שערי השמש והירח בספר המאורות

מאת

אשבל רצון

בספר העירים ובספר המאורות, החיבורים הראשון והשלישי בספר חנוך, נזכרים כמה פעמים פתחים שונים ברקיע המיועדים למעבר בין שמים לארץ, במיוחד למעבר של תופעות אסטרונומיות ומטאורולוגיות. על פי רוב השערים עצמם אינם מתוארים, ועלינו להסיק את צורתם, מיקומם וגודלם מתוך פירוט תפקידם. כפי שקורה לעתים קרובות בספרות העתיקה, קיימות סתירות ברורות בין מגוון האזכורים. מאמר זה יתמקד בשערי השמש והירח בספר המאורות; אנסה להבין כיצד הם צוירו בדמיונם של המחברים, ואילו תופעות טבע הם ניסו להסביר באמצעותם, אבחן מה היה הרקע המסופוטמי של תאוריית השערים, ואשקול את יתרונותיה וחסרונותיה לעומת תאוריות מרחביות אחרות שהתקיימו במסופוטמיה. לבסוף אטען כי בניגוד לדעתם של חוקרים רבים שראו בתאוריית השערים תאוריה פרימיטיווית השאובה כולה מתאוריות מסופוטמיות, אפשר לראות בספר המאורות חשיבה עצמאית, שניסתה לתאר תופעות טבע נצפות.

פתחי רקיע בספרות היהודית והמסופוטמית

שער השמים נזכר במקרא רק פעם אחת: 'אין זה כי אם בית אלהים וזה שער השמים' (בר' כח 17). שער זה שימש את מלאכי האלוהים על מנת לעלות ולרדת בסולם יעקב. מכיוון שהוא הופיע רק בחלומו של יעקב, קשה לקבוע אם הוא נתפס כחלק מהמציאות הממשית או שהיה רק סמל בחלום. פתחים

* מאמר זה מבוסס על פרק מתוך עבודת הדוקטור שלי, 'תפישת מבנה היקום בספר חנוך', אוניברסיטת תל אביב, תשע"ב. העבודה נכתבה בהדרכתו של פרופ' בצלאל בר־כוכבא, ואני מודה לו על כך. כמו כן ברצוני להודות לקרן צבי ועפרה מיתר, שמימנה את מחקרי בתקופת הדוקטורט ואף לאחר מכן. במאמר נערכו שינויים ונוספו תוספות ביחס לנאמר בעבודת הדוקטור, ואני רוצה להודות לד"ר יונתן בן־דב שהנחה אותי במסגרת ה'מרכז למחקר מגילות מדבר יהודה באוניברסיטת חיפה', בחוג למקרא, וכן לקרן פולברייט על מימון עבודתי הנוספת. נוסף על כך אני מודה לרני אריאלי ולאפי חורי מהחוג לפיזיקה ולאסטרונומיה באוניברסיטת תל אביב על הערותיהם, וכן למערכת 'תרביץ' ולקוראים האנונימיים מטעמה על הערותיהם המועילות.

נוספים של השמים שנזכרים במקרא הם 'דלתי שמים' (תה' עח 23) ו'אֲרֻבֹּת השמים' (בר' ז 11; ח 2; מל"ב ז 2, 9; מל' ג 10), שמשמשים להמטרת גשם ומן.

ההשפעות המסופוטמיות על התרבות היהודית העתיקה בכלל ועל ספר חנוך בפרט נדונו במחקר בהרחבה,[1] וגם לתפיסה היהודית בסוגיית פתחי הרקיע אפשר למצוא רקע מסופוטמי קודם. שערים, פתחים ומנעולים לשמים מופיעים בספרות המסופוטמית המיתולוגית והליטורגית – אך לא בספרות האסטרונומית המדעית. נזכרים שם שני סוגי שערים: שערים לשמים העליונים של אל השמים, אַנוּ, שאין להם מקבילה בספר חנוך, ושערים למאורות[2] – ואולי גם לתופעות מזג האוויר[3] – העומדים בקצות השמים.[4] אולם תיאור מפורט של שערים אלה לא הגיע לידינו בכתב היתדות. היו חוקרים שסברו כי מושגים מסוימים מהכתבים האסטרונומיים במסופוטמיה מכוונים לקטעים על פני האופק שניתן להשוותם לשערי המאורות שבספר חנוך,[5] אולם עמדה זו נתונה במחלוקת. כך או אחרת אליבא דכולי עלמא המונח שערים לא נזכר בהקשרים אלה.

אף שהשערים עצמם אינם נזכרים בספרות האסטרונומית המדעית ממסופוטמיה, חוקרים מצאו השפעות של כתבים אסטרונומיים מראשית האלף הראשון, כדוגמת 'מוּל אַפִּין' ו'אֲנוּמה אנו אֶנלִיל', על היבטים שונים של האסטרונומיה של ספר חנוך.[6] שינוי משמעותי חל באסטרונומיה המסופוטמית בתקופות הפרסית וההלניסטית – אז התפתחה האסטרונומיה המתמטית בכתבי היתדות. נהוג לומר כי מחברי ספר חנוך לא השתמשו בכתבים האסטרונומיים המסופוטמיים של תקופתם. אולם לאחרונה עמדו מספר חוקרים על דמיון בין כמה מושגים בספר חנוך לבין מושגים אסטרונומיים שהתפתחו רק במאה החמישית לפסה"נ.[7]

בספרות הבית השני המונח שערים אינו נפוץ. הוא מופיע כמעט אך ורק בספרות החזיונות, בתיאור

1 לסיכום ההשפעות המסופוטמיות על האסטרונומיה בספר חנוך ראו: J. C. VanderKam, 'Sources for the Astronomy in 1 Enoch 72–82', Ch. Cohen et al. (eds.), *Birkat Shalom: Studies in the Bible, Ancient Near Eastern Literature, and Postbiblical Judaism Presented to Shalom M. Paul on the Occasion of his Seventieth Birthday*, II, Winona Lake, IN 2008, pp. 965–978. וראו גם בפירוש לספר חנוך: G. W. E. Nickelsburg and J. C. VanderKam, *1 Enoch*, II, Minneapolis 2012, pp. 273–283

2 לרשימת מקורות מסופוטמיים הנוגעים לאלים – ובכללם אלי השמש, הירח והכוכבים – העוברים דרך שערי שמים ראו: W. Heimpel, 'The Sun at Night and the Doors of Heaven in Babylonian Texts', *JCS*, 38, 2 (1986), pp. 132–143

3 המנעול של שערים אלה נזכר בסיפור הנקרא 'אֶנכי והסדר העולמי' (קב 313). ראו: C. Benito, '"Enki and Ninmah" and "Enki and the World Order"', Ph. D. Dissertation, University of Pennsylvania, 1969, pp. 102, 129. הנעילה מונעת כניסה לתוככי השמים. אולם ההקשר שנאמרו בו דברים אלה הוא לאחר תיאור הגשם כמי השמים.

4 W. Horowitz, *Mesopotamian Cosmic Geography*, Winona Lake, IN 1998, p. 266

5 L. Brack-Bernsen and H. Hunger, 'The Babylonian Zodiac: Speculations on its Invention and Significance', *Centaurus*, 41 (1999), p. 292, n. 4

6 לסיכום הנושא ראו: H. Drawnel, *The Aramaic Astronomical Book (4Q208–4Q211) from Qumran*, Oxford 2011, pp. 293–294

7 דרוונל התייחס לדמיון תוכני בין מונחים ארמיים במגילה לבין השישייה הירחית. ראו: שם, עמ' 307–310. מספר חוקרים עמדו בשנים האחרונות על קשר בין שערי השמש והירח לבין גלגל המזלות. ראו: בראק־ברנסן והונגר,

מסעות של דמויות קדומות בשמים ובקצות הארץ.[8] המקור הקדום ביותר שמופיע בו המונח שערי השמים, ושיש בו תיאור מפורט של השערים ותפקידיהם, הוא ספר חנוך, בייחוד בשני חלקיו הקדומים ביותר: ספר העירים וספר המאורות.[9] קשה לקבוע אם תפיסה זו לא הגיעה קודם לכן לרמת הפיתוח הקיימת בספר חנוך, או שהיא פשוט לא הגיעה לידינו, בגלל נטייתה של הספרות היהודית, מלבד זו הנמנית עם סוגת החזיונות, להימנע מלעסוק במה שלמעלה מאתנו.[10]

