

אייזק ניוטון: חייו ועולמו של גאון הרוח והמדע

מאת ג'יימס גליק, מאנגלית עמואל לוטם, הוצאת אריה ניר

י. שושני

פרדיגמה חדשה זו הגיעה לשיא פריחתה עם הופעתו של המדען הבריטי אייזק ניוטון (1643-1727).

ניוטון לא עסק רק במתמטיקה ובפיסיקה; הוא התעניין וכתב על מגוון נושאים, למשל אלכימיה, מיסטיקה, כתבי הקודש ובית המקדש. אבל אין ספק שתרומתו העיקרית היתה בפיתוח חוקי היסוד של התנועה וסיביותה, חוק הכבידה העולמי, והחשבון הדיפרנציאלי, שהיו התשתית המתמטית של תורתו.

ניוטון היה ער לכך שללא תגליותיהם של קופרניקוס, קפלר, גלילאו ואחרים, הוא לא היה יכול להגיע לפיתוח התיאוריות שלו, וביטא את הוקרתו להם באמירה: "אם הרחקתי ראות, הרי זה משום שניצבתי על כתפי ענקים" (עמ' 110). ובכל זאת, החוקים שהציע ניוטון היו פורצי דרך, מכיוון שהיו תקפים לא רק לגבי סביבתו הקרובה של האדם, אלא גם הסבירו באופן מפורט ומדויק למדי את מסלוליהם של כוכבי הלכת סביב השמש ואת מסלול הירח סביב כדור הארץ. הפסוק "השמים שמים לה" והארץ נתן לבני אדם" (תהילים קט"ו, טז) קיבל בעקבות תגליותיו משמעות חדשה לחלוטין.

ניוטון, שהיה נוצרי אדוק, "הוריד" את השמים, והפך אותם נגישים למחשבה ולחקירה אנושית; לאל הוא הועיד תפקיד חדש: העברת כוח הכבידה בין גרמי השמים דרך האתר "החצי אלוהי", על כן, כמדומני, היה ניוטון תומך בהמרת הפסוק "מלא כל הארץ כבודו" ל"מלוא כל הארץ כבידתו". גליק מייטיב לתאר בספרו את תהליך התגבשותם של עקרונות המכניקה הניוטונית בפרקים 4, 11 ו-12, הגם שבמקרים אחדים, למשל, בעמ' 49 ו-53, התיאור חורג מיכולת הבנתו של קורא שאינו מצוי בבכי המתמטיקה והפיסיקה.

עניין מיוחד ימצא הקורא בתיאור המחלוקות העמוקות שהיו לניוטון עם הוגי הדעות בני דורו; גליק מתאר בצורה מרתקת, אם כי לא תמיד במידת העומק הראויה, את

אייזק ניוטון הוריד עבור האנושות את השמים, כאשר עשה אותם נגישים למחשבה ולחקירה; אבל האישה ששינה את פני המדע היה גם נוצרי אדוק ועסק במיסטיקה ובאלכימיה.

מה מייחד את היוצרים הגדולים בהיסטוריה? האם גאוניותם מולדת, או שהיא ניתנת לפיתוח ולהעצמה? ואם אכן כך הדבר, מהם הגורמים הסביבתיים שבכוחם לעודד יצירתיות? השאלות האלה, שחשיבותן רבה למחשבה על חינוך והכשרה למדעים ואמנויות בחברה בת-ימינו, עלו על דעתי בזמן הקריאה בספרו של ג'יימס גליק, "אייזק ניוטון: חייו ועולמו של גאון הרוח והמדע". הספר, שמתאר בצורה בהירה ומעניינת את הרקע ההיסטורי והתרבותי שבתוכו צמחה גאוניותו הרבוגנית של ניוטון, יכול וצריך לשמש מצע לדיון בשאלות אלה.

כיצד לתאר את חשיבותו של ניוטון, ומה עשה אותו לאחד מגאוני הרוח והמדע בכל הדורות? במשך יותר מ-1,500 שנה הוגדרה התפיסה השלטת בחקר המציאות הפיסיקלית על ידי ספרי הפיסיקה והמטאפיסיקה של אריסטו. בתפיסה זו, שהסתמכה על חשיבה ספקולטיבית המעוגנת בעקרונות הלוגיקה, ניבעו בקיעים ראשונים במאה ה-15, כאשר חלק מאמיתותיה הופרכו בסדרה של ניסויים ותצפיות. כך, למשל, האמונה בדבר "הפחד מפני הריק" (Horror Vacui) קרסה כשהתברר שבקידוחי בארות עמוקים, שהצורך בהם התגבר עם התעצמות תהליך העיון, המים לא עלו עד לקצה העליון של צינור הקידוח. במאה ה-17 ביצע גלילאו גליליי ניסויים במטוטלת ובגופים מחליקים ומתגלגלים על פני מישורים משופעים, שהפריכו את הטענה האריסטוטלית כי גופים כבדים נופלים מהר יותר מגופים קלים.

מצב עניינים זה עורר את הצורך בפיתוח פרדיגמה חדשה לתיאור העולם, שתהא מנותקת מ"הבלי המטפיסיקה" הספקולטיבית ותסתמך על ניסויים ותצפיות מאוששים;

חילוקי הדעות בין ניוטון לבין רוברט הוק לגבי מהות האור, ואת ויכוחיו עם וילהלם לייבניץ על אופי החלל והזמן. מחלוקת זאת היתה קשורה לחוק השני של המכניקה שהציע ניוטון, שלפיו, כאשר מפעילים על גוף כוח, הוא מאיץ (כלומר מהירותו הולכת וגדלה), וגודל התאוצה פרופורציוני לגודל הכוח. החוק מסתמך על ההנחה שניתן למדוד את התאוצה של הגוף, ומכאן מתעוררת השאלה ביחס למה נמדדת תאוצה זו, מכיוון שאנו זקוקים לחלל ולזמן מוחלטים שביחס אליהם ייקבע גודל התאוצה.

