. מטרת המדע

נתחיל מכך שבעת העתיקה המדע שימש אך ורק לצרכים מעשיים¹²⁴, וכן תרגילי החשבון עסקו בבעיות מעשיות¹²⁵. וכך, גם הגיאומטריה – כפירוש שמה: מדידת אדמה – שימשה בעיקר לצורך חלוקת קרקעות¹²⁶. כיוון שחלקות-אדמה עגולות כמעט ואין בנמצא, לא היה צורך להעמיק בחישובי המעגל¹²⁷. רק מתקופת חכמי יוון התחילו לעסוק במדע לשם הידע עצמו¹²⁸.

ב. מקורות המידע

ובכן, גם בזמננו כל העולם יודע שהיחס הוא בערך 3.14, אך כמעט כולם – וגם החכמים יותר – לא בדקו זאת מימיהם אלא קיבלו זאת כדבר ברור¹²⁹.

¹²² ברכות לד:

¹²³ אבות ב-ד.

¹²⁴ אפילו פרטי האסטרונומיה שימשו לצרכים מעשיים – אסטרוולוגיה, שבתקופה שהאמינו בה נחשבה למעשית.

¹²⁵ בפיפורס רינד, מהמאה ה-17 לפנה"ס, התרגילים המתמטיים מבוטאים בחלוקת כיכרות לחם בין אנשים ובחישוב נפחים של אסמים בצורות שונות.

¹²⁶ ואצל המצרים אף לחפירת תעלות. אגב, יש שהסבירו שלכן הגיאומטריה התפתחה במצריים העתיקה – כיוון שהנילוס היה מציף את חלקות האדמה והיה צורך לחשב מחדש את חלקו של כל אדם.

¹²⁷ לעומת חישובי שטחיהם של מלבנים, טרפזים ומשולשים שונים, שהיו ידועים כבר למצריים.

¹²⁸ השאלה המדעית הראשונה שנשאלה לשם עצם הידע ולא לצרכים מעשיים היתה שאלתו של תאלס (היווני, מהמאה ה-6 לפנה"ס), ששאל "ממה עשוי היקום".

¹²⁹ גם אצל תלמידי חכמים גדולים תיתכן אפשרות לקבל מידע כנכון מבלי לבודקו. למשל, אפילו בדורנו יש תלמידי חכמים שסוברים שהידע המדעי שבחז"ל נכון תמיד, ודברי חכמי המדע לא יוכלו לדחותו. דוגמא קיצונית היא דברי הגאון רבי חיים קנייבסקי (בקונטרס דרך איש עמוד מא בהגהה בשולי הדף) על דברי חכמי המדע שהכינים נולדות מביצים – "אין יודעים מעולם מה שאומרים", וזאת למרות שניתן לברר זאת בקלות מרובה אצל אימהות רבות שבניהן נדבקו בכינים. באופן מפתיע, דווקא בעלי שיטה זו הם-הם ראייה לכך שיתכן שחז"ל, על אף גדלותם וגאונותם בתורה,

ק"ו בן בנו של ק"ו בעולם העתיק, שדרכם של חכמי האומות היתה שאין מערערים על קביעתם של גדולי חכמיהם¹³⁰. במשך מאות שנים לא היה ניתן לערער על דבריהם של אריסטו¹³¹, תלמי וגלינוס¹³². וכן כתב כוזרי שני¹³³ על העולם העתיק: "היו כל באי עולם מאמינים בדברי אריסטו כאילו רוח ה' דיבר בו".

דוגמא חשובה היא מהשאלה עתיקת-היומין מי מסתובב סביב מי – הארץ או השמש. כבר במאה ה-3 לפנה"ס טען אריסטרכוס מסאמוס (היווני)¹³⁴ שכדור הארץ מסתובב סביב השמש. אך מאז שתלמי¹³⁵, גדול האסטרונומים של העת העתיקה, נקט שהשמש סובבת סביב הארץ – השיטה השניה נשכחה כליל במשך למעלה מאלף שנים, עד זמנו של קופרניקוס, וזאת אע"פ שכבר אריסטרכוס הביא לה ראיות¹³⁶.

דוגמא נוספת היא קביעתו המביכה של אריסטו¹³⁷ שלזכרים יש יותר שיניים מאשר לנקבות – בבני אדם, בכבשים, בעיזים ובחזירים. קביעה מדהימה כזו יכולה היתה להתקבל רק בחברה שבה לא עלה בדעת איש לבדוק את דבריו.

יש להעיר שבדומה לזה אף הרמב"ם¹³⁸ כתב "כל מה שאמר אריסטו בכל הנמצא אשר מתחת גלגל הירח עד מרכז הארץ הוא אמת בלא ספק".

קיבלו מידע כנכון מבלי לבדוק (בבחינת "מדויל ידיה משתלים" – פסחים כח.), ובפרט שרוב הידע המדעי שבחז"ל לא היה ניתן לבדיקה בקלות.

¹³⁰ תופעה זו, המצויה ברמות שונות בכל חברה, מכונה "הכשל הלוגי של פניה אל הסמכות" (אד ורקונדיאם).

¹³¹ באירופה, בין המאה ה-12 למאה ה-15, האמירה "הוא עצמו אמר זאת" – שכוונתה לאריסטו – לא היתה נותנת מקום לערעור. וזאת קרוב ל-2000 שנה אחר מותו.

¹³² יוצא מן הכלל הזה הוא הרמב"ם, שבספרי הרפואה שלו (שכונסו לספר "כתבים רפואיים") העביר במקרים מסוימים ביקורת על גלינוס.

¹³³ (הנקרא גם: מטה דן) ד-קמד.

¹³⁴ וככל הנראה היו אף שקדמו לו.

¹³⁵ בספרו אלמגסט.

¹³⁶ שתי השיטות הביאו ראיות לדבריהם: הראיה העיקרית של הדעה שהשמש במרכז היתה שינויי עוצמת האור של כוכבי הלכת (ע"פ שינוי הזווית בינם לבין השמש ולבינינו, כמו הירח). לעומת זאת, הראיה העיקרית של הדעה שהארץ במרכז היתה שבמשך השנה איננו רואים שינויים בצורת קבוצות הכוכבים (כוכבי השבת, כמובן), וכיוון שכבר בזמנם הבינו שקבוצות הכוכבים בנויות מכוכבים בעלי מרחק שונה מאיתנו – היה מצופה ששינוי מקום הארץ ישפיע על צורת הקבוצה הנראית לנו (האמת היא שאכן ישנם שינויים כאלה, כמובן, אך מכשירי המדידה שלהם לא היו מדויקים דיים בשביל להבחין בהם).

¹³⁷ בספרו ההיסטוריה של בעלי החיים, ספר 2 פרק 3.

¹³⁸ מורה נבוכים ח"ב כב.

גם בסוגייתנו מוכחת תפיסה זו, שהרי אפילו תוס'¹³⁹, שנשאר בקושיא על כך שהיחס של 3 אינו מדוקדק, הסתמכו בקושייתם על דברי "חכמי המידות", ולא בדקו זאת בעצמם. ובדומה לזה בדברי המאירי¹⁴⁰.

דוגמא בולטת עוד יותר נמצאת בסוגיית ריבועא מיגו עיגולא. הגמרא¹⁴¹ אומרת שרבי יוחנן ודייני דקיסרי (ואמרי לה רבנן דקיסרי) סברו שהיקפו של ריבוע, קטן מהמעגל שסביבו בחצי (חצי מהיקף הריבוע, דהיינו שלישי מהיקף המעגל). הגמרא¹⁴² דוחה את דבריהם ואף אומרת שאנו רואים שיחס זה אינו נכון. תוס' (ועוד ראשונים)¹⁴³ תמהו כיצד טעו בכזו טעות, והרי ממה נפשך – אם טעו מוכח שלא מדדו זאת, ואם כך – כיצד החליטו על כלל בלי לבדוק. ותירצו שקיבלו את הכלל בלשון "ריבועא מיגו עיגולא פלגא", והכלל המקורי הזה הוא נכון, אלא שהוא נאמר על השטח שבתוך המעגל והריבוע, ולאחר שקיבלו את כלל זה טעו וסברו שהוא נאמר על ההיקף, וכיוון שקיבלו את הכלל בלשון זו לא בדקוהו¹⁴⁴. העולה במפורש מדברי התוס' הללו, שכאשר חז"ל קיבלו כלל, קיבלוהו כנכון ולא טרחו לבדוקו, ואפילו כאשר בדיקתו פשוטה ביותר.

דוגמא נוספת נמצאת בסוגיא אחרת לגמרי. הדרישה¹⁴⁵ כתב שחזקיה¹⁴⁶ קיבל מרבותיו שאין דין טריפות בריאה בעוף, וטעה בהבנתו את דבריהם וסבר שהתכוונו שאין לעוף ריאה כלל. ושוב, לא קשה לברר את מציאות זו.

ג. דרכי ההוכחות

בזמננו, הוכחות וראיות התבססו בעיקר על מחשבה והיסקים הגיוניים¹⁴⁷ ולא על ניסויים ובדיקת המציאות. כך היה מקובל אצל חכמי אומות העולם לאורך כל ההיסטוריה של המדע, כולל חכמי יוון¹⁴⁸ וימי הביניים¹⁴⁹, עד המהפכה המדעית¹⁵⁰. וכך אנו מוצאים גם אצל הראשונים והאחרונים:

¹³⁹ עירובין יד. ד"ה והאיכא משהו.