השערים בספר חנוך הם פתחים ביריעת הרקיע המונחים באופק על קצות הארץ, במקום שנפגשים בו השמים והארץ. יריעת הרקיע חוצצת בין העולם שמעל הארץ הגלוי לבני האדם לבין העולם השמימי הנסתר. שערי השמים מאפשרים מעבר של מגוון תופעות אסטרונומיות ומטאורולוגיות בין שני העולמות.[11] כאמור התיאורים המרובים של השערים סותרים זה את זה, ולעתים יש בהם אף סתירות פנימיות. כך בספר העירים מתואר מסע מעגלי של חנוך מסביב לקצות הארץ (לג 2–לו 3). במסעו הוא רואה את שערי הרקיע מונחים על קצה הארץ שבכל צד. השערים מיועדים לעתים למאורות ולעתים לרוחות ולתופעות מטאורולוגיות אחרות. מסעו של חנוך מתחיל ונגמר במזרח, ובשל כך המזרח מתואר פעמיים. בפעם הראשונה נזכרים רק שלושה שערים במזרח (לג), ואילו בשנייה נזכרים שלושה שערים גדולים ושלושה קטנים נוספים מעליהם שנועדו לכוכבים (לו). בספר המאורות מתוארת מערכת נוספת של 12 שערים המיועדים לשמש ולירח. אולם שערים אלה מסודרים שישה במזרח ושישה במערב (עב–עה). בפרק עה נזכר ש־12 השערים של השמש והירח נועדו גם לכוכבים. נוסף על כך נמנים בו חלונות רבים המיועדים ליציאת חום, ושמושווים לשערי הכוכבים, וכן מרכבות שנועדו לכוכבים אשר אינם שוקעים. ולבסוף בפרק עו מתוארת מערכת נוספת של 12 שערים, אשר בדומה לאמור בספר העירים מסודרים סביב כל ארבע רוחות השמים, שלושה בכל צד, ושנועדו לרוחות הנושאות עמן תופעות מטאורולוגיות. ארבע הרוחות שיוצאות מהשער האמצעי שבכל צד מיטיבות לארץ, ואילו שמונה הרוחות שיוצאות מהשערים הצדדיים מרעות לארץ. אם כן היו בספר חנוך ובמיוחד בספר המאורות תאוריות שערים מגוונות, שכל אחת הייתה בבחינת ניסיון להסביר מספר תופעות טבע נצפות, כגון היגלותם והיעלמותם של המאורות בזמנים שונים, תנועתם הסדירה של המאורות ותופעות מטאורולוגיות שונות.

גלגל המזלות הבבלי (לעיל הערה 5), עמ' 292, הערה 4; J. Ben-Dov, *Head of All Years: Astronomy and Calendars at Qumran in their Ancient Context*, Leiden and Boston 2008, pp. 185–189. וראו על כך להלן.

8 בחזון ברוך היווני ב–יא מתוארים מסעות של ברוך בין רקיעי השמים, ובתוך כך הוא עובר בשערים בין הארץ לרקיע ובין רקיע לרקיע. בחנוך ב 6 מתוארת מערכת מפורטת של שערי שמים המיועדים למאורות. וראו גם אזכור של המונח ללא תיאור מפורט של כל המערכת: חנוך א קד 2; חזון עזרא א 18–19; צוואת לוי ה 1. ביובלים כז 25 יש רק ציטטה מבראשית. הביטוי הזה נזכר גם בשירות עולת השבת (4Q405, קטע 23, טור א, שורות 7–10). בפפירוס 4Q503, קטעים 7–9, טור ד, שורה 2; קטע 19, טור ו, שורה 21; קטעים 29–32, טור ח, שורה 10 נזכרים 'שערי אור', ובאותו הפפירוס בקטעים 51–55 , שורה 5 נזכרים 'שערי כבוד'.

9 מלבד השערים שנועדו למעבר של תופעות טבעיות מהשמים אל הארץ, יש בחנוך ט 10 אזכור קצר של שערי שמים שתחנוני המתים עוברים דרכם.

10 כך לדוגמה איוב לח; מש' ל 4; בן סירא ג 18–23; חזון עזרא ב 7, 21; ספר דברי איוב לח 3–8.

11 על גושא מבנה היקום בספר חנוך ראו בהרחבה: רצון, תפישת מבנה היקום (לעיל הערת כוכבית).

שערי השמש והירח בספר חנוך עב–עה

פרקים עב–עה בנוסח האתיופי של ספר המאורות עוסקים בתנועות המאורות (עב – השמש; עג–עד – הירח; עה – הכוכבים). לאור הטקסט שנשתמר בקטעים הארמיים נראה כי בנוסח האתיופי לפנינו רק סיכום מקוצר של פירוט תנועת הירח (מסונכרן עם השמש?) יום־יום לאורך שנה שלמה (הלוח הסינכרוניסטי).[12] אולם ככל הנראה מערכת השערים שבבסיס שני התיאורים הייתה זהה: 12 שערים, שישה שערים במזרח לזריחה ושישה במערב לשקיעה; השערים ממוספרים מאחד עד שש מכיוון דרום לצפון, וכל שער מזרחי עומד מול השער המקביל לו במערב (עב 8, 27).[13] השמש עוברת בכל חודש בשער אחר, החל בשער הרביעי, צפונה לכיוון השער השישי, שוב דרומה אל השער הראשון, ואחר כך צפונה עד השער השלישי. כך היא משלימה בשנה שלמה 12 שערים בעָברהּ פעמיים בכל שער.

השערים כהסבר לתופעת נטייתם הנצפית של השמש והירח

מערכת השערים נועדה כאמור להסביר את היראותן של תופעות שמימיות מסוימות על פני הארץ בזמנים מסוימים ואת היעלמותן בזמנים אחרים. אולם לצורך כך נדרש שער אחד בלבד בכל כיוון. לשם מה פירטו מחברי ספר המאורות מערכת של 12 שערים? אוטו נויגבאואר העלה הסבר מתקבל על הדעת הקושר בין תיאור השערים לתופעה טבעית הנראית לעין: אף על פי שמקובל לומר שהשמש זורחת במזרח ושוקעת במערב, הרי בחודשי הקיץ נקודות הזריחה והשקיעה של השמש נראות נוטות צפונה, כלומר היא זורחת בצפון־מזרח ושוקעת בצפון־מערב, ובחורף נקודות הזריחה והשקיעה של השמש נראות נוטות דרומה, כלומר היא זורחת בדרום־מזרח ושוקעת בדרום־מערב.[14]

נטייתה הנראית של השמש נובעת מהעובדה שיש זווית של כ־23.5 מעלות בין ציר הסיבוב של כדור הארץ סביב עצמו לבין האנך למישור התנועה של כדור הארץ סביב השמש (מישור המַלְקָה). כדור הארץ נוטה כל הזמן לאותו הכיוון ביחס לכוכבים, ולכן סיבובו סביב השמש גורם לשינוי נטייתו ביחס אליה. הדבר יוצר את חילופי העונות ואף את העובדה שבחצי הכדור הדרומי הן הפוכות ביחס

12 במגילה 4Q208, שהיא המגילה העתיקה ביותר המשויכת לספר חנוך, נכלל ככל הנראה הלוח הסינכרוניסטי בלבד. במגילה 4Q209 נכללים הן הלוח הסינכרוניסטי והן קטעים המקבילים לנוסח האתיופי של פרקים עו–פב (ללא פ–פא) מספר המאורות. במגילה 4Q210 נכללים רק קטעים המקבילים לנוסח האתיופי (ובחלקם גם ל־4Q209). ולבסוף, מגילה 4Q211 משמרת את סופו של פרק פב שנשמט מן הנוסח האתיופי, וכן קטע העוסק בכוכבים שלא נשמר בנוסח האתיופי. לדיון עדכני בנושא ראו: דרוונל, הספר הארמי האסטרונומי (לעיל הערה 6), עמ' 39–46; ניקלסבורג וונדרקם, חנוך א (לעיל הערה 1), עמ' 358–359.

13 וראו: 'שלוש מאות ושש וחמש חלונות ברא הקדוש ברוך הוא שישתמש בהן העולם, מאה ושמונים ושתים במזרח ומאה ושמונים ושתים במערב ואחת באמצעו שלרקיע, שממנו יצא מתחילת מעשה בראשית' (ירושלמי, ראש השנה ב, ו [נח ע"א; טור 670]).

