

קו האורך*

סיפורו האמיתי של הגאון הבודד שפתר את הבעיה המדעית הגדולה ביותר של זמנו

מאת: דווה סובל, תרגום מאנגלית: נילי לנדסברגר, עריכה מדעית: ד"ר יואב יאיר, כתר הוצאה לאור, 1998
חנה גולדרינג, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות

בגרניץ' (Greenwich) שבלונדון. קביעת קו האורך של מקומה של אונייה היא מסובכת יותר, והיותה את אחת הבעיות הקשות ביותר של הימים ההם. גם רבי חובל מיומנים מאוד טעו בדרכם בגלל בעיית קו האורך. אחד האירועים המזעזעים ביותר הוא המקרה של האדמירל הבריטי Sir Cloudisley Shovell. ב-22 באוקטובר 1707 הוא היה בדרכו חזרה לבריטניה, אחרי ניצחון ימי מזהיר, בראש צי של ארבע אניות בהן כאלפיים מלחים. בגלל טעות בניווט עלו אניות הצי על שרטון, בקרבת איי סילי (Scilly). מאלפיים המלחים והלוחמים נותרו בחיים רק שניים, אחד מהם האדמירל עצמו, שנשחפו אל החוף. שם נרצח האדמירל על ידי אישה שחשקה בטבעת היקרה שענד.

לאחר גילוי אמריקה התחילו ארצות אירופה לעסוק במסחר, בחיפוש אחרי טריטוריות חדשות, וגם במלחמות - כל אלה בדרך היס. עד אז שטו בעיקר בים התיכון לאורך החופים, דבר שהקל על ההתמצאות. אולם כדי להתמצא בים הפתוח, הרחק מחוף כלשהו, לדוגמא באוקיינוס האטלנטי, יש צורך בקביעת שתי קואורדינטות, והן קו האורך וקו הרוחב. כבר בשנת 150 לספירה סרטט האסטרונום תלמי את קווי האורך וקווי הרוחב באטלס שלו. קו הרוחב אפס נקבע באופן טבעי (לאורך קו המשווה). כל מלח פשוט יודע לקבוע את קו הרוחב בו הוא נמצא לפי אורך היום או לפי גובה השמש מעל האופק בצוהריים. אולם מיקומו של קו האורך אפס הוא שרירותי, והוזהו במשך השנים פעמים רבות, עד שלבסוף נקבע מיקומו

*Dava Sobel: Longitude - The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time, Walker and Company, New York, 1995.

יוצאי דופן. הוא הקדיש את חייו לנושא זה והצליח לבצע משימה שאפילו ניוטון חשבה לבלתי אפשרית. הוא בנה שעון אחר שעון, כל אחד מדויק יותר, וגם קטן יותר מקודמו. משקלו של הראשון, H-1, היה כ-34 ק"ג, והוא היה נתון בקופסה שממדיה 1.2 x 1.2 x 1.2 מ', ואילו משקל האחרון, H-4, היה כ-1.4 ק"ג, וקוטרו כ-12 ס"מ בלבד!

המצאות רבות המציא כדי להתאים את שעונו לדרישות המחמירות שהציבה ועדת הפרס; ביניהן הדו-מתכת (bimetal), מסב כדורי ומערכת קפיצים ייחודית. שלושת השעונים הראשונים פעלו ללא סיכה. האחרון, מפאת ממדיו הקטנים, נזקק לסיכה. הוא היה גולת הכותרת של שעוני הריסון: בהפלגה שנמשכה 81 יום הוא פיגר ב-5 שניות בלבד!