¹⁴⁰ עירובין עו. סוף ד"ה והרבה.

¹⁴¹ סוכה ח., עירובין עו:

¹⁴² סוכה ח:

¹⁴³ סוכה ח.; עירובין עו:

¹⁴⁴ בעניין זה יש חילוק דק בין שני התוס' הללו: תוס' בעירובין עו: כתבו שהש"ס בסוכה ורבי יוחנן טעו בדבריהם של דייני דקיסרי וסברו שהוא על ההיקף, ותוס' בסוכה ח: כתבו שרבי יוחנן ודייני דקיסרי עצמם טעו וסברו שכלל זה נאמר על ההיקף. אך לענייננו אין שום נפק"מ בזה.

¹⁴⁵ יו"ד נב-א.

¹⁴⁶ חולין נז.

¹⁴⁷ ולעיתים אף על סברות מיסטיות.

¹⁴⁸ מטעם זה, למשל, בעיני המתמטיקאים היוונים, תחום האסטרונומיה היה נחשב פחות מדעי, כיוון שהוא מבוסס על תצפיות ולא על הוכחות הגיוניות טהורות.

ספר העיבור¹⁵¹ ושער השמיים¹⁵² הביאו¹⁵³ בתור כלל פשוט¹⁵⁴ שאם אדם יתן גרגיר חרדל בתוך כדור זכוכית, ויסובב את הכדור במהירות רבה – הגרגיר יעמוד באמצע הכדור ולא ייטה ימין או שמאל, מעלה או מטה. ובכן, ככל הנראה כלל זה לא נוסה מעולם, שכן אילו היו בודקים זאת היו מבינים שכח המשיכה של הגרגיר אינו מתבטל ע"י סיבוב הכדור סביבו.

כאשר תוס'¹⁵⁵ כתבו שהכלל "כל אמתא בריבועא אמתא ותרי חומשי באלכסונא"¹⁵⁶ אינו מדויק, הם הוכיחו זאת באופן גיאומטרי¹⁵⁷, וכלל לא הזכירו את האפשרות – שבעיני רבים בוודאי היתה פשוטה יותר – למדוד זאת.

וכן בסוגייתנו: בספר ישועה בישראל¹⁵⁸ כותב שנשאל ע"י גדול אחד לפרש את קושיית התוס'¹⁵⁹ שכתבו שיחס ההיקף לקוטר אינו 3 בדיוק, והשיב לו בהוכחה גיאומטרית לכך שההיקף חייב להיות גדול מ-3¹⁶⁰. מדבריו אנו למדים שהיה מי שלא הבין אפילו את דברי

¹⁴⁹ למעט בודדים היוצאים מן הכלל, בעיקר מדענים מוסלמים מימי הביניים.
¹⁵⁰ במאה ה-16 (שבה פרנסיס בייקון ייסד את ההתבססות על ניסויים), והשינוי בעיקרון זה היווה את אחד היסודות המרכזיים של מהפכה זו. בספר כוזרי שני (מטה דן) ד-קמד כתב על תקופה זו: "קמו עליו (על אריסטו) אנשים חכמים ונבונים ויאמרו... נחפשה דרכיו ונחקרה אם כנים דבריו... ויבדקו ספריו בדרישות וחקירות וימצאו בהם כמה וכמה עניינים שהן נגד החוש... ויעמדו וימצאו חכמה חדשה קרובה אל השכל ומכוונת אל החוש כל מה שאפשר".

¹⁵¹ מאמר א שער ב.

¹⁵² ח"ג מאמר י"ג פרק ו ד"ה ודימה.

¹⁵³ בשם אחד מהחכמים.

¹⁵⁴ כהסבר כיצד כדור הארץ עומד באמצע היקום ואינו נופל.

¹⁵⁵ עירובין נז. ד"ה כל אמתא, סוכה ח. ד"ה כל אמתא.

¹⁵⁶ עירובין נז., עו.; סוכה ח., בבא בתרא קא:

¹⁵⁷ ע"י ריבוע שגודלו 10X10, ובין אמצעי צלעותיו מותחים קווים שיוצרים ריבוע ששטחו 50,

וצלעותיו הן האלכסונים של 5X5.

¹⁵⁸ בסוף הספר, ב"פירוש על איזו הלכות חמורות" ד"ה את. דבריו הובאו גם בטעם דעת על ברייתא

דמלאכת המשכן יב-ב.

¹⁵⁹ עירובין יד. ד"ה והאיכא משהו.

¹⁶⁰ ע"י משושה שווה צלעות שחסום בתוך המעגל. מכל זוויותיו מותחים קווים אל מרכז המעגל. כעת

המשושה מורכב משישה משולשים זהים ושווי צלעות. כיוון שהצלע של כל משולש שווה לרדיוס, קל

לראות שהיקף המשושה – שש צלעות – שווה למכפלת הקוטר (הזהה לשתי צלעות) ב-3. והרי

היקף המעגל החוסם את המשושה, חייב להיות גדול מהיקף המשושה עצמו. הוכחה זו מובאת גם

בשו"ת התשב"ץ ח"א סי' קסה ד"ה ואני ובספר אייל משולש (לגר"א) מאמר ג אות עז.

רעיון זה היה אף הבסיס לחישובו של ארכימדס לערכו המדויק יותר של פאי.

התוס' שהיחס אינו 3 בדיוק, ועוד – ובעיקר – שגם הוא עצמו¹⁶¹ לא ראה שום צורך להתייחס למדידות מציאותיות, אלא רק להוכחות הגיוניות טהורות¹⁶².

ד. אמינות הניסויים

בעבר, גם במקרים שבהם התבססו על ניסויים ותצפיות, לא-תמיד הללו נעשו תחת ביקורת ראויה, ולעיתים תוצאותיהם לא תאמו את המציאות. הדבר נכון גם לגבי טובי המומחים בזמנם, ואף בנושאים משמעותיים. ניתן לכך שתי דוגמאות בולטות, מתקופות שונות:

א. אריסטו¹⁶³ הסיק על סמך תצפיותיו שלזכרים יש יותר שיניים מאשר לנקבות – בבני אדם, בכבשים, בעיזים ובחזירים. הוא הוסיף וסייג שלגבי שאר בעלי החיים טרם נעשו תצפיות.

ב. ספר תוספת ברכה¹⁶⁴ וספר משנת משה¹⁶⁵ סיפרו על "בחינה מדעית" שנעשתה ע"י האקדמיה למדעים בפטרבורג במאה ה-19, שבה הראו לאדם מורעב כיכר לחם, וע"י מבטו התמלא הכיכר ברעלים וארסים חזקים.

ה. אופן המדידות

בזמנם מדידות רבות נעשו בעזרת אברי הגוף – הרי לכן נקראו השיעורים "אמה" ו"אצבע" – וברור שבעזרת מדידות כאלו אי אפשר לברר מהו השיעור המדויק של יחס ההיקף¹⁶⁶.

זאת ועוד, ברוב המדידות לא היה ניתן להבחין בשיעור המדויק, שהרי באורכים קטנים ההפרש אף הוא קטן מאוד, ומאידך, במדידות של אורכים גדולים – שנעשו בזמנם ע"י

¹⁶¹ שהיה בקי באסטרונומיה וגיאומטריה, וכל ספרו דן בהלכות קידוש החודש לרמב"ם.

¹⁶² היוצאים מן הכלל שכן הזכיר אפשרות המדידה בפועל של היקף המעגל הוא תוס' הרא"ש (עירובין יד. ד"ה כל), ודבריו הובאו גם בשו"ת התשב"ץ (ח"א סי' קסה ד"ה ואני). בדומה לזה שו"ת התשב"ץ (ח"א סי' קכט ד"ה ורבי) הזכיר לגבי הכלל שהמורעב יתר על העיגול רביע, ש"ראיות אחרות יש ממראית העין", אמנם דווקא כלל זה אינו מדויק.

¹⁶³ בספרו ההיסטוריה של בעלי החיים, ספר 2 פרק 3.

¹⁶⁴ על התורה פרשת בלק ד"ה מה טובו.

¹⁶⁵ קידושין כט. ד"ה בעיתון.

¹⁶⁶ למי שהדבר תמוה בעיניו, יש להוסיף שגם בארה"ב לפני כמאתיים שנה, כאשר חילקו נחלות עשו זאת באומדנא גדולה, דבר שגרם לבעיות רבות בדורות שלאחר מכן, כאשר התברר שחלקת-קרקע שברשות אדם, שהגיעה אליו בירושה או בקניה, בעצם אינה שלו.

שיעור זמן ההליכה, או ע"י מתיחת חבלים¹⁶⁷ – היה ידוע להם מראש שתוצאותיהם אינן מדויקות¹⁶⁸.