14 אולם לצופה בארץ ישראל השמש נראית בצהרי היום כנוטה דרומה כל השנה. נטייתה של השמש בזריחה ובשקיעה על פי עונות השנה תוארה מאוחר יותר בבבלי, עירובין נו ע"א ובירושלמי, עירובין ה, א (כב ע"ג; טור 474), אולם ללא הסבר קוסמולוגי.

לחצי הכדור הצפוני. כמו כן הדבר גורם לסטייה של נקודת הזריחה והשקיעה של השמש בעיני צופה על כדור הארץ – סטייה דרומה בין ספטמבר למרס וצפונה בין מרס לספטמבר. ואכן בפרק עב מתוארת התאמה בין מיקום זריחתה ושקיעתה של השמש ובין אורך הימים והלילות.

מכיוון שמישור תנועתו של הירח מסביב לכדור הארץ כמעט מקביל למישור המַלְקָה ולא למישור הסיבוב של כדור הארץ סביב צירו, גם הוא נראה נוטה דרומה וצפונה. שינוי מקומות זריחתו ושקיעתו של הירח לאורך החודש בחודשים השונים מתואר בפרקים עג–עד, עח–עט (בעיקר עד 5–8). פירוט מדוקדק של זמני הזריחה והשקיעה של הירח ושל מופעיו נמצא בלוח הסינכרוניסטי בצירוף מידע הנזכר מדי פעם על שערי השמש והירח (4Q208–209).

ההנחה שהשערים אכן נועדו להסביר את נטייתה הנראית של השמש, אינה מאפשרת לחשב את גודל השערים, אולם היא מאפשרת לחשב את היחס בין גודלם לבין אורך הצלע של הארץ שעליה הם עומדים,[15] על פי גודל זווית הנטייה המרבית של השמש באמצע הקיץ ובאמצע החורף (בסולסטיסים [solstices], בימי ההיפוך) בארץ ישראל – בהנחה שהטקסטים האלה נכתבו בארץ ישראל. כלומר אף על פי שהכותבים לא פירטו את גודלם ואת מיקומם המדויק של השערים על פני האופק, ניתן להסיק נתונים אלה באמצעות חישוב מתמטי של התופעה האסטרונומית המציאותית שהשערים נועדו להסביר. על ידי כך אפשר אף לצייר מפה של השערים הללו. דהיינו מכיוון ששת השערים שבכל צד מונחים באופן סימטרי שלושה לכיוון צפון ושלושה לכיוון דרום, ניתן להניח שגודל שלושת השערים ביחד שווה לנטייתה המרבית של זריחת השמש בקו הרוחב של ארץ ישראל, ששווה לכ־27.5 מעלות צפונה ביום הארוך בשנה וכ־27.5 מעלות דרומה ביום הקצר.[16] גודלו של כל שער תלוי בשאלה אם השערים שווים זה לזה בגודלם.[17]

15 זאת בהנחה שבעיני מחברי ספר המאורות הארץ היא משטח מרובע. שערי השמש והירח מוצבים על הצלעות המזרחית והמערבית. ראו על כך: רצון, תפישת מבנה היקום (לעיל הערת כוכבית), עמ׳ 200–206.

16 נויגבאואר ערך גם הוא חישוב מסוג זה. ראו: O. Neugebauer, 'Notes on Ethiopic Astronomy', *Orientalia*, 33 (1964), pp. 53–56. חישובו מצטיין בפשטות מתמטית, אך אינו מבהיר את הקשר בין התופעה האסטרונומית למראה בעיני הצופה. החישוב שיובא בנספח מדויק מעט יותר, אף על פי שגם הוא מקורב. זווית הנטייה המרבית נצפית בימי ההיפוך הקיצי וההחורפי.

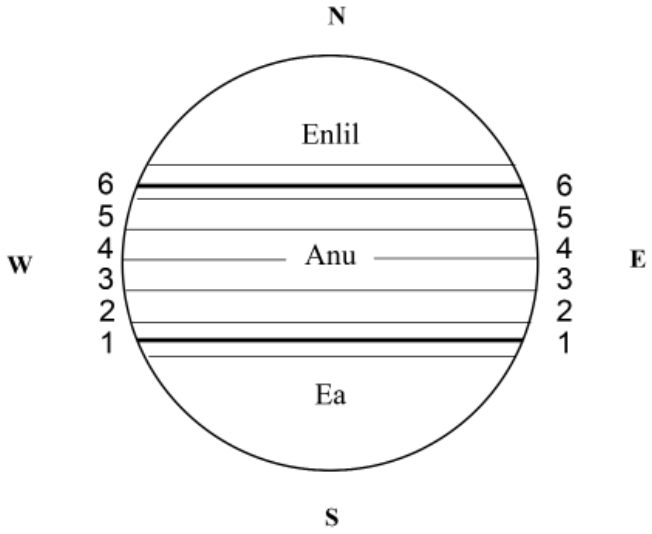
17 הטקסט אינו חד־משמעי בסוגיה זו, ולא ניתן להכריע בה, אולם היא מהותית לתיאור השערים ולא עסקו בה מספיק במחקר, על כן אקדיש לה דיון קצר. בפרק עב נקבע כי השמש שוהה חודש אחד בכל שער לפני שהיא עוברת לשער הבא. בגלל הסימטרייה הכמעט־כדורית של המערכת, נטייתה של השמש אינה משתנה בכל חודש במספר מעלות קבוע; סביב ימי השוויון נטייתה משתנה בקצב מהיר יותר מאשר סביב ימי ההיפוך. אם השערים אמורים לתאר נאמנה את המציאות, הרי השערים האמצעיים צריכים להיות גדולים מן השערים הקיצוניים. יתר על כן, השער הרביעי, אחד משני השערים האמצעיים, מכונה בפירוש 'השער הגדול' (עב 6). אף על פי שכינוי זה לא הוצמד גם לשער השלישי, שגם הוא אמצעי, ראו בזה מספר חוקרים הוכחה לכך שאכן גודל השערים אינו קבוע. בראק־ברנסן והונגר קשרו זאת להשלכה של גלגל המזלות הבבלי על האופק. ראו: בראק־ברנסן והונגר, גלגל המזלות הבבלי (לעיל הערה 5), עמ׳ 292, הערה 4, וראו להלן. בכל זאת מרבית החוקרים ציירו את מפת השערים כך שכל השערים שווים בגודלם בלי לדון כלל באפשרות שהשערים המרכזיים גדולים מן הקיצוניים. ראו למשל: O. Neugebauer, 'The "Astronomical" Chapters of the Ethiopic Book of Enoch (72 to 82)', M. Black, *The Book of Enoch or1 Enoch* (Studia in Veteris Testamenti Pseudepigrapha, 7), Leiden 1985, p. 395; **הנ״ל, הערות** (לעיל הערה 16), עמ׳ 53–61; M. Albani, *Astronomie und Schöpfungsglaube: Untersuchungen zum astronomischen*

השערים כשיטת מיפוי האופק

תיאור קצר של ההיסטוריה של מיפוי מרחב השמים במסופוטמיה עשוי לזרות אור על סוגיית תפקידם המדעי של השערים. השיטות העתיקות ביותר במסופוטמיה מדדו את מיקומם של גרמי השמים באמצעות קוארדינטות, אשר מוקמו על גבי האופק. בכתבים מסוף האלף השני ומתחילת האלף הראשון לפסה"נ יש חלוקה של השמים לשלושה נתיבים, המכונים בשמותיהם של אלים מרכזיים: הנתיב של אנו, שהוא הנתיב המרכזי (ḫarrān šūt Anim), הנתיב של אנליל, הנתיב הצפוני (šūt Enlil), והנתיב של אֶאה, הנתיב הדרומי (ḫarrān šūt Ea).[18] **השמש מתוארת כנעה באביב בנתיב**