מכשולים רבים הוצבו בדרכו של הריסון, שכן איש לא האמין ששעון הוא הפתרון לבעיית קו האורך. אחד מאויביו המושבעים, אולי החשוב שבהם, היה הכומר נביל מסקליין (Nevil Maskelyne), ששימש כאסטרונום המלכותי, שהתעמר בהריסון בצורה קשה. ועדת הפרס שמסקליין נמנה על חבריה החשובים, שינתה את חוקי התחרות בכל פעם שמצאה לנכון, כדי שהריסון לא יזכה בפרס. הועדה נטתה להעניק את הפרס לאסטרונומים, שניסו לפתור את הבעיה בעזרת טבלאות בהן צוינו הקואורדינטות של כוכבים וכוכבי לכת רבים. שיטה זאת אומנם עובדת עקרונית, אך היא מצריכה צפייה בכוכבים, דבר שלא תמיד אפשרי בגלל תנאי מזג אוויר בלתי מתאימים. כמו כן דורש השימוש בטבלאות מיומנות רבה, שלא הייתה נחלתם של כל יורדי הים.

לבסוף, בהתערבות המלך ג'ורג' השלישי, זכה הריסון, שהיה אז כבר בן שמונים, בפרס במלואו, ולכבוד לו הוא היה ראוי. כיום אפשר לראות את השעונים במוזיאון הימי הלאומי בגרניץ'. מומלץ לכל המזדמן ללונדון לעלות לרגל למוזיאון זה, הנמצא במרחק של כ-20 דקות נסיעה ברכבת ממרכז לונדון. ביקור בגלריית הריסון במוזיאון הימי מהווה השלמה יפה לכל מי שקרא את הספר. הספר מומלץ בחום למורים ולתלמידים כאחת.

כתוצאה מאסון זה ורבים, רבים אחרים, חוקק בית הנבחרים הבריטי, ב-1714, חוק מיוחד, חוק קו האורך. החוק קבע פרס של 20000 ליש"ט, סכום שהוא ערך היום למיליוני דולרים, לאדם שימציא "שיטה מעשית ושימושית" לקביעת קו האורך.

הדעה הרווחת בקרב המדענים והאסטרונומים בזמן ההוא הייתה שהפתרון לבעיה יהיה בעזרת רישום הקואורדינטות של הירח, כוכבי לכת וכוכבים בטבלאות מפורטות.

שיטה אחרת שהוצעה שהוצעו כבר ב-1530 על ידי הפלמי גימה פריזיוס (Gemma Frisius) היא באמצעות שעונים. אם יודעים את השעה בנמל האם ואת השעה באותה עת במקום אחר (בלב ים לדוגמה), יכולים לקבוע על איזה קו אורך נמצאים.

כדור הארץ עושה סיבוב שלם על צירו במשך 24 שעות; כלומר בשעה אחת הוא מסתובב ב-15°. ההפרש של שעה פירושו אפוא התקדמות של 15° מזרחה או מערבה. על קו המשווה 15° שוות ערך ל-1670 ק"מ. 1° שוות ערך ל-4 דקות זמן בכל מקום על פני כדור הארץ, אך 1° על קו המשווה היא כ-111 ק"מ, בעוד שעל הקטבים המרחק של 1° מצטמק לאפס.

כמובן ששעון מטוטלת (שהומצא על ידי גלילאו כמאה שנה לפני שחוק קו האורך נכנס לתוקפו) אינו מתאים למדידת זמן מדויקת במידה מספקת לצורך קביעת קו אורך. שעון הנמצא על סיפון אונייה עובר טלטלות רבות, והוא נתון לשינויי טמפרטורה קיצוניים הגורמים להתכווצות או התפשטות של חלקי המתכת מהם הוא מורכב, ומשפיעים על צמיגות שמן הסיכה. כל אלה גורמים לשעון למהר או לפגר. גם שעון בו הוחלפה המטוטלת בקפיץ לא יהיה אמין בתנאים השוררים על אונייה בלב ים.

הספר "קו האורך" מספר את תולדות חייו של השען הבריטי ג'ון הריסון (John Harrison), חלוץ המדע של מדידת הזמן בדיוק סביר לקביעת קו האורך בלב ים, באמצעות שעונים נישאים. הריסון היה נגר ושען ללא השכלה פורמלית כלשהי, אבל בעל אינטליגנציה, יצירתיות וכושר אלתור ותבונת כפיים

