

נתן אביעזר

תאוריית המיתרים, תאוריית המפץ הגדול, הקבלה ובריאאת העולם

באמצעות תאוריית המפץ הגדול ותאוריית המיתרים, הנחשבת היום בעיני המדענים למועמדת בכירה לתואר "תאוריה של הכול", אפשר למצוא הרמוניה בין בריאת העולם לפי המדע לבין בריאת העולם לפי קבלת האר"י. עשר הספירות בקבלה מקבילות לעשרת הממדים המרחביים בתאוריית המיתרים ושבעת הספירות השבורות בקבלה מקבילות לשבעת הממדים המרחביים המצומצמים בתאוריית המיתרים.

בפרסומים קודמים הצגתי באריכות את ההרמוניה בין הגילויים העדכניים של המדע ובין התיאור של מעשה הבריאה בפרק ראשון של ספר בראשית.¹ בעקבות ההרמוניה הזאת מתבקש לבהון תיאור אחר של בריאת העולם, זה המופיע בספרות הקבלה. התיאור של בריאת העולם לפי הקבלה שונה לחלוטין מהתיאור המופיע בספר בראשית, אבל אין פירוש הרבר שקיימת סתירה בין שני תיאורים אלה של בריאת העולם. השוני נעוץ בתיאורים המדגישים היבטים שונים של הבריאה. הנוסח התורני של בריאת העולם הוא הצגה שיטתית של האירועים שהתרחשו במהלך הבריאה (יום ראשון, יום שני, וכו'), ואילו הקבלה מדגישה את תפקידו של הקב"ה בתהליך הבריאה ואת האינטראקציה שלו עם היקום. נראה שגם כאן וגם כאן מתגלה התאמה מרשימה עם גילויים מדעיים חדשניים.

קבלה

תלמידי חכמים רבים מקדישים את כל חייהם לחקר רזי הקבלה. ואולם לצורך הדיון פה די להידרש לאחרים מעיקריה הבסיסיים של קבלת האר"י (הרב יצחק לוריא, שחי במאה ה-16) ותלמידו המובהק הרב חיים ויטל שהציג את רעיונות האר"י בספרו "עץ חיים". ביסוד קבלת האר"י מצויה הקביעה שאיננו יודעים על הקב"ה אלא את מה שהוא רוצה לגלות לנו. כוחו של הבורא מתגלה ומתממש לפי הקבלה באמצעות "עשר ספירות", שהן כעין עשרת הממדים הרוחניים של הקב"ה.

1 ג' אביעזר, בראשית ברא, תל-אביב 1994; אמונה כעידן המדע, תל-אביב 2009.

גרסת הקבלה על בריאת היקום

בספרות הקבלה, הקב"ה נקרא "איין-סוף", דהיינו, בלתי-נודע וללא גבולות. מלכתחילה היה "איין-סוף" קיים לבדו, בלא כל ישות אחרת – לרבות היקום – שתגביל את איין-סופיותו. ומכאן שבריאת היקום וקיומו לא היו בגדר האפשר בטרם ביצע הקב"ה פעולת "צימצום". "צימצום הקב"ה" יצר "מקום" שבתוכו הופיעה קרן אור אלוהי הנקראת "קר", ומאור זה נוצר היקום. לכל אחת מעשר הספירות יש "כלים". הכלים של שלוש הספירות הראשונות היו מסוגלים להכיל את ה"קר" של האור האלוהי שנכנס בתוכם. אולם האור הזה הלך והתחזק והכלים של שבע הספירות הנוספות לא עמדו בו ונשברו בזה אחר זה – אירוע שהאר"י כינה אותו "שבירת הכלים". לפי הקבלה, בעתיד ישובו שבע הספירות השבורות לשלמותן, בתהליך הנקרא "תיקון" שיושג אם בני-אדם יקבלו על עצמם עול תורה ומצוות. אולם בינתיים, היקום הרוחני-האלוהי מורכב משלוש ספירות שלמות ומשבע ספירות שבורות. לאור האמור לעיל, לפי קבלת האר"י, קיימים שלושה עקרונות לגבי היקום: א. היקום התחיל במעשה בריאה; ב. האור האלוהי מילא תפקיד מרכזי בבריאת היקום; ג. היקום הרוחני-האלוהי מורכב משלוש ספירות שלמות ומשבע ספירות שבורות. נבחן כאן איך מתיישבים עקרונות אלו עם המדע המודרני.