Henochbuch (Wissenschaftliche Monographien zum Alten und Neuen Testament, 68), Neukirchen-Vluyn 1994, p. 47. גם אני סברתי כך בעבודת הדוקטור שלי. ראו: רצון, תפישת מבנה היקום (לעיל הערת כוכבית), עמ' 276. אולם כבר איני בטוחה בעמדה זו. הפרשנים עד כה לא הסבירו את בחירתם בגודל קבוע, אך ייתכן שהיא נבעה מן התיאור הקובע כי השמש שוהה בדיוק חודש אחד בכל שער. בראק־ברנסן והונגר העירו כי השמש יכולה לשהות זמן קבוע, חודש, בשערים בעלי גודל משתנה אם מהירות תנועתה בציר צפון–דרום אינה קבועה. ראו: בראק־ברנסן והונגר, גלגל המזלות הבבלי (שם), עמ' 289. אמנם הדבר עומד בסתירה לאמור בפירוש ב'מול אפין' – שברור כי ספר המאורות הסתמך עליו – שמהירות השמש במהלכה מצפון לדרום היא קבועה, 40 נינדה ליום. ראו: מול אפין, לוח II, טור א, שורות 9–13 (*Compendium in Cuneiform*, Horn, Austria: F. Berger1989, pp. 72–73). אולם מחברי ספר המאורות הכירו גם כתבים מאוחרים, ואולי אף הוסיפו ידע עצמאי משלהם. ועל כן אין להביא מכאן ראיה כנגד מהירות לא קבועה של השמש בספר המאורות. מכל מקום אף על פי שהדבר אפשרי מבחינה טכנית, הרי משך הזמן הקבוע שהשמש שוהה בכל שער מצטרף אל הסכמטיות של הטענה בספר המאורות שהיום והלילה משנים את אורכם בכל חודש בחלק אחד. כלומר מכיוון שספר המאורות העדיף את הסכמטיות על פני הדיוק באשר לזמן, ניתן לשער שהוא העדיף את הסכמטיות על פני הדיוק גם באשר למרחב. דילמן וצ'רלס, שסברו שאין הבדל בין גודלו של השער הרביעי לגודל שאר השערים, הסבירו שהוא מכונה 'השער הגדול' מפני שהשער 'גדול' ביחס לחלונות שסביבו. ראו: A. Dillmann, *Das Buch Henoch Übersetzt und Erklärt*, Leipzig 1853, p. 222; R. H. Charles, *The Book of Enoch, or 1 Enoch*, Oxford 1912, p. 152. נויגבאואר הקשה עליהם ושאל מדוע הוצמד כינוי זה רק לשער הרביעי, שהרי גם לשאר השערים יש חלונות. אולם הוא לא ענה על השאלה ביחס למה השער הזה גדול. בשרטוטו ובחישוביו גם הוא התייחס לכל השערים כשווים בגודלם. כאמור אם השער הרביעי מתואר כגדול מפני שהשערים המרכזיים גדולים מן הקיצוניים, יש להסביר מדוע לא כונה כך גם השער השלישי. אם כן התיאור בפרק עב והביטוי 'השער הגדול' אינם מאפשרים לקבוע באופן חד־משמעי אם השערים נתפסו כבעלי גודל קבוע או משתנה. שיקול נוסף בעניין זה הוא כיצד פיתחו מחברי הספר את דגם השערים. אם פיתחו את הדגם באמצעות מדידה של צל השמש בחודשים השונים, הם יכלו לדעת כי השערים המרכזיים צריכים להיות גדולים מהקיצוניים. אולם אם הסתמכו על תצפיות ישירות על השמש בלבד או שהגיעו לדגם זה באמצעים תאורטיים, ייתכן שכלל לא הבחינו בתופעה זו. על אף הקושי להכריע, נראה בעיניי שאין הצדקה להתעלמות של פרשני ספר חנוך מהסוגיה ולעובדה שציירו שערים בעלי גודל קבוע בניגוד לצפוי מן התנועה המציאותית של השמש. ויש לקוות כי הדיון כאן יביא להכרעות מושכלות בסוגיה.

18 החוקרים חלוקים בשאלה אם נתיבים אלה פרושים על פני כל השמים או שהם רק קשתות המחלקות את האופק. הורוביץ טען כי הנתיבים מחלקים את כל השמים. ראו: הורוביץ, גאוגרפיה קוסמית (לעיל הערה 4), עמ' 252–256. לעומתו ריינר וקוך סברו כי רק האופק מחולק באמצעות הנתיבים הללו. ראו: E. Reiner, in collaboration with D. Pingree, *Babylonian Planetary Omens*, II: *Enuma Anu Enlil Tablets 50–51* (Bibliotheca Mesopotamia, 2, 2), Malibu 1981, pp. 17–18; J. Koch, *Neue Untersuchungen zur Topographie des babylonischen Fixsternhimmels*, Wiesbaden 1989, pp. 14–22. כך או כך כל צד של האופק מחולק למעשה לשלוש קשתות: מרכזית, צפונית ודרומית.



איור 1: חפיפה בין השערים לנתיבים?

של אנו, בקיץ בנתיב של אנליל, בסתיו שוב בנתיב של אנו, ובחורף בנתיב של אאה. נוסף על כך כוכבים מסוימים חולקו לשלושת הנתיבים על פי מיקומם הנצפה על פני הרקיע (ראו איור 1).[19]

על מערכת הנתיבים, שהם למעשה קווי הרוחב של מערכת הקואורידנטות האופקית, נוספו באסטרונומיה המסופוטמית כוכבים שחילקו כל נתיב לקווי אורך. 12 כוכבים כאלה מופיעים בטקסטים המכונים אסטרולאבים,[20] ורשימות מפורטות יותר של כוכבים, כוכבי זיקפו, שהם כוכבים העוברים במסלולם דרך הזֶנִית, הנקודה הנמצאת בדיוק מעל לראשו של אדם, נמצאות בכתבים מסופוטמיים מהאלף הראשון לפסה"נ.[21] אולם מערכת זו היא כללית ביותר; לא פורטו בה שנתות קבועות במרחב לציר האורכי, והציר הרוחבי מחולק בה בצורה גסה ביותר למרכז, לצפון ולדרום בלבד.

19 כך בלוחות המכונים אַסְטרוֹלַבִּים, אשר חלקם מתוארכים לסוף האלף השני לפסה"נ. ראו W. Horowitz, 'The Astrolabes: Astronomy, Theology, and Chronology', J. M. Steele (ed.), *Calendars and Years: Astronomy and Time in the Ancient Near East*, Oxford 2005, pp. 101–114. בלוחות אלה יש רשימות של שלושה כוכבים עבור כל חודש, וכל אחד מהשלושה אמור להתאים לנתיב שמים אחר. לא כל המידע שבאסטרולבים אלה נכון אסטרונומית. ראו: H. Hunger and D. Dinglee, *Astral Sceince in Mesopotamia*, Leiden-Boston-Köln 1989, pp. 50–57. נתיבים אלה מופיעים גם בקובץ האסטרונומי 'מול אפין'. חלוקה של הכוכבים לנתיבים ראו: מול אפין, לוח I, טור א, שורה 1 – טור ב, שורה 35 (מהדורת הונגר ופינגרי, [לעיל הערה 17], עמ' 18–39); הנתיבים שנמצאת בהם השמש על פי עונות השנה ראו: שם פער A, שורות 1–8 (שם, עמ' 152–153).

20 הורוביץ, גאוגרפיה קוסמית (לעיל הערה 4), עמ' 256.

21 ראו לדוגמה: מול אפין (לעיל הערה 17), לוח I, טור ד, שורות 1–30 (מהדורת הונגר ופינגרי, עמ' 141–144). לסיכום המקורות שמופיעות בהם רשימות כוכבי זיקפו ולביבליוגרפיה עליהם ראו: הונגר ופינגרי, מדע הכוכבים (לעיל הערה 19), עמ' 84–90.

בהדרגה התפתחה במסופוטמיה מערכת קואורדינטות נוספת, מערכת קואורדינטות אֶקליפטית. מערכת זו קשורה למישור התנועה השנתי של כדור הארץ סביב השמש, מישור המִלקֶה, שכאמור האנך לו נטוי בכ־23.5 מעלות ביחס לציר הסיבוב של כדור הארץ סביב עצמו, ולכן מסלול תנועתה השנתי של השמש נראה נטוי ביחס לקו המשווה השמימי. על ציר זה בקירוב עוברים גם הירח וכוכבי הלכת. בקובץ 'מול אפין' יש גם רשימת כוכבים וקבוצות כוכבים (קונסטלציות) שנמצאים בדרכו של הירח.[22] כוכבים אלה מייצגים למעשה את הציר במערכת הקואורדינטות האקליפטית. ביומנים אסטרונומיים למן המאה השביעית לפסה"נ צוין מיקומם של הירח וכוכבי הלכת באמצעות רשימה הולכת וגדלה של כוכבים על ציר זה, המכונים במחקר הכוכבים הנורמליים (ראו איור 2).[23]

12 קבוצות הכוכבים של גלגל המזלות (הזודיאק) נמצאות גם הן על קו המלקה. מן המאה החמישית לפסה"נ ניתנו שמות הסימנים של גלגל המזלות לקשתות קבועות בנות 30 מעלות במעגל זה, ולא רק לקבוצות הכוכבים עצמן, והחלו לציין את מיקום הירח וכוכבי הלכת במעלות בתוך קשתות אלה.[24] אם כן היתרון של גלגל המזלות על הכוכבים הנורמליים הוא ששיטה זו ממפה בצורה מפורטת את המרחב עצמו, ולא רק מציינת מיקום באמצעות הצטלבות של שני גופים שמימיים.