אפילו במדידות לצרכים מדויקים חלו טעויות – ארטוסטנס (היווני), שחישב את היקף כדור הארץ במאה ה-3 לפנה"ס ע"י שינויי זווית השמש בין אסואן לאלכסנדריה, שגה בתוצאתו בכ-16 אחוזים בין השאר משום שטעה במרחק שבין הערים הנ"ל. ברור שהוא הבין היטב את הצורך במדידה מדויקת, ואת ההשלכה של כל סטייה כזו, ואעפ"כ לא הצליח להגיע לשיעור מדויק.

יתרה מכך, ממקומות רבים נראה, שבזמנם לרוב לא הגדירו את מידותיהם של דברים ע"י יחידות מידה אחידות, אלא בעזרת דימויים לדברים שהיו מוכרים להם יותר.

ניתן לכך כמה דוגמאות: כאשר רצו לדייק בהגדרת מידתו של שיעור זית¹⁶⁹, האריכו ופירטו "לא קטן ולא גדול אלא בינוני, וזהו אגורי וכו' אברוטי וכו' סמרוסי¹⁷⁰". פוסקי הדורות האחרונים, לעומת זאת, כידוע, מגדירים זאת בקיצור ובדיוק – במספרי סמ"ק (ואף עשירות סמ"ק) מדויקים.

כאשר רצו להגדיר את גודלו של גוש אדמה, האריכו ופירטו "כפיקה גדולה של סקאין, שהוא כחותם המרצופין, וישנו בצד העליון של מגופת החבית הלחמית¹⁷¹". שוב אנו רואים שגם כאשר השתדלו לדייק ולפרט, נמנעו מנקיטת מספר של יחידות מידה.

כאשר רצו ללמד על מרחק בין מקומות, נקטו "כמבי כובי לפומבדיתא¹⁷²", ולא ביחידות מידה של פרסה, מיל, או אמה¹⁷³.

החזון איש¹⁷⁴ אף כתב שאפילו השיעורים שניתנו מסיני – אין בהם דקדוק, אלא נאמרו באומד ובקירוב, וע"פ מה שנראה לאדם.

¹⁶⁷ משנה עירובין ה-ד לגבי תחומין. להבדיל, במצריים העתיקה גיאומטריה נקראה הרפדונפטה, שפירושה: מותחי חבל.

¹⁶⁸ הקשיים וחוסר הדיוק במדידות בעזרת חבלים פורטו באריכות בעירובין נז:-נט., דוגמאות לחוסרי דיוק במדידות דרכים בתקופת הראשונים (כגון בדברי הכפתור ופרח לרבי אשתורי הפרחי), ניתן לראות בספר מידות ומשקלות של תורה בטבלאות שבפרקים קכב וקכז.

¹⁶⁹ מהשיעורים הבסיסיים ביותר – "שרוב שיעוריה כזיתים" (ברכות מא.; עירובין ד.; סוכה ו.).

¹⁷⁰ ברכות לט.

¹⁷¹ בכורות כב.

¹⁷² גיטין ד.

¹⁷³ מעניין לציין שבשתי סוגיות נקטו שיעור גם בדימוי וגם ביחידות מידה – ובשתיהן פתחו בדימוי ורק לאחר מכן הביאו את יחידות המידה: זבת חלב ודבש היא כמבי כובי עד אקרא ותולבקני, ולאחר מכן ניתן השיעור בפרסאות (מגילה ו.). משערים רביעית במידה של מורייס או במידה ישנה של טבריה, ולאחר מכן ניתן השיעור באצבעות (פסחים קט.).

ברור שנוהג כזה מקשה עוד יותר על דיוק במידות, ועאכ"כ על חישוב מדויק של היחס ביניהן.

ו. רמת הידיעות

ברוב הדורות הקודמים, הידע המדעי של הציבור הרחב היה דל מאוד – הרמב"ם, למשל, כותב שבתקופתו בני האדם ידעו לחשב רק פעולת חיבור, וסברו שהתגברו בזה על חכמה גדולה¹⁷⁵. ברור שכאשר חסר ידע בכפל חילוק ושברים, קשה לברר מהו יחס ההיקף המדויק.

יש להוסיף שלא בכל תחומי המדע היתה בקיאות גדולה לחז"ל, שהרי מפורש בגמרא¹⁷⁶ שבעניין מקום החמה בלילה חכמי ישראל הודו לחכמי האומות, ובפרט שיש שאסרו ללמוד חכמות חיצוניות, או שהתירו זאת רק בתנאים מסוימים.

גם מכמה וכמה גמרות בנושאי גיאומטריה נראה מבין השיטין שהבנתם בתחום זה היתה פחותה מהבנתנו¹⁷⁷: בכל הסוגיות של חישוב שטחו של עיגול¹⁷⁸ ישנה אריכות רבה עד שמגיעים למסקנה כיצד לחשב זאת, וישנן ה"א שונות עד שמגיעים לחילוקים הנכונים בין עיגול, ריבוע, עיגול שבתוך ריבוע וריבוע שבתוך עיגול. באחת הסוגיות הללו¹⁷⁹, לגבי תחומי ערי הלווים, רבא מביא תירוץ בשם בר אדא משוחאה, שהיה מציין את תחומי העיר¹⁸⁰, וכנראה בשל כך היה בקי יותר בנושא.

כמו כן, שיטת חישוב שטח העיגול שבגמרא¹⁸¹, השונה משלנו – ומבוססת על מדידת ההיקף (במקום הרדיוס) ועל חישוב שטח המרובע החוסם (במקום חישוב ישיר של שטח העיגול) – מוכיחה שהם העדיפו חישובים עקיפים אך פשוטים יותר, והתקשו בחישובים ובמדידות מורכבות יותר (קל יותר למדוד היקף מאשר קוטר ורדיוס, המצריכים למצוא את המרכז או את המרחק הגדול ביותר בין שני קצוות המעגל, וכן קל יותר לחשב שטח של מרובע מאשר של עיגול).

¹⁷⁴ קונטרס השיעורים א, דן בדבריו במידות ושיעורי תורה תחילת פרק ג.

¹⁷⁵ פירוש המשניות ראש השנה ב-ז לקראת סופה, ומוסיף שבני אדם אלה אינם מבינים את העניין והכוונה.

¹⁷⁶ פסחים צד:

¹⁷⁷ דון כאן רק בתחומי הגיאומטריה, כיוון שזהו ענייננו. לגבי תחומים אחרים – הארכנו במאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן".

¹⁷⁸ עירובין נו; עירובין עו, סוכה ז; בבא בתרא כז.

¹⁷⁹ עירובין נו:

¹⁸⁰ רש"י שם ד"ה משוחאה.

¹⁸¹ בגמרות הנ"ל.

כך שעל השאלה "כיצד חז"ל לא ידעו את ערכו של פאי – מה שיודע כל נער היום" ניתן להשיב בשאלה הבאה: כיצד בעניין חישוב היקפו של מעגל החוסם ריבוע של 4×4 ,¹⁸² מאריכה הגמרא בדיונים והו"א שונות, שהיום כל נער מתקשה להבין את סברת ההו"א הללו, ויחשב את היקף המעגל הנ"ל בחישוב פשוט יותר, מהיר יותר ומדויק יותר.

ויותר מכך בחלק מהראשונים, ובעיקר ברש"י בכמה סוגיות, מוכח שהיה חוסר ידע בכללי הגיאומטריה: רש"י בכמה מקומות¹⁸³ מחשב את אורך היתר כסכום של שני הניצבים, הרשב"ם¹⁸⁴ כותב שאלכסון של 5 על 5 שווה לזה של 4 על 6, רש"י בכמה מקומות¹⁸⁵ הוכיח מהיקף המעגל והמרובע לשטחם ובאמת אין קשר בין ההיקף לשטח¹⁸⁶, הרש"ש¹⁸⁷ הוכיח שרש"י סבר ששטחו של עיגול שווה לסכום שטחיהם של שני עיגולים שסכום רוחבם שווה לרוחבו ובאמת אינו כן, בהמרת מידות שונות¹⁸⁸ לחישוב נפח תוס'¹⁸⁹ מחשב רק את הגובה והרוחב ולא את האורך¹⁹⁰, הר"ש¹⁹¹ כתב שמשפט פיתגורס אינו נכון¹⁹², רבי אברהם בר חייא הנשיא¹⁹³ כתב על חכמי דורו (מתקופת הראשונים בצרפת) שאינם בקיאים בחכמת מדידת הקרקע ולכן מחלקים בין יורשים ושותפין באופן מוטעה, ולסיום, גם האופן הארוך והמורכב שבו רש"י¹⁹⁴ מסביר כיצד שטח של $70_{2/3} \times 70_{2/3}$ שווה בערך לשטח של 100×50 – מוכיח שהתקשו בתחום זה¹⁹⁵.

ואם, אחרי ככלות הכל, היה בזמנם מי שכן טרח לבדוק ולמדוד ולחשב, והצליח לעשות זאת באופן מדויק ולגלות שהערך המקובל בזמנו אינו מדויק – סבר בוודאי שאכן הערך

¹⁸² עירובין עו. וסוכה ז:

¹⁸³ עירובין ה., עח.

¹⁸⁴ בבא בתרא קב: למעלה.

¹⁸⁵ סוכה ח. ד"ה מכדי, עירובין יד: ד"ה מכדי.