גרסת המדע של בריאת העולם

הקוסמולוגיה, ענף המדע העוסק בהתחלתו ובהתהוותו של היקום, צעדה בעשורים האחרונים צעדי ענק, והיום המדענים מסוגלים לחבר היסטוריה כמעט מושלמת של התחלת היקום. תאוריית "המפץ הגדול"², הנשענת על ממצאים מדעיים רבים, מקובלת ללא עוררין ונאמר עליה בכתב-עת יוקרתי שהיא "מסבירה את העובדות המדעיות טוב יותר מכפי שהיה אי-פעם"³. הקביעה המרכזית של תאוריית המפץ הגדול היא שהיקום התחיל במעשה בריאה. מאלף לצטט מדענים מובילים בנושא הבריאה. פרופ' פאול דיראק (Dirac), חתן פרס נובל מאוניברסיטת קיימברידג', כותב:

אין עוד ספק שהבריאה אכן אירעה בזמן מסויים בעבר.⁴

פרופ' סטיבן הוקינג (Hawking), הקוסמולוג המפורסם מאוניברסיטת קיימברידג', כותב:

הבריאה נמצאת מחוץ לתחום הוקי הפיזיקה הירועים.⁵

היום אי-אפשר לקיים דיון בעל ערך מדעי בקוסמולוגיה מבלי שבריאת היקום תתפוס בו

2 ג' סילק, The Big Bang, ניו יורק 1989.

3 ג' מוסר, Scientific American, פברואר 2004, עמ' 30.

4 פא"מ דיראק, Commentarii, 1982, כרך 2, מס' 11, עמ' 15.

5 ס"ז הוקינג, The Large Scale Structure of Space-Time, קיימברידג', 1973, עמ' 364.

מקום מרכזי.

למה מתכוונים הקוסמולוגים בדברם על בריאה (creation)? מה היה הדבר שנברא לבשר את בריאת היקום? המדענים גילו שהיקום התחיל בהופעתו הפתאומית של פרץ אור עצום שהמדענים מכנים "כדור-האור הקדום", אך יש לו שם פופולרי שממנו נובע שם התאוריה – "המפץ הגדול". שרידי כדור-האור הקדום הזה עודם פזורים בכל רחבי היקום (בקרינת מיקרו-גל). הפיזיקאים ארנו פנזיאס (Penzias) ורוברט וילסון (Wilson) שגילו את כדור-האור הקדום, זכו על תגליתם זו בפרס נובל בפיזיקה בשנת 1978.

השוואה בין הקבלה למדע

העיקרון הראשון של גרסת הקבלה לגבי היקום קשור באירוע – הבריאה. היות שתאוריית המפץ הגדול קובעת שהיקום אכן נברא, יש התאמה בין המדע לקבלה בעניין זה. שני העקרונות האחרים של גרסת הקבלה לגבי היקום עוסקים בשתי ישויות – האור הרוחני-אלוהי שדרכו התחיל היקום, ועשר הספירות של הקב"ה. לפי הקבלה, כל ישות הקיימת בעולם הרוחני-אלוהי ("העולם העליון") יורד, בלבוש מתאים, ליקום הפיזי שלנו ("העולם התחתון"). לפיכך נחפש את המקבילות ביקום הפיזי שלנו לאור הרוחני-אלוהי ולעשר הספירות של עולם הקבלה.

קל למצוא מקבילה לאור הרוחני-אלוהי של הקבלה. תאוריית המפץ הגדול גורסת שהיקום התחיל בהופעתו הפתאומית של פרץ אור עצום, הלוא היא המפץ הגדול. לכן, גם המדע וגם הקבלה קובעים שהיקום התחיל בהופעתו של אור.

הצד הקשה בניחות שלנו קשור ליישות האחרת של גרסת הקבלה לגבי היקום – עשר הספירות. מה יכול להיות המקביל הפיזי לעשר הספירות? היות שהספירות כעין "ממדים של הקב"ה", אנו מציעים שהמקבילים שלהם ב"עולם התחתון" הם הממדים המרחביים של היקום. קל להקביל את שלוש הספירות השלמות לשלושת הממדים של המרחב המוכרים לנו, דהיינו, מזרח-מערב, דרום-צפון, מעלה-מטה. אבל איך נבין את המספר הכולל של עשר ספירות? מה המובן של יקום בעל עשרה ממדים? ומה יכול להיות מקביל ל"ספירות השבורות"? האם יש משמעות כלשהי למושג "ממד שבור"?

