



הפקולטה למדעי היהדות

לשכת רב

הקמפוס

# דף שבועי

פרשת ויקהל-פקודי, תשס"ו  
מספר 645

מאת המרכז ללימודי יסוד ביהדות  
ע"ש הלנה ופאול שולמן

## המונח 'בקע' לפונקציה 'סינוס' מר"י הישראלי דרך יש"ר מקנדיאה ועד חזון איש\*

מהכתוב בפרשתנו "בְּקַע לְגִלְגָּלֹת, מִחֲצִית הַשֶּׁקֶל בְּשֶׁקֶל הַקֹּדֶשׁ" (לח: כו) מתברר שמשמעות המילה בקע היא 'משקל מחצית השקל'.

שם זה נגזר מן השורש בק"ע שמוכנו (בכניין קל) "חצה (לשני חצאים)<sup>1</sup> שבר, חלק, סדק, חרץ, חתך", כפי שמצינו לדוגמה בפסוק: וַיִּבְקְעוּ הַמַּיִם (שמ' יד: כא).

התוכנים (=אסטרונומים) והמתרגמים היהודים של ימי הביניים, ובראשם רבי יצחק הישראלי (בן המאה ה-14, טולדו, ספרד), תרגמו במילה בקע את השם הערבי ג'יב. במונח זה כינו המדענים הערבים הקדמונים את הפונקציה הטריגונומטרית, הנקראת היום סינוס (=sinus)<sup>2</sup>. מונח זה הושאל מהשפה המתמטית הסנסקריטית, אבל הערבים הבינו אותו במשמעותו בשפתם: 'סדק, חתך (בבגד - לכיס ולהכנסת הראש), כיס של מעות, חיק' ועוד.

בחירת המילה בְּקַע בעברית לפונקציה סינוס הייתה מוצלחת ביותר, כי המונח 'בקע' משמעו שמדובר בחציו של גודל ידוע אחר ובנדוננו: בקטע שהוא חציו של המיתר  $\overline{BE}$  (chord=) הידוע (ראה תרשים בהערה)<sup>3</sup>. בכך מתרגם המונח העברי 'בקע' אל נכון את מובניהם הן של המקור הסנסקריטי (=חצי-מיתר), הן של התרגום (השגוי) הערבי (=חרץ, חתך) והן של המשמעות המתמטית (=שבר) של המילה.

כבר היוונים הקדמונים הכירו את הפונקציות הטריגונומטריות, אבל ביטאו אותן בצורה שונה במקצת מהמקובל בטריגונומטריה המודרנית. הם ערכו לוחות לגודל המיתר  $\overline{BE}$  כפונקציה של הזווית בקדקוד A (ראה תרשים בהערה 3) וקראו לפונקציה זו chord=מיתר. לוחות מעין אלה אפשר לראות בספר האלמנטים לתוכן היווני הגדול תלמי (=Ptolemaeus Claudius) מאלכסנדריה שבמצרים שחובר קרוב לשנת 150 למניין האזרחי. עיון בתרשים מראה

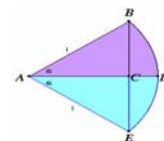
בעליל: בקע  $(BC) =$  מחצית המיתר  $(BE)$

\* מאמר זה יופיע במתכונת מורחבת, עם הצגת הלוחות הנידונים, בכתב-העת המעיין, גיליון פסח, תשס"ו.

<sup>1</sup> מילון אבן שושן, ערך בקע = חצה ועוד משמעויות. ראה שם גם ערך חצה = חילק לשני חלקים שווים.

<sup>2</sup> ראה דיון נרחב וממצה אצל פרופ' גד בן-עמי צרפתי, מונחי המתמטיקה בספרות המדעית העברית של ימי-הביניים, ירושלים

<sup>3</sup> תשכ"ט, סעיף 152, עמ' 107-108 וסעיף 273, עמ' 218-220.



התוכן הערבי אל-בתאני שהשפיע רבות על הרמב"ם ערך קרוב לשנת ד'תר"מ (880) את לוח הסינוסים=הבקעים הקדום ביותר שבידינו, וקרא את הפונקציה החדשה כשמה בסנסקריטית, כפי שכבר הוסבר לעיל.

תוכנים, מתמטיקאים ולמדנים יהודים רבים ערכו לוחות סינוסים וקראו להם **לוחות בקעים**, כגון היש"ר מקנדיאה,<sup>4</sup> בספרו **ספר אילם - גבורות ד'**,<sup>5</sup> ובדורות האחרונים – ה"חזון איש", בחיבורו **קונטרס על קידוש החודש**.<sup>6</sup> לוחות הסינוס הישנים נערכו לרוב לפני הנהגת הצגת הסינוסים כשברים עשרוניים, ולכן ערכי הסינוסים עם 5 מקומות אחרי הנקודה העשרונית, מוכפלים בהם ב-100.000, והם מוצגים כמספרים שלמים. כך הדבר בלוחו של יש"ר מקנדיאה וכך גם בזה של ה"חזון איש", שהעתיק את לוחו בעיקר מלוח זה.<sup>7</sup>

תקלה מצערת קרתה בלוח הבקעים של ה"חזון איש": הוא הועתק ממהדורה רשלנית של **ספר אילם**, וכרבע (!) מהערכים בו היו משובשים.<sup>8</sup> כך הוא מופץ עד היום הזה במהדורות אחדות של כתבי ה"חזון איש".