¹⁸⁶ יש לציין שבכל המקומות הנ"ל תוס' תמהו עליהם ודחו את דבריהם.

¹⁸⁷ בבא בתרא יד:

¹⁸⁸ אצבעות מדבריות, ירושלמיות וציפוריות.

¹⁸⁹ פסחים קט. ד"ה רביעית.

¹⁹⁰ ואכן נימוקי הגרי"ב, עטרת רא"ש שהובא בו ורא"מ הורוויץ תמהו עליהם.

¹⁹¹ כלאיים ה-ה סוף ד"ה ד על ד.

¹⁹² ואכן תוס' יו"ט שם חלק עליו.

¹⁹³ חיבור המשיחה והתשבורת, בהקדמה.

¹⁹⁴ עירובין כג: ד"ה אלא.

¹⁹⁵ אף באחרונים מצאנו לעיתים חוסר ידע בזה – רבי עובדיה מברטנורא (סוכה א-א ד"ה ושאין) חישב שסכום השטחים של $1 \times 1 + 6 \times 6$ יוצר שטח של 7×7 . ואכן ההון עשיר על המשנה שם דחאו (וניסה ליישבו בדוחק).

המקובל הוא מעוגל ומקורב דיו לצרכים מעשיים, ולא ראה סיבה לפרסם זאת ולערער על נכונותו.

פרק ט – מדוע המפרשים לא תירצו כך

שתי התמיהות דלעיל – כיצד יעלה על הדעת לומר שחז"ל וחכמי האומות טעו בדבר הנראה לעיניים – בוודאי גרמו לכל המפרשים לחפש תירוצים אחרים, על אף דוחקם.

אך כעת, לאחר שהוכחנו שאכן כך סברו חלק מחכמי העולם העתיק, וביארנו כיצד הדבר מובן שיטעו בזה – הן חז"ל והן חכמי האומות – תירוצו מיישב את כל הקושיות והדחוקים ללא כל קושי, וכבר אין שום צורך להיכנס בפרצות דחוקות.

אילו הראשונים והאחרונים שדנו בסוגיא היו יודעים שאכן היתה שיטה כזו בעבר, בוודאי לא היו נדרשים לתירוצים שהביאו. וידוע לנו שלא היו בקיאים בכתביהם של חכמי האומות הקדמונים¹⁹⁶. כיוון שכך, הדבר מיקל עוד יותר לחלוק על תירוציהם האחרים של הראשונים, בבחינת "אי הוה שמיע להו – הוו הדרי בהו"^{197, 198}.

¹⁹⁶ הדבר מוכח מעצם קושיית תוס' עירובין יד. על חוסר הדיוק בגמרא ע"פ חכמי המידות, ועוד יותר מקושיית תוס' הרא"ש שם שהקשה מה שייך לשאול מנה"מ על כך. וככלל, ככל הידוע לנו, דעות הבבלים הקדמונים לא היו נפוצות בזמנם של הראשונים (פרט לאלו שהובאו בכתבי היוונים), ובוודאי לא דעות הסינים וההודים.

ספר שהזכיר את יחס ההיקף והיה מוכר בתקופת הראשונים הוא הספר אלמגסט, שחובר ע"י תלמי, היה מוכר בארצות ערב בימי הביניים (שלא כספרים עתיקים רבים) ואף הוזכר בספרי הראשונים (הקדמת הרמב"ם למשנה ד"ה והנני נושא, מו"נ ח"ב כד, שו"ת הרשב"א ח"א תיח). אך הוא הביא (בספר 6 פרק 7 סעיף 5) רק את הערך המדויק יחסית של פאי, וכן הביא גם את הערך שחושב ע"י ארכימדס, אך לא הזכיר את השיטות האחרות.

¹⁹⁷ כעין שבת סא., עירובין לח:

¹⁹⁸ ניתן להביא דוגמא נוספת מסוגיא שבה המציאות בעבר, שנתגלתה לנו בדורות האחרונים, מייטרת את תירוצי הראשונים: סוגיית הנולד לחודש שמיני. בגמרא מפורש שהנולד לחודש זה לא יחיה, אע"פ שהנולד לחודש שביעי יכול לחיות (שבת קלה. ועוד). והראשונים ניסו לתת טעמים לתופעה זו: ישנם מדורים שונים ברחם לכל חודש, או שבחודש השמיני חסרים לו חמימות ורטיבות, או שהחודש השמיני הוא כנגד שבתאי (הובאו באנציקלופדיה הלכתית רפואית ערך ילוד אות ג). אך היום ידוע לנו שקביעה זו, שהנולד לחודש השמיני לא יחיה, פשוט אינה נכונה כלל, ומקורה הוא בדבריהם של גדולי הרופאים בעולם הקדמון – גלינוס, אריסטו (בספרו ההיסטוריה של בעלי החיים ספר 7 פרק 4) והיפוקרטס (אסיא חוברת מה-מו עמוד 103 הערה 21, אנציקלופדיה הלכתית רפואית ערך ילוד אות ג).

פרק י – הדין להלכה

יש להדגיש שאין מתירוצו זה שום נפק"מ להלכה. שהרי במפרשים כבר ראינו¹⁹⁹ דעות שונות האם להלכה למעשה יש להסתמך על השיעור של 3, כדברי המשנה, או על השיעור האמיתי. ויש שכתבו אף חילוקים שונים (רק לחומרא, או חילוק בין דאורייתא לדרבנן).

אף לתירוצו, שתי השיטות אפשריות להלכה. שהרי אפשר לומר שכיוון שחז"ל סברו שהשיעור הוא 3, אנו מחויבים לפסיקתם (משום החיוב לשמוע לחז"ל, או משום שבטל טעם לא בטלה תקנה, או מטעמים נסתרים). ומאידך כמובן שניתן לומר שאין זה פסק אלא ידע מציאותי, שכיוון שהוברר שאינו מדויק – עלינו לפסוק ע"פ האמת הידועה לנו.

הואיל ואין מכך נפק"מ להלכה, הדבר מיקל עוד יותר על הקושי בתירוץ שחולק על דברי הראשונים. שהרי כבר כתבו כמה וכמה אחרונים שבשאלות שאינן הלכתיות אפשר לחלוק על הדורות הקדמונים, כאשר יש ראיות לכך²⁰⁰ (מעבר לכך, כאשר הראיות מוחלטות, כתבו כמה ראשונים ואחרונים שאפשר לחלוק על הדורות הקדמונים אפילו בסוגיות הלכתיות²⁰¹).

פרק יא – שאלה פתוחה לגבי אמתא בריבועא

בפרק זה כבר לא נעסוק בהיקף המעגל, אלא בכלל הנדסי נוסף שנמצא בגמרא, שדן על יחס האלכסון אל הניצב, והוא "כל אמתא בריבועא אמתא ותרי חומשי באלכסונא"²⁰². נדון בשאלה האם גם לגבי כלל זה סברו חז"ל שהוא מדויק.

הצד השווה שבהן – ביחס ההיקף וביחס האלכסון – שאע"פ ששניהם אינם מדויקים²⁰³, הגמרא לא העירה לגבם ש"לא דק"²⁰⁴, ואף לא תמחה "אימור דאמרינן לא דק לחומרא, לקולא מי אמרינן לא דק"²⁰⁵ (ורק תוס' העירו על כך²⁰⁶). ואם כן שאלתנו זו על היקף

¹⁹⁹ פירטנו זאת לעיל בפרק ב.

²⁰⁰ תוס' יו"ט נזיר ה-ה. רש"ש פסחים עד: הרמב"ם נזיר ה-ה פירש משנה נגד הגמרא כיוון שאין נפק"מ לדינא. הרב קוק (אוצרות הראיה ח"ג אות ד). הארכנו והבאנו דוגמאות לזה במאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן" בנספח א, אמנם הבאנו שם שיש חולקים על כך. ²⁰¹ כגון רב שמואל בן חפני גאון – הובא ברד"ק שמואל א' כח-כד ובאוצר הגאונים חגיגה ד: עמוד 4. הארכנו בזה עוד במאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן" בנספח א, אמנם הבאנו שם שיש חולקים על כך.

²⁰² עירובין נז., עו.; סוכה ח., בבא בתרא קא.; חלק מהסוגיות הנ"ל הן אותן הסוגיות העוסקות גם ביחס היקף המעגל.

²⁰³ יחס האלכסון המדויק הוא כ-1.4142135, דהיינו $\sqrt{2}$, המכונה גם "קבוע פיתגורס" (ע"פ משפט פיתגורס, שריבוע האלכסון שווה לסכום ריבועי הניצבים).

²⁰⁴ סוכה ח., בבא בתרא כז.

²⁰⁵ סוכה ח., בבא בתרא כז., ובנושא דומה גם בסוכה לב:

המעגל נשאלת גם לגבי האלכסון. לאחר שהוכחנו שחז"ל סברו שהכלל "כל שיש בהיקפו שלושה טפחים יש בו רוחב טפח" הוא מדויק כפשוטו, אפשר אפוא לומר שהם הבינו שגם הכלל של אמתא ותרי חומשי הוא שיעור מדויק כפשוטו.