חוקרים רבים של ספר חנוך סברו כי מערכת ששת השערים של ספר המאורות נוצרה מתוך שלושת הנתיבים, וכי כל שער אינו אלא חלוקה של כל נתיב לשניים.[25] אולם גם אם גודל ששת השערים בספר האסטרונומי הוא קבוע, הם אינם יכולים להיחשב לחלוקה פשוטה של כל אחד מהנתיבים לשניים. שלושת הנתיבים פרושים על פני כל האופק, בעוד ששת השערים פרושים רק על פחות מ־60 מעלות במזרח ופחות מ־60 מעלות במערב (להיעדר חפיפה בין הנתיבים לבין מספר שלם של שערים ראו איור 1). אם כן חלוקה של קשת כזו לשישה חלקים מפורטת פי שישה – ולא פי שניים – מחלוקה של מחצית האופק, דהיינו 180 מעלות, לשלושה. ולפיכך אף על פי ששתי המערכות הן מערכות קואורדינטות אופקיות, מערכת השערים אינה חלוקה פשוטה של הנתיבים לשניים.

ההסבר של נויגבאואר ל־12 השערים נועד להחליף את הדעה שהייתה מקובלת קודם לכן, ששערים אלה מקבילים ל־12 הסימנים או המזלות של גלגל המזלות.[26] אולם יונתן בן־דב הראה כי אין סתירה בין שני ההסברים, ושלמעשה השערים הם השלכה של סימני גלגל המזלות על האופק.[27] ההיכרות המוקדמת ביותר של יהודים עם גלגל המזלות ניכרת במגילה 4Q318, המתוארכת לתקופה

22 מול אפין, לוח I, טור ד, שורה 31 – לוח II, טור א, שורה 8 (מהדורת הונגר ופינגרי, עמ' 67–71).

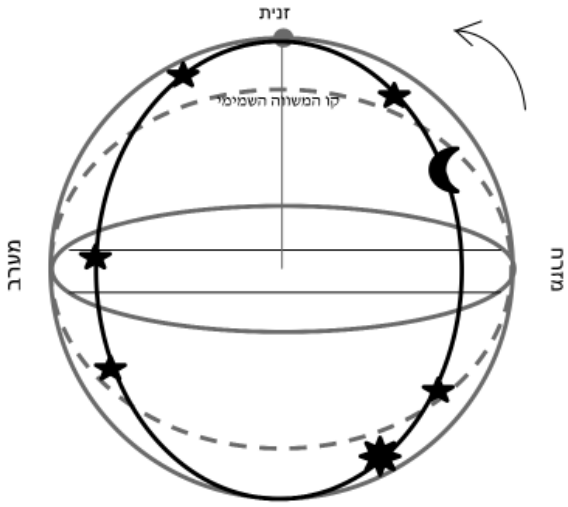
23 הונגר ופינגרי, מדע הכוכבים (לעיל הערה 19), עמ' 148–151.

24 F. Rochberg-Halton, 'New Evidence for the History of Astrology', *JNES*, 43, 2 (1984), pp. 121–123. ובהרחבה ראו: eadem, *In the Path of the Moon: Babylonian Celestial Divination and Its Legacy*, Leiden 2010, pp. 39–42

25 אלבני, אסטרונומיה והאמונה בבריאה (לעיל הערה 17), עמ' 207 ורבים בעקבותיו.

26 ראו למשל: דילמן, ספר חנוך (לעיל הערה 17), עמ' 223. דעה זו של הפרשנים הראשונים של ספר חנוך נסמכת על הפירוש האתיופי המסורתי בהשפעת האסטרונומיה הערבית. ראו: O. Neugebauer, *Ethiopic Astronomy and Computus*, Wien 1979, pp. 18, 158–159

27 בן־דב, ראש כל השנים (לעיל הערה 7), עמ' 184–189. להיפותזה דומה באשר למדע הבבלי ראו: בראק־ברנסן והונגר, גלגל המזלות הבבלי (לעיל הערה 5), עמ' 283–285. לדעת בראק־ברנסן והונגר גלגל המזלות הבבלי



איור 2: מערכת קואורדינטות אקליפטית

ההרודיאנית,[28] אך לא מן הנמנע שכבר מחברי ספר המאורות הכירו את גלגל המזלות, כפי שהכירו מושגים אסטרונומיים בבליים אחרים מן המאות החמישית והרביעית לפסה"נ. הפעולה המתמטית של השלכת גלגל המזלות על האופק היא מורכבת, ולא סביר שהיו למחברי ספר המאורות הכלים המתמטיים לבצעה באופן מדויק. על כן אם זאת הייתה השיטה שנקטו על מנת לפתח את דגם השערים, סביר להניח כי התוצאה הייתה סכמטית בלבד. בן־דב לא הסביר מדוע בחרו מחברי ספר המאורות להמיר את שיטת גלגל המזלות בשיטת השערים.

כאמור בן־דב הציע כי שיטת השערים היא השלכה של סימני גלגל המזלות על האופק,[29] או בניסוח מתמטי: השימוש בשערים המיר את הקואורדינטות האקליפטיות התלת־ממדיות בקואורדינטות אופקיות דו־ממדיות, ויצר מיפוי אחר אך אקוויוולנטי של המרחב. ניתן להוסיף על מערכת הקואורדינטות האופקית ממד שלישי, ממד גובה, אך הוא אינו נדרש לצורך ציון מקומות זריחתם ושקיעתם של השמש והירח. שיטת הקואורדינטות של השערים היא אופקית, בדומה למערכת נתיבי השמים מן האסטרונומיה המסופוטמית הקדומה. אולם הדיוק של שיטת 12 השערים זהה לדיוק של שיטת גלגל המזלות, שהתקיימה במסופוטמיה למן המאה החמישית לפסה"נ.[30]

התפתח מתוך קשתות על האופק, הדומות לשערים של ספר חנוך, וראו על כך בהרחבה להלן. אולם בניגוד לעמדתם של בראק־ברנסן והונגר, לדעת בן־דב השערים שווים בגודלם.

28 J. C. Greenfield and M. Sokoloff, 'An Astrological Text from Qumran (4Q318) and Reflections on Some Zodiacal Names', *Reveu de Qumran*, 16, 4 (1995), pp. 507–517. התיארוך מבוסס על הנספח של ירדני למאמרם זה: A. Yardeni, 'Appendix II: Paleographic Analysis', ibid., pp. 520–525

29 בן־דב, ראש כל השנים (לעיל הערה 7), עמ' 185–189.

30 מובן שציון מעלות בתוך כל אחד מסימני גלגל המזלות, כפי שהיה נהוג בכתבים האסטרונומיים המתמטיים, הוא

האם שיטת מיפוי זו שאובה מן האסטרונומיה הבבלית? כך שיערו, כהיפותזה בלבד, ליז בראק־ברנסן והרמן הונגר.[31] אבל טקסט המתאר את שיטת השערים בכתב היתדות אינו קיים, ועד שלא יימצאו ממצאים חדשים, יש להניח שזה חידוש שנוצר ביהודה, אולי בידי בעלי ספר חנוך, שכן ספר חנוך הוא הטקסט היחיד הידוע לנו המציג תאוריה זו.