**גדולים חקרי לב על שום מה לא העתיק ה"חזון איש" את הסינוסים מלוחות עדכניים שהיו נפוצים ביותר גם בזמנו,**<sup>9</sup> והעדיף להעתיקם מספר בן 300 שנה שערכי הסינוס שבו לא היו מדויקים, במושגי הדיוק של זמנו, אף במהדורה המקורית, התקינה בדרך כלל, קל וחומר שלא היו מדויקים במהדורה המשובשת שהייתה תחת ידו. יש חידוש בעצם העובדה שה"חזון איש" לא היסס להביא בספר תורני כשלו את לוח הבקעים וחישובים אחרים בספרות הלועזית המודרנית הנהוגות, כפי שעשה לפניו גם יש"ר!

לאחרונה הדפיס הרב חיים קנייבסקי שליט"א,<sup>10</sup> בחיבורו **שקל הקדש** את לוח הבקעים במתכונת הלוח שהביא ה"חזון איש", אך במהדורה מתוקנת וללא שגיאות.

אינג' יעקב לוינגר  
תל-אביב

<sup>4</sup> הרב יוסף שלמה רופא, דלמדיגו (Delmedigo; 1591-1655), יליד האי כַּתֵּים שביוון, בין היתר תלמידו (בגיל 15!) באסטרונומיה ומתמטיקה של התוכן הגדול גלילאו (Galileo Galilei; 1564-1642) באוניברסיטת פדוואה (Padova, Padua) באיטליה. מצבתו עומדת עד היום בבית העלמין היהודי הישן שבפראג, שבה נפטר.

<sup>5</sup> מהדורה ראשונה: אמשטרדם ה'שפ"ט (1629), בדפוס מנשה בן ישראל. **לוח הבקעים**, עמ' קצא. הערכים: בקע 46, 79, 86 שגויים, בנוסף לכ-20 שגיאות עיגול. ס"ה כ-23 שגיאות. מנקודת ראותנו העכשווית, החיסרון המשותף לכל הלוחות הקדמונים הוא שלא התחשבו עדיין בכללי העיגול הנהוגים בזמננו, ולכן שגיאות עיגול בהם אינן בגדר טעות אמיתית. השם **אילם** ניתן ע"פ הפסוק (שמו' טו: כז) "וַיִּבְאוּ אֵילָמָה וְשֵׁם שְׁתַּיִם עֶשְׂרָה צֵינֹת מַיִם וְשִׁבְעִים תְּמָרִים וַיִּחַנּוּ שָׁם עַל הַמַּיִם". הספר נפתח בשתיים עשרה שאלות עמוקות, הלוא הן שתיים עשרה עינות המים. בעקבותיהן באות שבעים שאלות ממוקדות יותר, בעלות אופי פרדוקסלי, הלוא הן שבעים התמרים.

<sup>6</sup> **קולין**, הרב אברהם ישעיהו, וילנא-בני-ברק, תרל"ח-תשי"ג (1878-1953), **קונטרס על קדוש החודש**, מתוך: חזון איש, **יורה דעה, הלכות עבודה זרה, ליקוטים**, סימן מא, ירושלים תשי"א, והחל ממהדורת חז"א תשל"ג, **אורח חיים**, סימן קטו. הועתק, בין היתר, לאוסף **פועל זה**, כרך ג'.

<sup>7</sup> את לוח הבקעים העתיקו עוזריו של ה"חזון איש" מספר **אילם**, (ראה הערה הבאה), או אולי מזו של אמשטרדם.

<sup>8</sup> **ספר אילם**, מהדורת אדעסא, תרכ"ד-כ"ח. לוח הבקעים, עמ' 350. הערכים: בקע 11, 46, 79, 86 שגויים, זאת נוסף על כ-20 שגיאות עיגול בספרה האחרונה כפי שהן מופיעות כבר במהדורה הראשונה של הספר, ס"ה כ-24 שגיאות מתוך 92 ערכים בלוח. שלוש שגיאות (בבקעים 46, 79, 86) הועתקו מהמהדורה הראשונה, ושגיאה אחת (בבקע 11) התחדשה במהדורת אדעסא. מתוך 24 השגיאות כאן, הועתקו **ללוח חזון איש** 22, מתוכן 20 שגיאות עיגול בספרה האחרונה ו-2 נוספות (בבקעים 46, 79) שלא נתגלו בידי מגיחי ספרו של החזון איש.

<sup>9</sup> החזון איש הבחין כנראה באי-דיוקים וסתירות בין הלוחות הישנים וכתב **בקונטרס על קידוש החודש**, סימן יז: ...ונראה דאין לוח הבקעים נשתנה [בעבר-י"ל] בין חכמי המדות, מפני שאינו בדקדוק, היינו עושי הלוחות לא דקדוק בעבר בחישוביהם ולכן הערכים שבלוחות הישנים אינם זהים. אין לייחס ל"חזון איש" את המחשבה שקיימת במדע מחלוקת על ערכי הסינוס, כפי שעולה מדבריו של אברהם קלונימוס (קלמן) קליקשטיין בהשגתו על חזון איש, **הערות מתמטיות על הלכות קידוש החודש**, ניו-יורק תשל"ח, עמ' 72-73 (ג-ד), הנובעים מאי-הבנת דברי החזון איש.

<sup>10</sup> שי"ח (=קנייבסקי, הרב יוסף חיים), **שקל הקדוש - והוא פירוש וביאור על ספר משנה תורה להרמב"ם ז"ל**, בני ברק תשנ"ז. לוח הבקעים שם בעמוד ככד. המחבר הוא אחיינו של החזון איש.