מאידך, לא הרי זה כהרי זה, וישנם ארבעה חילוקים בין יחס ההיקף לבין יחס האלכסון:

א. בסוגיית היקף המעגל הגמרא שאלה "מנא הני מילי"²⁰⁷ (וביארנו²⁰⁸ שבאמת לא ידעו מהו היחס המדויק ושאלו מהו מקור התנאים למספר זה²⁰⁹), אך לגבי יחס האלכסון לא שאלו זאת.

ב. בעניין יחס ההיקף הבאנו²¹⁰ שחז"ל והמפרשים נקטו את הערך 3 גם בנושאים שאינם הלכה למעשה, ועל כך אין אפשרות לתרץ שזו קולא לעגל את הערך להלכה וכו'. אך לגבי יחס האלכסון לא מצאנו סוגיות כאלה.

ג. תירוצנו על יחס ההיקף התבסס (בין השאר) על כך שהיו רבים מחכמי האומות שאכן סברו שהיחס הוא 3 בדיוק. לעומת זאת, לגבי יחס האלכסון, מצאנו שבכל העולם העתיק ידעו ערך מדויק מאוד. הבבלים, בין המאות ה-17 ל-19 לפנה"ס²¹¹, הגיעו לדיוק של חמש ספרות לאחר הנקודה. גם ההודים, בין המאות ה-9 ל-6 לפנה"ס²¹², הגיעו לדיוק דומה²¹³. היפאסוס²¹⁴ ואוקלידס²¹⁵ היוונים אף הוכיחו שהוא מספר אי-רציונאלי.

²⁰⁶ לגבי היקף המעגל – עירובין יד. ד"ה והאיכא, לגבי האלכסון – עירובין נז. ד"ה כל אמתא וסוכה

ח. ד"ה כל אמתא.

²⁰⁷ עירובין יד.

²⁰⁸ לעיל פרק ז.

²⁰⁹ כמו כן הבאנו בפרק ב שחלק מהמפרשים תירצו שהגמרא ידעה שהערך אינו מדויק וחיפשה מקור שמותר להלכה לעגלו לשלוש.

²¹⁰ לעיל פרק ג.

²¹¹ לוח חרס YBC 7289, בניסוחם: 1,24,51,10 בבסיס 60, השווה לכ-1.4142129.

²¹² בספר שולבא-סוטר (Shulba Sutras או Sulbasutras) בחלק Baudhayana sutra, בניסוחם: 1 + $\frac{1}{34} \times \frac{1}{3} - \frac{1}{34} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3}$, השווה לכ-1.4142156.

²¹³ חשוב להעיר, שברור שהבבלים וההודים הגיעו לערך המדויק של האלכסון ע"י חישוב שכלי ולא ע"י מדידה, שהרי לא עולה על הדעת שהם מדדו, למשל, ריבוע שאורכו ק"מ אחד, ומדדו את אלכסונו ברמת דיוק של כחצי מ"מ. ולכן אין קשה כיצד דייקו כ"כ באלכסון בניגוד לחוסר הדיוק הגס שלהם בהיקף.

²¹⁴ מהמאה ה-5 לפנה"ס.

²¹⁵ מהמאה ה-3 לפנה"ס.

ד. חוסר הדיוק ביחס האלכסון זניח מאוד (כ-1%) לעומת חוסר הדיוק ביחס ההיקף (כ-5%), וכן לעומת סוגיות שבהן הגמרא דנה בכך ש"לא דק" – סוכה עגולה²¹⁶ (כ-7%) ויניקת אילנות²¹⁷ (כ-3% או כ-4%²¹⁸).

על סמך ארבעת חילוקים אלו, ניתן לומר שלגבי יחס האלכסון היה ידוע לחז"ל ש"אמתא ותרי חומשי" הוא ערך מקורב בלבד, אך מפאת קרבתו הרבה לערך האמיתי²¹⁹ לא היה צורך להדגיש "לא דק".

ועדיין, בשאלה זו – האם חז"ל ידעו ש"אמתא ותרי חומשי" אינו מדויק – לא מצאנו ראיות מוחלטות לכאן או לכאן. וצ"ע.

אחר החיתום

בשולי המאמר אביא את הדברים שכתבתי בסוף המאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן", ועיקרם של הדברים ראוי אף לכאן:

כדרך העולם, אע"פ שמסקנות מאמר זה מוכחות היטב, מעשרות ראיות ומדבריהם המפורשים של רוב הראשונים והאחרונים, קורא שהורגל בדעה אחרת יתקשה לעיתים לקבלן, ויהיה מי שמתוך חוסר-העמקה בנושא אף יצא נגדן.

וכאן הבן החכם שואל מה זאת, והרי מיהו בעצם המוציא מחבירו, שעליו להביא ראיה ולתרוץ עצמו: האם מי שהולך בדרך ישרה, היא דרך המלך, מאן מלכי רבנן, רוב הראשונים והאחרונים, מתוך סברא פשוטה וברורה והיגיון טבעי, ולשיטתו מיושבות עשרות גמרות בלא שום קושי? או מאידך, מי שלאחר העיון, לכל שיטתו אין שום מקור בראשונים, ועשרות גמרות אינן מובנות כלל לדעתו?

²¹⁶ סוכה ח.

²¹⁷ בבא בתרא כז.

²¹⁸ תלוי בגירסאות ובדברי רש"י שם (ד"ה וכמה) – פלגא דאמתא או תרי תילתי דאמתא.

²¹⁹ לשם המחשה, סוכה או חלון שרוחבם 4, אלכסונם ע"פ הגמרא הוא 5.6, וע"פ הערך המדויק הוא כ-5.65685, שהוא, כאמור, הפרש של כ-1%.



לוח חרס בבלי, המתוארך למאה ה-18 לפנה"ס (ומכונה YBC 7302), ומציג את חישוב שטח המעגל. במרכז הלוח משורטט מעגל. מעליו נכתב המספר 3 (𒍪) המייצג את ההיקף. מימין למעגל נכתב המספר 9 (𒍪𒍪), שהוא ההיקף בריבוע. את ערך זה חילקו הבבלים ב-12, וכך הסיקו ששטחו של המעגל הוא $3/4$. לכן בתוך המעגל נכתב 45 (𒍪𒍪𒍪), שבבסיס 60 - שבו השתמשו הבבלים - מסמל את $45/60$, דהיינו $3/4$.

דרך חישוב זו, של חלוקת ריבוע ההיקף ב-12, מעידה על ההתייחסות לפאי כ-3, כמו שנקטו גם חז"ל. שכן לפי ערכו האמיתי של פאי - שטחו של מעגל כזה הוא כ-0.716, דהיינו כ- $43/60$ (ובדומה לזה גם אילו היו מחשבים את פאי כ- $3\frac{1}{8}$). ואכן גם התוצאה - $3/4$ - מתאימה לכלל שבמשנה (אהלות יב-ו, ובגמרא בכמה מקומות) "המרובע יתר על העיגול רביע".

לוח חרס זה אפוא הוא אחד המקורות לכך שהבבלים התייחסו לפאי כ-3 בדיוק.

נספח – תקופת שמואל

תאומתה הקטנה של סוגיית היקף המעגל, היא סוגיית תקופת שמואל²²⁰. הבעיה, תירוצי המפרשים, המידע ההיסטורי והתירוץ על פיו – דומים מאוד. מפאת דמיונה הרב נדון בה בקצרה.

הסוגיא ותירוצי המפרשים

מהגמרא²²¹ לגבי תקופת שמואל²²² מוכח שאורך שנת החמה הוא $365\frac{1}{4}$ יום בדיוק²²³. והקשו המפרשים שהרי אנו יודעים שהיא קצרה מכך (בכ-11 דקות).

ושב הביאו תירוצים שונים, והמשותף לכולם ששמואל אכן ידע שחשבוננו אינו מדויק:

א. עיגלו זאת כיוון שקשה לחשב את התקופה בדקדוק²²⁴.

ב. קיבלו מסיני לעגל זאת²²⁵.

ג. פרסמו דווקא את חשבון זה כיוון שרוב האומות מחשבים כך את שנותיהם²²⁶.

ד. לא פרסמו את התקופה האמיתית מחשש שיבוא אדם שאינו הגון ויוכל להחריב על ידה את העולם בכישופים²²⁷.

²²⁰ מפאת דמיון של הסוגיות יש שהתייחסו אליהן בנשימה אחת – החזון איש או"ח קלח-ד זמני הלכה למעשה ח"ב עמוד פג. עירובין נו.

²²¹ מעניין לציין שבספר על השמינית הערה 23 כתב שמייסד שיטת שמואל הוא חנניה בן אחי רבי יהושע, בדור שלפני שמואל.

²²² נדגיש שכל הדיון דלקמן הוא על דיוק אורך שנת החמה. אך את יום התקופה קל יותר למצוא, גם ללא ידיעת אורך שנת החמה המדויק.

²²³ שו"ת התשב"ץ ח"א סי' קח תחילת ד"ה תשובה וח"ב ס"ס קלד (ושם הוסיף שתקופת שמואל לא נאמרה לאלו שיודעים לדקדק בחשבון), אבן עזרא (הפירוש הארוך) שמות יב-ב, מאירי סנהדרין יג. ד"ה ודברים (ושם כתב כך גם על תקופת רב אדא), כוזרי שני (מטה דן) ה-קמו, וכן כתב הרמ"ע מפאנו בספרו אלפסי זוטא ברכות פ"ט אות ח (עמוד כ) והוסיף ששמואל סבר שיבואו בתי דין אחריו ויתקנו זאת מזמן לזמן.