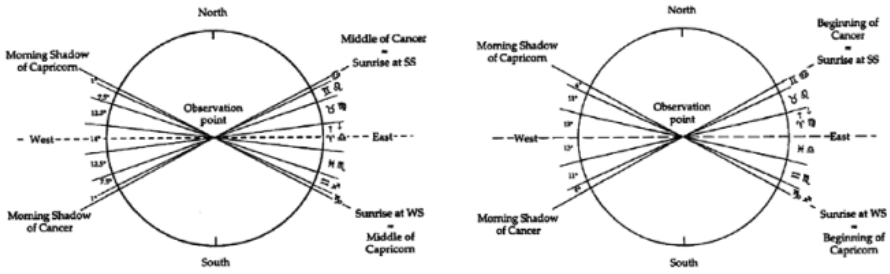
אף על פי כן טען בזיל לוריא, בהתבסס על ההיפותזה של בראק־ברנסן והונגר, כי מחברי ספר המאורות לא חידשו דבר משלהם, ושהם שאבו את שיטת השערים עצמה מן המדע הבבלי. על מנת לחזק את טענתו הוסיף שגם המושג שערי השמים עצמו נזכר בכתבים בבליים, ושהמדע המופיע בספר חנוך אינו מפותח ביחס למדע הבבלי בן זמנו, ועל כן לא ייתכן כי השיטה המורכבת של השערים פותחה דווקא ביהודה.[32] לדעתי טענתו מניחה את המבוקש. כאמור המונח שערי השמים נזכר אך ורק בכתבים מיתולוגיים וליטורגיים ממסופוטמיה ולא בכתבים מדעיים.[33] מונח זה נזכר גם במקורות עבריים כאמור לעיל, ומחברי ספר המאורות לא נזקקו דווקא לתרבות הבבלית כדי לאמצו. לעומת זאת תאוריות שערים מופיעות בספרות חנוך הקדומה מספר פעמים, בצורות שונות (לג–לו, עב–עו), וניכר כי רעיון זה פותח ושוכלל בחוגים שבקרבם נוצרה ספרות זו. השערים, שאמנם היו קיימים כבר קודם לכן כמושג במרחב של ארץ ישראל ומסופוטמיה, לא פותחו עד אז לכדי תאוריה מדעית משוכללת. ספר המאורות השתמש בשערים לא כדימוי בלבד, אלא ניסה לברר את מקומם המדויק ואת תפקידם. השערים הפכו בספר המאורות לתאוריה מורכבת, המסבירה מספר תופעות טבע: את נטייתם של השמש והירח, את מהלך הכוכבים, את הגעתן של הרוחות שנושאות עמן תופעות מטאורולוגיות שונות, ואת היעלמותם של המאורות בזמנים מסוימים. מחברי ספר המאורות הוסיפו על מיקומם המדויק של המאורות דגם קוסמולוגי של השמים והארץ ושל היחסים ביניהם. כאמור תיאור מפורט של קשתות על האופק ושל מעבר המאורות דרכן אינו מוכר כלל ממסופוטמיה. טענתו של לוריא

מדויק יותר. אולם אף שמערכת השערים מבוססת על שיטת גלגל המזלות, אין ראיות שמחברי ספר חנוך הכירו את הכתבים הללו מעבר להיכרות כללית של רעיון גלגל המזלות.

31 בראק־ברנסן והונגר העלו את ההיפותזה שבאסטרונומיה הבבלית סימני גלגל המזלות היו לא רק קשתות לאורך קו המַלְקָה, אלא גם קשתות על האופק בדומה לשערים הנזכרים בספר חנוך. ראו: בראק־ברנסן והונגר, גלגל המזלות הבבלי (לעיל הערה 5), עמ' 283–285. הם הודו שיש בהיפותזה שלהם מספר בעיות, וכן שלא הייתה לבבלים היכולת המתמטית לחשב את גלגל המזלות השמימי מתוך המקטעים האלה על האופק ללא גאומטריה כדורית. אולם במאמר מאוחר יותר טענה בראק־ברנסן כי גלגל המזלות התפתח במסופוטמיה מן הקשתות על האופק. ראו: L. Brack-Bernsen, 'The Path of the Moon, the Rising Points of the Sun, and the Oblique Great Circle on the Celestial Sphere'. בראק־ברנסן והונגר גם התלבטו אם ימי ההיפוך מתרחשים כאשר השמש נמצאת בתחילת כל מזל או באמצעו, התלבטות המשפיעה על גודלו הצפוי של כל שער (ראו איור 3). יש לציין כי הם עצמם הגדירו את הצעתם כהיפותזה בלבד, ולמעשה אין בידינו טקסט בכתב היתדות המתאר את המקטעים הללו על פני האופק. הטקסט היחיד שהגיע לידינו המתאר אותם הוא ספר חנוך. כמו כן לא הגיע לידינו תיאור מסופוטמי מפורט של מהלך השמש והירח או של הכוכבים דרך השערים או דרך מקטעים אחרים על פני האופק.

32 B. Lourie, 'Between Babylonia and Ethiopia: Some Thoughts about a Recent Book on the Qumranic Calendars (Jonathan Ben-Dov, *Head of All Years: Astronomy and Calendars at Qumran and Their Ancient Context*)', *Scrinium*, 6 (2010), p. 428

33 היימפל, השמש בלילה (לעיל הערה 2).



איור 3: השלכת גלגל המזלות על האופק
(בראק־ברנסן והונגר [לעיל הערה 5], עמ' 284–286)

שתאוריה משוכללת לא יכלה להיווצר בפריפריה של יהודה, הרחק מן המרכזים האינטלקטואליים המסופוטמיים, אינה הכרחית. יוצרים מחוננים וחריגים פועלים גם במקומות מפותחים פחות, במיוחד כאשר הם נחשפים לתרבויות שסביבם.

לשיטת המיפוי החדשה היו יתרונות רבים עבור מחברי ספר המאורות, הן מן ההיבט התאולוגי והן מן ההיבט המדעי. מן ההיבט התאולוגי, הבבלים ראו בכוכבים ובקבוצות הכוכבים אלים, ושיטת השערים אפשרה למחברי ספר המאורות למפות את המרחב באמצעות מספרים במקום להשתמש בשמות אלים. בדומה לכך הם השתמשו במספרים לציון החודשים, כברוב ספרי המקרא, ולא בשמות החודשים הבבליים.[34] מן ההיבט המדעי, השימוש בשערים כאמצעי מדידה אִפשר למחברי ספר חנוך למקם ביתר דיוק את מקום זריחתה של השמש על פני האופק. לעומת זאת הקואורדינטות האופקיות המסופוטמיות, בגלל האופי הכללי של מערכת הצירים, יכלו לתת רק ארבע נקודות ציון: ימי השוויון האביבי והסתווי וימי ההיפוך הקיצי והחורפי. היחס בין אורך הימים לאורך הלילות בימי ההיפוך בשתי התרבויות נקבע באופן סכמטי כ־1:2.[35] אולם שיטת השערים אפשרה למחברי ספר המאורות לציין את השינוי במיקומה הנצפה של השמש בזריחה ובשקיעה מדי חודש בחודשו, ולפרט את השינוי החודשי באורך הימים והלילות.[36] נוסף על כך השיטה האופקית נוחה לשימוש יותר מזו השמימית. ההבדלים

34 דוגמאות לזיהוי בבלי בין מעלות על גלגל המזלות לבין תאריכים בלוח השנה האידאלית של 360 יום, ואף לשימוש במספרים במקום בשמות החודשים ראו: L. Brack-Bernsen and J. M. Steele, 'Babylonian Mathemagics: Two Mathematical Astronomical-Astrological Texts', C. Burnett et al. (ed.), *Studies in the History of the Exact Sciences in Honor of David Pingree*, Leiden and Boston 2004, pp. 95–125

35 רעיונות דומים ראו: פרקי דר' אליעזר ו (*Pirke de-Rabbi Elieser*, ed. and trans. D. Börner-Klein, Berlin 2004, pp. 51–55). גם שם מתוארת תנועת השמש – בהקשר של חלונות השמש – לאורך הציר צפון–דרום בהתאם להתארכות ולהתקצרות של הימים והלילות. וגם שם יש חלוקה של השנה לארבעה חלקים, והשערים המציינים את מעברי העונות נקראים בשמות כוכבים בדומה לחנוך פב.

36 נוסף על ההיבט התאולוגי והמדעי, הפירוט החודשי של מיקום השמש חשוב לצורך עיגון הלוח בן 364 הימים שדגלו בו מחברי ספר המאורות; הם התנגדו ללוח הסכמטי בן 360 הימים שהיה נהוג בכתבים הבבליים העתיקים ובמידה מועטה גם בכתבים עבריים וארמיים כדוגמת המגילה האסטרולוגית 4Q318. על הלוח בן 360 הימים בכתבים

בין נטייתה של השמש בקיץ ובחורף ניכרים בעיקר בזמני הזריחה והשקיעה. בקו הרוחב שנמצאת בו ארץ ישראל השמש נוטה דרומה בשעות הצהריים גם בקיץ וגם בחורף, ולכן התופעה הזאת מורגשת פחות במהלך היום, ונדרש דיוק גבוה יותר על מנת למפות את ההבדלים בין מיקומה הנצפה של השמש בעונות השונות במרומי השמים.[37] השיטה האופקית גם אסתטית יותר במידה מסוימת, כי הסימטרייה בין הצפון לדרום קיימת רק לאורך האופק.[38]

דרכי הפיתוח של דגם השערים

אין לנו מידע על תהליך הפיתוח של הדגם בספר חנוך. ניתן להעלות על הדעת מספר דרכים: מדידת הצל באמצעות מכשירים (כגון שעון שמש); תצפיות ישירות; השלכה של גלגל המזלות על האופק כפיתוח של דגם מסופוטמי, אולי פיתוח ייחודי (של מחברי ספר חנוך?). מובן שייתכן גם שילוב של מספר שיטות, לדוגמה הרצון להשליך את גלגל המזלות על האופק הוביל לעריכת תצפיות ומדידות, או ההבחנה בתופעת הטבע במציאות הובילה לחיפוש אחר דגם בבלי מקביל.