ניוטון האמין כי החלל והזמן הללו הם אופני ההתגלות של האל; "הוא מצוי בכל, לא רק בסגולתו אלא גם במוחשיותו (...). בו מוכלים כל הדברים ובו הם נעים(...). הוא תמיד והוא בכל מקום" (עמ' 120). על כן, החלל והזמן בוודאי אינם יכולים להיות יחסיים למשהו אחר (מעניין להיזכר בהקשר זה כי בעברית אחד מכינויי האל הוא "מקום").

בר הפלוגתא של ניוטון, לייבניץ, כפר באמונה זו, ובהתכתבות ענפה שניהל עם עוזרו של ניוטון, הציע כמה טענות מעניינות כדי לסתור את תפיסת החלל והזמן כמהויות מוחלטות. הדיון במחלוקת חשובה זו בספר מצומצם בהיקפו, ואינו מעמיק דיו בכל הקשור להיבטים הפילוסופיים שלה והשלכותיה על ההתפתחות העתידית של הפיסיקה.

כידוע, עם פיתוח תורת היחסות של אלברט איינשטיין בתחילת המאה העשרים, תורה שאוששה במספר רב של תצפיות וניסויים, התברר כי אין מובן לחלל וזמן מוחלטים, וכי תפיסתו של ניוטון ביחס לאופיים של החלל והזמן היתה מוטעית.

המחלוקת בין ניוטון לבין הוק על אופיו של האור מתוארת בפרק 7 ובפרק 8 בספר בצורה ממצה ורחבה יותר; ניוטון סבר כי קרן האור מורכבת מחלקיקים זעירים הנעים על פי חוקי המכניקה שהציע. על סמך "התורה החלקיקית (קורפוסקולרית)" הזאת, הוא הצליח להסביר את חוקי החזרת האור מראי, את שבירת האור כאשר הוא עובר מתווך שקוף אחד לאחר (למשל במעבר של קרן אור מאוויר למים, שבעטיה עיפרון המוכנס למים נראה לנו שבור), ואת נפיצת קרני האור הלבנות לגוני-הקשת בעוברן דרך מנסרה שקופה.

לעומתו סבר הפיסיקאי האנגלי רוברט הוק, כי האור הוא מעין פעימה, או רטיטה גלית, העוברת דרך האתר השקוף

וחסר המסה הממלא את היקום כולו, אך לא הציע פשר ברור לרטיטה זו; בניגוד לניוטון, הוא טען בעקשנות כי המנסרה מוסיפה צבע לאור העובר דרכה, "כשם שחליל העוגב ומיתר הכינור מוסיפים קול לאוויר" (עמ' 99). בדיעבד התברר, כי הצדק היה עם שניהם; תומס יאנג הבריטי הצליח להראות בסדרה של ניסויים שביצע בשנת 1805, כי שתי קרני אור מתאבכות (מתחברות זו עם זו) בדומה להתאבכות של שני גלי מים סמוכים זה לזה על פני בריכה. מאוחר יותר הצליח ג'יימס קלארק מקסוול לנבא את אופיים של גלים אלה כגלים אלקטרו-מגנטיים. ואולם, עם הולדתה של תורת הקוונטים בתחילת המאה העשרים הגיעו הפיסיקאים למסקנה שקרן האור אכן "מורכבת מפוטונים נעדרי מסה, שבכל אחד מהם אצורה כמות מדודה של אנרגיה, ועל כן ניתן לראותם במובנים מסוימים כעין חלקיקים.

כאמור בראשית הדברים, ספרו של גליק מהווה מקור לא-אכזב לחקר הגורמים שהשפיעו על יצירתו ויצירתיותו של ניוטון; הידע הרב שרכש בקשת כה רחבה של נושאים, התמדתו העיקשת בפיתוח רעיונותיו, עיסוקו בנושאים שנראים זרים לכאורה לחקירתו המדעית (כמו האלכימיה, המיסטיקה וכתבי הקודש), והשילוב המופלא בין הגות טהורה לביצוע דקדקני של ניסויים, כל אלה, לדעת, הם חלק מהגורמים לכך שגאוניותו פורצת-הדרך של ניוטון התאפשרה, ואפשר לזהות אותם גם בביוגרפיות של גאוני רוח אחרים.

לא מפליא אפוא כי ניוטון השאיר רושם כה עז על הדורות שאחריו; "בל ישער שום אדם", אמר איינשטיין בשנת 1919, "כי תיאוריה זו או אחרת אכן יכולה לתפוס את מקום עבודתו הכבירה של ניוטון. רעיונותיו הגדולים והצלולים ישמרו על חשיבותם המיוחדת במינה במשך כל הדורות, כיסודה של כל המסגרת המושגית המודרנית בתחום הפילוסופיה של הטבע" (עמ' 200).

פרופ' יקיר שושני הוא פיסיקאי העוסק ביסודות הפילוסופיים של חקר המציאות וההכרה. מאמר זה הופיע לראשונה במוסך הספרים של "הארץ" ביום 13.06.07.

תהודה