²²⁴ חזון איש או"ח קלח-ד. ומעין זה כתב השקל הקודש על הרמב"ם קידוש החודש י-ו אות יח, שגם תקופת שמואל וגם תקופת רב אדא הן הלכה למשה מסיני, אלא שתקופת שמואל נמסרה להמון העם שמתקשים בחשבונות, ותקופת רב אדא נמסרה לבית דין.

²²⁵ ספר העיבור ג-ה, ויש לעיין מה כוונתו בזה. יש להעיר שהוא מוסיף שם שתקופת רב אדא היא כן מדויקת. אמנם האמת היא שגם בה יש סטייה של כ-7 דקות לשנה.

ה. בנוסף לאורך התקופה ששמואל מביא, היה לו חשבון מדויק כמה להחסיר מהתקופה (בכל שנה, או בכל כמה שנים), וחשבון זה אבד מאיתנו²²⁸.

הקושיות על תירוציהם

א. גם אם שמואל ידע את תקופת רב אדא, וכמו שכתבו הראשונים הנ"ל "תקופת רב אדא בצנעה ותקופת שמואל בפרהסיא"²²⁹, הרי בשנת רב אדא עצמה יש עדיין סטייה של כ-7 דקות לשנה, ואם כן הקושיא בעינה עומדת (ולתרץ ששמואל ידע את אורך השנה המדויק הידוע לנו היום ע"י האסטרונומים – לא מצאנו שאף אחד יאמר כך).

ב. על סברת הראשונים ששמואל ידע גם את תקופת רב אדא, הקשו אחרונים רבים והוכיחו שתקופת רב אדא נוסדה מאוחר יותר²³⁰. בין השאר, אילו שתי התקופות היו ידועות כבר אז, מדוע זמנה של תקופת שמואל התלכד עם התקופה המדויקת בשנת 158²³¹, בערך בדורו של שמואל, ואילו זמנה של תקופת רב אדא התלכד עם התקופה המדויקת בשנת 489²³², מאות שנים לאחר מכן²³³.

ג. מעניין לעניין באותו עניין, על הדעה שתקופת שמואל היא הלכה למשה מסיני, שדי בקירוב זה, תמוה, אם מקורה כה עתיק, כיצד יוסבר צירוף-המקרים שזמנה של תקופת שמואל התלכד עם התקופה המדויקת בערך בדורו של שמואל²³⁴, כדלעיל בסמוך, ולא בזמן מתן תורה או מעשה בראשית. עוד יש להוסיף, שיש מי שכתב²³⁵ שתקופת שמואל

²²⁷ ספר העיבור ג-ה בשם אחד מהקדמונים, המפרש על הרמב"ם קידוש החודש י-א (בהוצאת פרנקל עמוד תסא לאחר אמצע הטור השמאלי). ובבני יששכר (כסליו-טבת מאמר ד אות פו) סתם שחז"ל הסתירו את תקופת רב אדא מטעם הכמוס איתם.

²²⁸ הערות על העיתים לבינה טז, ד"ה ולפי.

²²⁹ שו"ת התשב"ץ ח"א סי' קח תחילת ד"ה תשובה וח"ב ס"ס קלד, ספר העיבור ג-ה.

²³⁰ יש"ר, מאור עיניים, עיתים לבינה – הובאו בעיתים לבינה טז ד"ה הביקורת. וכן הרב חיים יחיאל בורנשטיין, הרב חיים זליג סלונימסקי, הרב צבי הירש יפה, הרב רחמים שר שלום – הובאו במאמרו של הרב רחמים שר שלום "הלוח העברי וחשבון התקופות" פרק יז, הודפס בספר יד יצחק.

²³¹ על השמינית הערה 23 (ובספר מחר חודש עמוד לד:-לה. כתב שהתלכדה בשנת 245). יתכנו

סטיות לכאן ולכאן, שכן קשה לברר מה היתה התקופה המדויקת בעבר הרחוק.

²³² על השמינית הערה 109 (ובספר מחר חודש עמוד לד:-לה. כתב שהתלכדה בשנת 506). יתכנו

סטיות לכאן ולכאן, כנ"ל.

²³³ ואם כן בשנת 158 תקופת רב אדא סתה מהתקופה המדויקת בכיממה וחצי. יש להדגיש שמציאת יום התקופה קל יחסית, והקושי הגדול הוא מציאת אורך שנת החמה, דהיינו ההפרש המדויק בין רגע התקופה של השנה לבין זה שבשנה שלאחריה.

²³⁴ ליתר דיוק, שנת 158 מוקדמת במקצת לדורו של שמואל, שנולד בערך בשנת 165. ואכן בספר

על השמינית הערה 23 כתב שמייסד שיטת שמואל הוא חנניה בן אחי רבי יהושע, בדור שלפני שמואל.

²³⁵ על השמינית הערה 23.

נתקנה רק לצורך חישוב שאלת הגשמים בגולה²³⁶, ולכן תוקנה דווקא בזמנו²³⁷ – תחילת ההתיישבות היהודית בבבל – ועד אז לא היה בה שום צורך. ולדבריו אין סברא לומר שקיבלו זאת מסיני.

ד. שוב קשה קושייתנו דלעיל, שהרי בשאר הגמרות שדנות בחישובים, כאשר ישנו חוסר דיוק, הגמרא מפרשת "לא דק"²³⁸, ולא סומכת על כך שהלומד יבין זאת מעצמו, וכיצד כאן לא חששו שיטעו הלומדים²³⁹.

ההקדמות לתירוץ

מפורש ברמב"ם²⁴⁰ שחז"ל לעיתים לא דייקו בעניינים אסטרונומיים, משום שלא קיבלום במסורת אלא מחכמי הגויים וכד' (ואכן היו מהראשונים שחלקו על חז"ל בתחום זה²⁴¹). נדון אם כן בידיעותיהם של חכמי האומות בעת העתיקה בדבר אורך השנה, והדרך למציאתה.

ראשית יש לדעת שמציאת אורך שנת החמה המדויק היא פעולה מורכבת²⁴². בדיקה כזו מצריכה מדידות זמן מדויקות (לגילוי אורך היום או הלילה המדויקים) או מדידות זוויות כוכבים מדויקות (לגילוי מיקום השמש או כוכבי השבת המדויק)²⁴³, וזאת במשך שנים רבות. בוודאי שדיוק ברמה של דקות בודדות מצריך יגיעה רבה.

²³⁶ ע"פ תענית י.

²³⁷ וליתר דיוק, לשיטתו, דור לפניו – ע"י חנניה בן אחי רבי יהושע.

²³⁸ סוכה ח., בבא בתרא כז.

²³⁹ ובפרט שעל המצווה לחשב תקופות ומזלות (שבת עה.) מוסיף המאירי (שם ד"ה מצוה) "בלא שום שגיאה".

²⁴⁰ מורה נבוכים ח"ג יד, ומעין זה שם ח"ב ח. וכן כתבו רוב הראשונים והאחרונים לגבי כלל הידיעות המדעיות שבחז"ל, כמו שהבאנו לעיל בתחילת פרק ה, ובמאמר "הידיעות המדעיות שבדברי חז"ל – תוקפן ומקורן" באריכות.

²⁴¹ האבן עזרא (ספר העיבור לאבן עזרא עמוד פד ד"ה והעד השביעי) כתב שדברים רבים בברייתא דשמואל הם שלא כאמת. והרלב"ג (במלחמות ה' מאמר חמישי ח"א פרק נב, הובא בהערות על הרלב"ג בראשית טו-ד ד"ה ואולם) כתב שבכמו אלו הדברים (מספר הכוכבים) לא נרחיק שיהיו לקצת לחכמינו אז דעות בלתי צודקות.

²⁴² מורכבת עוד יותר ממצויאת אורך החודש הירחי, כך כתב במאמר עיבורים ומחזוריים (לרבי חיים יחיאל בורנשטיין, הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג - ספר עשרים) עמוד 292.

²⁴³ כלי למדידות כאלו תואר בישועה בישראל על הרמב"ם קידוש החודש יו"ד ד"ה דע.

בנוסף, גם אם ישנו חוסר דיוק בערך זה, קשה מאוד לגלותו. לצורך המחשה, הלוח היוליאני, המבוסס על שנה של $365\frac{1}{4}$ יום, היה נהוג במשך למעלה מ-1500 שנה עד שגילו בעזרת תצפיות אסטרונומיות שהצטברה בו סטייה של 10 ימים²⁴⁴.

נסקור אפוא את ההיסטוריה המדעית של אורך שנת החמה, מן המוקדם אל המאוחר:

²⁴⁴ שהרי גם כאשר ישנה סטייה של כמה ימים, עצם מציאת הסטייה מבוסס על מציאת יום השוויון או יום ההיפוך (היום שבו אורך היום שווה לאורך הלילה, או היום הקצר ביותר או הארוך ביותר), ודבר זה לעצמו מצריך מדידות מדויקות.