ערכה המדעי של תאוריית השערים

בהנחה שאכן ניתן לכנות את תאוריית השערים מדע, לפי הגדרתו של פיליפ אלכסנדר,[39] האם יש בה

העבריים והארמיים ראו: M. Albani, 'Der Zodiakos in 4Q318 und die Henoch-Astronomie', *Mitteilungen und Beiträge der Forschungsstelle Judentum*, 7 (1993), pp. 27–32. ספר המאורות דורש לכלול ארבעה ימים נוספים, שהם חלק אינטגרלי הן מן השנה והן מן החודש השלישי בכל רבע שנה, שצריך להיות בן 31 יום ולא 30. חודשים בני 31 יום אינם ידועים מן הספרות המסופוטמית. מחברי ספר המאורות בחרו לכלול חודשים ארוכים על מנת לבסס את ארבעת הימים הנוספים בתוך המערכת האסטרונומית – לעומת לוח השנה המצרי, שנוספו בו בסוף השנה חמישה ימים אך הם לא נקשרו לחודשים מסוימים – לכן היה עליהם לפרט ביתר דיוק את מהלך השמש והירח, כך שיתייחס לחודשים ולא רק לעונות.

37 בארץ ישראל המרחק בין נטייתה של השמש על האופק בזמני הזריחה והשקיעה בין יום ההיפוך הקיצי ליום ההיפוך החורפי הוא כ־60 מעלות, ואילו באמצע היום ההבדל בין גובה השמש במרומי הרקיע בימים אלה הוא כ־45 מעלות. אמנם העובדה שהשמש נמוכה יותר בשמים בחורף נראית לעיני כול, אך קשה למדוד את התופעה בצורה מדויקת בהיעדר נקודות ציון קבועות בשמים. גם מדידה באמצעות שעון שמש קשה בצהריים, מפני שאורך הצללים קצר במיוחד.

38 לוריא העלה הסבר אפשרי נוסף לצורך בהשלכת גלגל המזלות על פני האופק. לטענתו הקוסמולוגיה של ספר המאורות דרשה את ההשלכה הזאת, מכיוון שקו המַלְקָה, שעליו יושב גלגל המזלות, הוא על פי הגדרתו השלכה של מסלולה השנתי של השמש על הכדור השמימי של כוכבי הלכת. ראו: לוריא, בין בבל לאתיופיה (לעיל הערה 32), עמ' 426–427. אולם מבנה היקום על פי ספר חנוך אינו מכיר עולם כדורי, והספֵרה השמימית כלל אינה קיימת בו; הכוכבים אינם מקובעים לכדור מסתובב או לכיפה הנעה כאחד, אלא נעים כולם בעצמם במסלול שמימי ממזרח למערב. הדבר מתיישב עם הבנתנו את מבנה היקום כמבנה שהשמים הם תקרתו. ראו: רצון, תפישת מבנה היקום (לעיל הערת כוכבית), עמ' 197–206. ייתכן מאוד שעולם המושגים הקוסמולוגי של גלגל המזלות היה זר למחברי הספר. ומכל מקום התאוריה של לוריא אינה מתיישבת עם העובדה שגלגל המזלות התפתח במסופוטמיה עצמה, ושגם שם לא מילא הכדור שום תפקיד קוסמולוגי.

39 אלכסנדר נדרש לשאלה היסודית אם ניתן להגדיר איזה מן הטקסטים היהודיים העתיקים כמדע. הוא זנח את

תרומה עצמאית כלשהי לידע של תקופתה? האם היא מדגימה חשיבה מורכבת ושיטתית? לשאלה אם תאוריה זו נכונה או אמִתית, כלומר אם היא הובילה אל המדע המודרני, אין מקום בהערכה זו, שכן היא אנכרוניסטית ושופטת את העבר מנקודת המבט של ההווה.[40] אנסה להעריך את התאוריה מתוך עצמה וביחס לתקופתה.

כאמור הדעה הרווחת במחקר ספר חנוך היא שיש בו לא יותר מאשר תרגום של ידע מסופוטמי פרימיטיווי.[41] אולם בעקבות הניתוח במאמר זה נראה בעיניי שראוי לשנות הערכה זו. מסתבר שמחברי ספר המאורות היו מודעים לכתבים מסופוטמיים מוקדמים ואף למושגים שהתחילו רווחים במסופוטמיה בתקופת חיבור ספר המאורות או קצת קודם לכן, כגון גלגל המזלות, שבו עסק מאמר זה.[42] אולם על אף היכרותם עם מושגים אלה הם לא העתיקו אותם באופן פשוט. תאוריית השערים שבספר חנוך ממפה את האופק באופן מפורט יותר מנתיבי השמים של אֶאַה, אַנוּ ואֶנְלִל. היא השלכה של גלגל המזלות על האופק, אם באמצעים תאורטיים ואם באמצעות תצפיות או מדידות. השימוש המפורט בתאוריית השערים להסבר מהלך תנועתם של השמש והירח לא נמצא בכתב היתדות, ודוגמה יחידה לכך הגיעה לידינו מספר חנוך. תאוריית השערים היא מבסיסי המחשבה של המחברים השונים של ספר המאורות וכן של ספר העירים, ושימשה אותם להסבר מספר תופעות טבע בדגם קוסמולוגי אחד, גם אם פרטיו התגוונו מתיאור לתיאור. כך נוסף על תנועת השמש והירח ספר המאורות מסביר, באמצעות תאוריית השערים, את מהלך הכוכבים ותופעות מטאורולוגיות שונות, ומתאר באמצעותה את צורת הרקיע, את האופן שבו הוא מונח על הארץ ואת הקשר בין שמים לארץ. אמנם תאוריה זו אינה נכונה על פי הידוע לנו היום, ולא הובילה אל המדע המודרני, אבל יש לראות בה שיטה מדעית יצירתית, מקורית ומורכבת.

הדיון הפילוסופי בשאלה מהו מדע ועסק בנושא כהיסטוריון. הוא הציב שלושה קריטריונים להגדרת טקסט העוסק באופן שבו העולם מתנהל, כמדע: קיימת בטקסט הנחה מובלעת או מפורשת שיש לטבע חוקיות הניתנת להבנה על ידי המוח האנושי; קיים בו ניסיון להציג דגם רציונלי של העולם הפיזי באמצעות כללים מעטים; בניסיון הזה מעורבות תצפיות. על בסיס הקריטריונים הללו הוא הגיע למסקנה שאפשר בהחלט לראות בתאוריה שבספר המאורות בדבר מהלך גרמי השמים, מדע. ראו P. Alexander, 'Enoch and the Beginning of Jewish Interest in Natural Science', C. Hempel, A. Lange, H. Lichtenberger (eds.), *The Wisdom Texts from Qumran and the Development of Sapiential Thought* (Bibliotheca Ephemeridum Theologicarum Lovaniensium, 159), Leuven–Paris–Sterling, VA, 2002, pp. 224, 231.

40 כשל זה מכונה במחקר כשל ההיסטוריה הוויגית. בטרפילד טבע מונח זה בקשר לתיאור ההיסטוריה כמאבק מתמיד בין ליברלים לשמרנים, והכליל אותו לתיאור של העבר מנקודת המבט של ההווה. ראו: H. Butterfield, *The Whig Interpretation of History*, London 1931. בטרפילד השליך את המונח גם על ההיסטוריה של המדע. ראו: idem., *The Origin of Modern Science*, New York 1957.

41 אולם ראו: A. Y. Reed, 'Was There Science in Ancient Judaism? Historical and Cross-Cultural Reflections on "Religion" and "Science"', *Studies in Religion*, 36 (2007), p. 467. לדברי רייד גם אם רעיונות מסוימים לקוחים מן המדע המסופוטמי, אין משמעות הדבר שאי אפשר לכנות אותם בהקשר היהודי מדע יהודי. היא הסתמכה בכך על טענה כללית שלא ניתן להפריד שום תרבות מרשת קשריה הבין־תרבותיים.

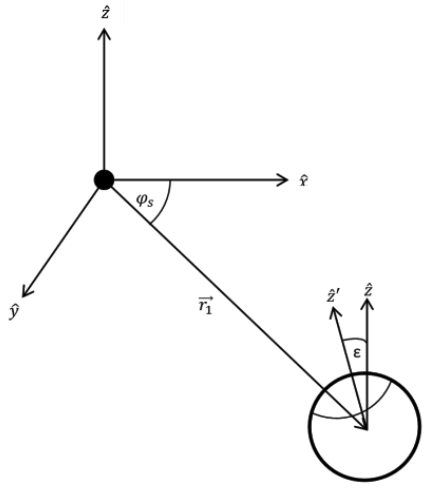
42 מושג נוסף שהתפתח במלואו רק במאה החמישית או הרביעית לפסה"נ במסופוטמיה, ושנראה כי מחברי ספר המאורות היו מודעים לקיומו ואף השתמשו בו, הוא מושג המכונה במחקר השישייה הירחית. ראו: דרוונל, הספר הארמי האסטרונומי (לעיל הערה 6), עמ' 307–310.

נספח

חישוב גודל השערים

אחשב כאן את זווית הנטייה הקיצית בארץ ישראל. בגלל הסימטרייה של התנועה, זווית זו שווה לזווית הנטייה החורפית.

נניח כי השמש עומדת בראשית הצירים. את תנועת כדור הארץ ניתן לחלק לשני סוגי תנועה: תנועה 1 – סביב השמש בזמן מחזור של שנה (כאן נעשה קירוב של תנועה מעגלית) על מישור x–y; תנועה 2 – סביב צירו בזמן מחזור של יום על ציר x'–y' (הקירוב כאן ממש זניח).



אסמן את וקטור המיקום של מרכז כדור הארץ ב־$\vec{r_1}$ ביחס למרכז השמש. מרחק כדור הארץ מהשמש הוא $r_s \approx 1.5 \cdot 10^8 \text{km}$. אציג קירוב של תנועת כדור הארץ סביב השמש לתנועה מעגלית על מישור x-y, כאשר φ_s היא הזוית של כדור הארץ עם ציר ה־x:

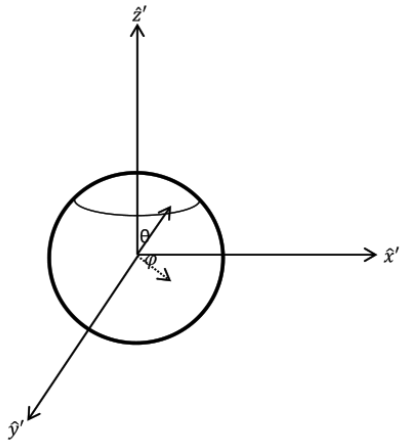
$$\vec{r_1} = r_s(\hat{x}cos\varphi_s + \hat{y}sin\varphi_s)$$

צופה בזריחת השמש עומד בנקודה כלשהי (r_e,θ,φ) על פני כדור הארץ. רדיוס כדור הארץ הוא $r_e \approx 6.4 \cdot 10^3 \text{km}$. צופה בארץ ישראל נמצא בערך בקו רוחב 30^0, כך ש: $\theta=60^0$ ביחס ל־ z′, ו־φ′ היא הזוית של הצופה ביחס לציר x′. ציר כדור הארץ, $\hat{z}'$, נטוי בזוית של כ 23.5 מעלות ביחס לציר z: $\varepsilon=23.5^0$ לכיוון $\hat{x}$— כל הזמן. את משוואות ההמרה בין מערכות הצירים ניתן להציג:

$$\hat{x}' = \hat{x}cos\varepsilon + \hat{z}sin\varepsilon$$

$$\hat{y}' = \hat{y}$$

$$\hat{z}' = \hat{z}cos\varepsilon - \hat{x}sin\varepsilon$$



אותו הצופה עושה תנועה מעגלית במישור 'x'-y על פני הכדור שניתן להציגה כ:

$$\overrightarrow{r_2} = r_e(\hat{x}'sin\theta cos\varphi + \hat{y}'sin\theta sin\varphi + \hat{z}'cos\theta) =$$

$$r_e[\hat{x}(sin\theta cos\varphi cos\varepsilon - cos\theta sin\varepsilon) + \hat{y}sin\theta sin\varphi + \hat{z}(cos\theta cos\varepsilon + sin\varepsilon sin\theta cos\varphi)]$$

כלל תנועתו של צופה על פני כדור הארץ היא חיבור שתי התנועות:

$$\overrightarrow{r_i} = \overrightarrow{r_1} + \overrightarrow{r_2} = r_s(\hat{x}cos\varphi_s + \hat{y}sin\varphi_s) + r_e[\hat{x}(sin\theta cos\varphi cos\varepsilon - cos\theta sin\varepsilon) +$$

$$\hat{y}sin\theta sin\varphi + \hat{z}(cos\theta cos\varepsilon + sin\varepsilon sin\theta cos\varphi)]$$

ביום ההיפוך הקיצי מרכז כדור הארץ נמצא ב: $\overrightarrow{r_1} = r_s\hat{x}$.

בשעת הזריחה הצופה עומד ופניו לשמש. רכיב ה־ x של $\overrightarrow{r_2}$ שווה 0. לכן בזריחה של יום ההיפוך:

$$r_{2x} = 0 = r_e(sin\theta cos\varphi cos\varepsilon - cos\theta sin\varepsilon)$$

$$=> \cos\varphi = \frac{tan\varepsilon}{tan\theta}$$

$$=> \ \varphi \approx 75.5^{\circ}$$

המזרח שנראה בעינינו כקבוע, הוא למעשה המשיק לכיוון הסיבוב של כדור הארץ סביב צירו. על כן בעיני הצופה הוא יראה לכיוון:

$$\widehat{r_E} = -\hat{x}'sin\varphi - \hat{y}'cos\varphi = -\hat{x}sin\varphi\cos\varepsilon - \hat{y}cos\varphi - \hat{z}sin\varphi sin\varepsilon$$

השמש נראית כזורחת בכיוון צפון־מזרח בכיוון של $-\overrightarrow{r_i}$

זוית הנטיה, α, היא הזוית שבין הוקטור מן הצופה אל השמש לבין וקטור המזרח. ניתן למצוא זוית זו באמצעות מכפלה סקלרית:

$$cos\alpha = \frac{-\overrightarrow{r_l}\cdot\overrightarrow{r_E}}{|\overrightarrow{r_l}|} = \frac{r_s sin\varphi cos\varepsilon + r_s cos\varphi sin\theta sin\varphi + r_s sin\varphi sin\varepsilon(cos\theta cos\varepsilon + sin\varepsilon sin\theta cos\varphi)}{\sqrt{r_s^2 + r_s^2 sin^2\varphi sin^2\theta + r_s^2(cos\theta cos\varepsilon + sin\varepsilon sin\,\theta cos\varphi)^2}}$$

לאחר הצבת כל הערכים: $\alpha \approx 27.4^\circ$. וזוהי זוית הנטיה של השמש בימי ההיפוך.
תוצאה זו מדויקת יותר מן התוצאה של נויגבאור (30 מעלות).[1]

1 והיא מאושרת ע"י מקור נוסף: אופק ע', 'זריחה, שקיעה ודמדומים', אסטרופדיה, תל אביב, עודכן לאחרונה ב־29 ביוני 2010: http://astroclub.tau.ac.il/astropedia/%D7%96%D7%A8%D7%99%D7%97%D7%94%2C_%D7%A9%D7%A7%D7%99%D7%A2%D7%94_%D7%95%D7%93%D7%9E%D7%93%D7%95%D7%9E%D7%99%D7%9D. אופק התייחס גם לתופעה של שבירת קרני האור במעבר דרך האטמוספירה, ועל כן התוצאה שלו מדויקת מעט יותר (28.5 מעלות), אולם תופעה זו לא נלקחה כאן בחשבון מכיוון שהיא מסבכת את החישוב, ואינה מבהירה לקורא המשכיל את התופעה האסטרונומית אליה התייחסו ככל הנראה מחברי ספר המאורות.