המקור	התקופה	הערך ²⁴⁵	הסטייה לשנה
1. הבבלים הקדמונים	האלף ה-5 לפנה"ס ²⁴⁶	360 יום ²⁴⁷	כחמישה ימים
2. הפרסים הקדמונים		365 יום ²⁴⁸	כרבע יום
3. מצריים העתיקה		365 ^{1/4} יום ²⁴⁹	כ-11 דקות
4. נאבורימאנו (כשדי)	בין המאה ה-6 ל-3 לפנה"ס ²⁵⁰	365 ^{1/4} יום ועוד 15 דקות ו-41 שניות	כ-27 דקות
5. שיטה נוספת		365 ^{1/4} יום ועוד 13 דקות ו-12 שניות ²⁵¹	כ-24 דקות
6. בני המאה (במרכז אמריקה ²⁵²)	המאה ה-5 לפנה"ס	365 ^{1/4} יום פחות 11 דקות ו-31.2 שניות	כ-17 שניות ²⁵³
7. מטון ואוקטמון (יוונים)	המאה ה-5 לפנה"ס	365 ^{1/4} יום ועוד 18 דקות ו-56.8 שניות ²⁵⁴	כ-30 דקות
8. אינופידיס	המאה ה-5 לפנה"ס	365 יום ועוד 8 שעות 56 דקות וכ-56.95 שניות ²⁵⁵	כ-3 שעות
9. פילולאוס	המאה ה-5 לפנה"ס	364 ^{1/2} יום ²⁵⁶	כ-18 שעות
10. קליפוס (יווני)	המאה ה-4 לפנה"ס	365 ^{1/4} יום ²⁵⁷	כ-11 דקות
11. הסינים הקדמונים	המאה ה-2 לפנה"ס	365 ^{1/4} יום ועוד 14 שניות ²⁵⁸	כ-11 דקות
12. היפרכוס ²⁵⁹ (יווני)	המאה ה-2 לפנה"ס	365 ^{1/4} יום פחות 4 דקות ו-48 שניות ²⁶⁰	כ-6 ^{1/2} דקות
13. גמינוס (יווני)	המאה ה-1 לפנה"ס	365 ^{1/4} יום ²⁶¹	כ-11 דקות
14. יוליוס קיסר (רומאי) ²⁶²	המאה ה-1 לפנה"ס	365 ^{1/4} יום ²⁶³	כ-11 דקות
15. אפיפניוס	המאה ה-4 לספירה	365 ^{1/8} יום ²⁶⁴	כ-3 שעות
16. תקופת רב אדא		365 ^{1/4} יום פחות 4 דקות ו-34.6 שניות ²⁶⁵	כ-6 ^{2/3} דקות
17. אל-בתאני (ערבי)	המאה ה-9 לספירה	365 ^{1/4} יום פחות 13 דקות ו-36 שניות ²⁶⁶	כ-2 ^{1/3} דקות
18. אסטרונומים ערבים אחרים	המאה ה-9 לספירה	365 ^{1/4} יום פחות 11 דקות ²⁶⁷	כ-14 שניות
19. האסטרונומים של המלך אל-מאמון (ערבים)	המאה ה-9 לספירה	365 ^{1/4} יום פחות 12 דקות ו-56 שניות ²⁶⁸	כ-1 ^{2/3} דקות
20. הרמב"ם	המאה ה-12 לספירה	365 ^{1/4} יום פחות 11 דקות ו-10 ^{1/2} שניות ²⁶⁹	כ-4 שניות
הערך המדויק הידוע לנו היום		365 ^{1/4} יום פחות 11 דקות ו-14.22 שניות ²⁷⁰	

- ²⁴⁵ לגבי חלק מהשיטות איננו יודעים אם סברו שהו באמת האורך המדויק, כיוון שערכיהם של שיטות אלו נועדו לשימוש בלוח שנה (וחלקן בלוח שמשלב שנת חמה עם חודשי לבנה), ויתכן שבחרו ערך מקורב כדי להקל על השימוש בלוח.
- ²⁴⁶ לפי התיארוך של ההיסטוריונים, כמובן שניתן לשנותו בהתאמה
- ²⁴⁷ היה זה לוח השנה הראשון, והיו בו 12 חודשים של 30 יום כל אחד.
- ²⁴⁸ הלוח שלהם היה מורכב מ-360 יום בשנה (12 חודשים של 30 יום), ובכל שנה שישיית הוסיפו חודש נוסף כדי להתאים את הלוח לשנת החמה. ע"פ זה שנת החמה היא 365 יום בדיוק.
- ²⁴⁹ הם חישובו ש-1461 שנות לוח שלהם (שכלל 365 יום בדיוק) שוות ל-1460 שנות חמה, ע"פ זה שנת חמה היא בדיוק $365\frac{1}{4}$ יום.
- ²⁵⁰ מסתבר יותר: ה-5 לפנה"ס.
- ²⁵¹ הובאה במפרש על הרמב"ם קידוש החודש ו-ד"ה שנת החמה, כאחת משיטות חכמי האומות.
- ²⁵² למותר לציין שלא היה שום קשר בין בני המאה לשאר בני העולם העתיק, כך שידיעותיהם המדהימות לא עברו לבבלים ליוונים וכו'.
- ²⁵³ זוהי השיטה המדויקת ביותר בעולם העתיק, והיא מדויקת משמעותית פי כמה וכמה מכל שאר השיטות. גם את מחזור נוגה חישובו בני המאה בדיוק רב.
- ²⁵⁴ הובאו באלמגסט ספר 3 פרק 1, מנוסח כך: $365\frac{1}{4} + \frac{1}{76}$. אך כיוון שמטרתו של מטון היתה בניית לוח שמשלב את שנות החמה עם חודשי הלבנה, אין לדעת אם סבר שזהו אורכה של שנת החמה בדיוק.
- ²⁵⁵ הובא במאמר עיבורים ומחזורים (לרבי חיים יחיאל בורנשטיין, הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג - ספר עשרים) עמוד 292. מנוסח כך: $365\frac{22}{59}$ יום.
- ²⁵⁶ הובא במאמר עיבורים ומחזורים (לרבי חיים יחיאל בורנשטיין, הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג - ספר עשרים) עמוד 292 (ושם באזכורו הראשון של הערך נפלה טעות) ועמוד 323.
- ²⁵⁷ הובא באלמגסט ספר 3 פרק 1.
- ²⁵⁸ הקיסר השני של שושלת האן הכניס שינויים בלוח השנה הסיני, ועל פיהם לוח זה משלב את שנת החמה של $365\frac{385}{1539}$ יום, עם חודשי לבנה של $29\frac{43}{81}$ יום.
- ²⁵⁹ יש שהביאו זאת בשם תלמי (כגון המפרש על הרמב"ם קידוש החודש ו-ד"ה שנת החמה, בלשונו: בטלמיס), אך תלמי רק פרסם את שיטתו של היפרכוס.
- ²⁶⁰ הובא באלמגסט ספר 3 פרק 1, ומנוסח כך: $365\frac{1}{4} - \frac{1}{300}$, או כך: $365\frac{14}{14}$ (בבסיס 60). הוא הגיע לזה ע"י חישוב ההפרש בין תצפיות שונות שביניהן 145 שנה (280 לפנה"ס ו-135 לפנה"ס).
- ²⁶¹ הובא במאמר עיבורים ומחזורים (לרבי חיים יחיאל בורנשטיין, הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג - ספר עשרים) עמוד 290. יש להדגיש שהוא סבר שערך זה מדויק מאוד (שם עמוד 292).
- ²⁶² בעזרת סוסגינס.
- ²⁶³ לוח השנה שלו, המכונה הלוח היוליאני, התפשט ברוב העולם. כאן המקום להעיר, שכאשר מלגלים על הלוח הלוועזי, שהוצרך לדלג על 10 ימים (בשנת 1582, במעבר בין הלוח היוליאני ללוח הגרגוריאני), יש לזכור שחוסר הדיוק בלוח הישן היה זהה בדיוק לחוסר הדיוק שבתקופת שמואל. ואכן בזמננו קורה שתקופת שמואל (החלה ב-7 או ב-8 באפריל) נופלת לאחר ט"ו בניסן.

²⁶⁴ הובא במאמר עיבורים ומחזורים (לרבי חיים יחיאל בורנשטיין, הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג - ספר עשרים) עמוד 291. מעניין לציין שאפיפניוס אף כתב שהיהודים בתקופתו חיטבו את שנת החמה כ-365^{1/6}, הובא שם בעמוד 329.

²⁶⁵ רמב"ם קידוש החודש י-א, ומנוסח כך: 365 יום, 5 שעות, 997 חלקים (כאשר ישנם 1080 חלקים בשעה) ו-48 רגעים (כאשר ישנם 76 רגעים בחלק). הרב פיניליש כתב שיש רמז בירושלמי שהוא סובר כרב אדא. ובספר על השמינית הערה 150 הביאו וחלק עליו.

²⁶⁶ ע"פ גירסא אחרת – 14 דקות ו-40 שניות (המפרש על הרמב"ם קידוש החודש ו-ד"ה שנת החמה). יש לציין שבקונטרס "ברכות בחשבון" שבסוף ספר מרכבת המשנה (לרבי שלמה מחלמא), ד"ה ואלום ידוע תדע, חידש שהירושלמי סבר כשיטה זו (האריכו בביאור דבריו בתחומין כרך כה במאמר "אומנות גדולה היתה שם").

²⁶⁷ הובא במאמר עיבורים ומחזורים (לרבי חיים יחיאל בורנשטיין, הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג - ספר עשרים) עמוד 325.

²⁶⁸ הובא במאמר עיבורים ומחזורים (לרבי חיים יחיאל בורנשטיין, הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג - ספר עשרים) עמוד 325.

²⁶⁹ ע"פ הלכות קידוש החודש פי"ב. יש להעיר שע"פ דבריו שם יז-כד נראה שגם שיטה זו מקורה בחכמי יוון.

²⁷⁰ יש להעיר שמדובר בממוצע. ההבדל בין שנה לחברתה יכול להגיע למספר דקות. כמו כן אורך השנה מצטמצם עם הזמן (וכן אורך היממה הולך וגדל במשך הזמן, כך שעם הזמן כל שנה מכילה פחות ימים), אך מדובר בשיעור זניח, המצטרף במשך כ-2000 שנה לשניות בודדות בלבד.

יש להדגיש שגם לאחר שנתפרסמה שיטתו (המדויקת – יחסית לזמנו) של היפרכוס²⁷¹, עדיין היו מחכמי האומות שחלקו עליו וסברו שהוא 365^{1/4} יום בדיוק²⁷².

התירוץ

כיוון שבזמנם²⁷³, כאמור, הערך הנפוץ בעולם היה 365^{1/4} יום בדיוק, והיו מחכמי האומות שסברו שהוא הערך המדויק, מסתבר מאוד שעל חשבון זה הסתמך שמואל²⁷⁴, וכן כתב העיתים לבינה²⁷⁵ (ושם²⁷⁶ כתב כך גם על שיטת רב אדא – שהסתמך (בקירוב) על דברי היפרכוס²⁷⁷), ואין צורך בתירוץ הנ"ל.

יש להדגיש עוד, שערך זה, הנראה בימינו כעגול גס, היה בזמנם אחד ההישגים המרשימים של חכמי העת העתיקה, וחושב "ע"פ עיונים רבים של זמן ארוך" כלשונם²⁷⁸, ומדויק מאוד ביחס לשיטות קדומות יותר.

²⁷¹ שיטה 12 בטבלה דלעיל.

²⁷² כגון דעתו של גמינוס, שיטה 13 בטבלה הנ"ל. וכך מפורש ברמב"ם קידוש החודש ט-א שנחלקו בזה חכמי יוון ופרס, ובמפרש על הרמב"ם קידוש החודש ו-ד ד"ה שנת החמה. אין לתמוה על כך שלעיתים חכמים מאוחרים יותר דייקו פחות מקודמיהם, וכך מצאנו גם במדידת אורך החודש הירחי – גמינוס (היווני, מהמאה מה-1 לפנה"ס) דייק פחות מקודמו – היפרכוס (היווני, מהמאה ה-2 לפנה"ס).

²⁷³ שמואל חי במאות ה-2 וה-3 לספירה.

²⁷⁴ אין לתמוה על כך שהיו מחכמי האומות שהיה להם ידע אסטרונומי מדויק יותר מזה של שמואל, שהרי מצאנו ששמואל אמר "לבר מכוכבא דשביט דלא ידענא מאי ניהו" (ברכות נח:), ואילו פליניוס הזקן (בספרו "תולדות הטבע" ספר 2 פרק 22 (24)) תיאר שביטים שונים, את ההבדלים ביניהם בצורה ובצבע, ואת אורכי הזמן שבהם נצפו.

יתרה מכך כתב האבן עזרא (ספר העיבור לאבן עזרא עמוד פד ד"ה והעד השביעי) שאמנם שמואל אמר "נהירין לי שבילי דשמיא" (ברכות נח:), ואעפ"כ דברים רבים בביריתא דשמואל שלא כאמת כי הוא על דרך חכמי ישראל ורבי הודה לדברי חכמי אומות העולם, ועוד שהרי שמואל עצמו לא ידע את סוד נולד קודם חצות (ע"פ ראש השנה כ:).

בנוסף, נדגיש שוב שלעיתים בעולם העתיק דווקא הדעה הלא-נכונה היא זו שנתקבעה, אע"פ שדעה נכונה יותר כבר פורסמה ואף הוכחה, כמו שפירטנו לעיל בהערה 101.

²⁷⁵ טז ד"ה ועתה. אמנם החזון איש (או"ח קלח-ד ד"ה ודע) יצא נגדו בחריפות, אך הרי באותו משפט עצמו יצא נגדו גם על דבריו שחישבו את כ"ט י"ב תשצ"ג במשך שנים, ודעה זו מפורשת כבר בראשונים (מדרש שהובא בסמ"ק מצורף מצווה קג).

²⁷⁶ טז סוף ד"ה הביקורת, בשם המאור עיניים.

²⁷⁷ שהובאו בספרו של תלמי, ובלשונו שם: בטלמיוס.

²⁷⁸ כך כתב גמינוס, הובא במאמר עיבורים ומחזורים (לרבי חיים יחיאל בורנשטיין, הודפס ב"התקופה" תמוז-אלול תרפ"ג - ספר עשרים) עמוד 290.

למי שיתקשה כיצד שמואל סבר שערך זה מדויק – נשיב בבחינת "ולדיך מי ניחא", שהרי אפילו בתקופת רב אדא²⁷⁹ ישנו חוסר דיוק של כמה דקות לשנה, וע"כ לא הגיעו בתחום זה לדיוק מושלם.

אילו המפרשים שדנו בסוגיא היו יודעים את כל הפרטים ההיסטוריים הללו, לא היו נצרכים לתירוציהם.

ואכן מפורש ברמב"ם²⁸⁰ שבאורך שנת החמה נחלקו שמואל ורב אדא, ומוכח מדבריו ששמואל סבר שזהו אורך השנה המדויק. עוד הוסיף שם²⁸¹, שבמחלוקת זו נחלקו גם חכמי יוון ופרס²⁸². וכן האבן עזרא הביא צד ששמואל לא ידע על חוסר הדיוק בתקופתו²⁸³.

²⁷⁹ שהיא התקופה המדויקת ביותר במקורותינו בדורותיהם. ועליה אמרו חלק מהראשונים "תקופת רב אדא בצנעה" (שו"ת התשב"ץ ח"א סי' קח תחילת ד"ה תשובה וח"ב ס"ס קלד, ספר העיבור ג-ה).

²⁸⁰ קידוש החודש ט-א, ומעין זה י-א.

²⁸¹ וביתר פירוט במפרש על הרמב"ם קידוש החודש ו-ד"ה שנת החמה.

²⁸² יש לעיין מה התכוון לומר בזה: או שרצה להביא אסמכתא לכל אחת מהשיטות, או שרצה לומר יותר מכך – שחכמי ישראל אף למדו את שיטותיהם אלו מחכמי הגויים.

²⁸³ בספר העיבור לאבן עזרא פרק "סוד העיבור" עמוד פב כתב ש"יתכן" ששמואל ידע שתקופתו אינה מדויקת ותיקן בקירוב לאנשי דורו. אמנם בפירושו (הארוך) על התורה שמות יב-ב כתב כדבר פשוט ששמואל ידע שתקופתו אינה מדויקת, ועיגלה לצורך אנשי דורו.

ἐμβολίων μηνῶν τε καὶ ἡμερῶν προειπών, ὅτι κατὰ μὲν τοὺς περὶ Μέτωνα καὶ Εὐκτήμεονα ὁ ἐνιαύσιος χρόνος περιέχει ἡμέρας τεξε δ' καὶ σ' μίας ἡμέρας, κατὰ δὲ Κάλιππον ἡμέρας τεξε δ' μόνον. ἐπιλέγει κατὰ λέξιν οὕτως: „ἡμεῖς δὲ μῆνας μὲν ὅλους εὐρίσκαομεν

Schrift „Von Schaltmonaten und Schalttagen“, nachdem er vorher bemerkt hat, daß nach der Schule des Meton und des Euktemon die Jahreslänge $365 \frac{1}{4} + \frac{1}{76}$ Tage, nach Kallippus aber $365 \frac{1}{4}$ Tage betrage, wörtlich folgendes hinzu: „Wir finden in 19 Jahren ebensoviele Monate^{b)} ent-

צילום מתוך ספר אלמגסט (תלמי, המאה ה-2 לספירה) ספר 3 פרק 1.
 בקטע העליון מובא המקור היווני (המספרים מופיעים בו בגימטריה ביוונית), ובתחתון התרגום לגרמנית (משנת 1912).
 במשפט המודגש מובאת שיטתו של קליפוס שאורך שנת החמה הוא $365 \frac{1}{4}$ יום בדיוק (וכך סבר גם גמינוס במאה ה-1 לפנה"ס).
 במשפט שלפני כן מופיעה שיטתם של מטון ואוקטמון, שסברו שאורכה גדול עוד יותר.