כוח הכבידה

המפתח להבנת המושג של יקום בעל עשרה ממדים נמצא בכוח הכבידה. במהלך השנים, התאוריה של כוח הכבידה עברה מספר שינויים מרהיקי-לכת:

1. בשנת 1687, התאוריה הראשונה של כוח הכבידה הוצעה על-ידי אייזק ניוטון (Newton), בספרו *Principia*, ללא ספק הספר המדעי החשוב ביותר שנכתב אי-פעם. על-ידי תאוריית כוח הכבידה שלו הצליח ניוטון להסביר את תנועת כוכבי-הלכת והרכה תופעות נוספות,

ובכללן הגאות והשפל של האוקיינוסים.

כוח הכבידה הוא אחד מארבעת הכוחות הקיימים בטבע, לצד הכוח החשמלי (הכוח המגנטי הוא חלק של הכוח החשמלי), ושני כוחות גרעיניים (החלש והחזק) שפועלים רק בתוך גרעין אטומי.

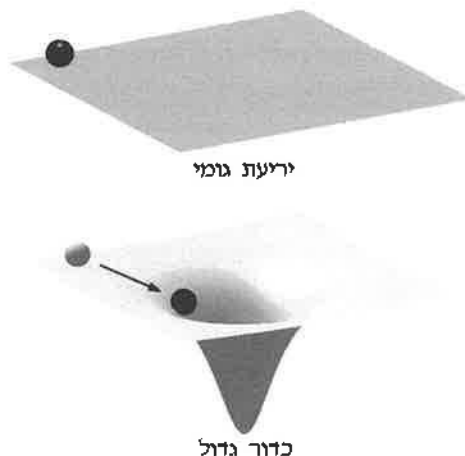
2. בשנת 1905, אלברט איינשטיין (Einstein) הציג את תורת היחסות, שקבעה בין היתר את היחס בין מסה (M) לבין אנרגיה (E), דרך המשוואה המפורסמת שלו $E = Mc^2$, כאשר האות c מסמלת את מהירות האור. תאוריית איינשטיין על תורת היחסות זכתה לאין-ספור תימוכין ואישושים במחקר מדעי ומהווה את אחד העקרונות הבסיסיים של המדע.

כל תאוריה מדעית חייבת לעלות בקנה אחד עם תורת היחסות. תאוריות הכוח החשמלי והכוחות הגרעיניים תואמות את תורת היחסות. אולם, תאוריית ניוטון של כוח הכבידה אינה תואמת את תורת היחסות. איינשטיין הקדיש עשר שנות עבודה לפיתוח תאוריה חדשה של כוח הכבידה **שכן תואמת** את תורת היחסות. בשנת 1915 הציג איינשטיין את התאוריה החדשה שלו של כוח הכבידה, שהוא כינה "תורת היחסות הכללית".

חידושו הגדול של איינשטיין היה בהצגתה של משיכת הכבידה לא ככוח אלא כתופעה הנובעת מעיוות המרחב. דהיינו, משיכת הכבידה אינה דומה כלל למשיכה החשמלית בין שני חלקיקים הנושאים מטענים מנוגדים. משיכת כבידה בין שני חלקיקים נובעת מכך שאחד מהם מעוות את המרחב המקיף אותו והחלקיק האחר מגיב על העיוות הזה ונע בהתאם לכך. מכיוון שאיננו מסוגלים לראות את העיוות של המרחב, נדמה לנו כי בין שני החלקיקים פועל כוח משיכה.

רעיון עיוות המרחב של איינשטיין מודגם באיור 1. בחלק העליון של האיור נראית יריעת גומי מתוחה שעליה מוצב כדור קטן ללא תנועה. בחלק התחתון של האיור נראה מצבה של היריעה לאחר שהונח עליה כדור גדול. הכדור הגדול מעוות את היריעה כאשר מידת העיוות הולכת ופוחתת ככל שמתרחקים ממנו. העיוות עצמו גורם לתנועת הכדור הקטן לעבר שיא העיוות הקיים בקרבת הכדור הגדול. לכן נדמה לנו שהכדור הקטן נמשך אל עבר הכדור הגדול, אבל לאמיתו של דבר, הכדור הקטן נע אך ורק בשל העיוות, ואין שום כוח שפועל בין הכדורים.

איור 1: הכבידה לפי איינשטיין



תאוריות הכבידה שהוצעו על-ידי איינשטיין וניוטון הן שונות לחלוטין. אולם, מסיבות טכניות שלא אפרט כאן, הפרדיקציות של שתי תאוריות אלו הן דומות מאוד – למעשה כל-כך דומות שבמהלך מאתיים שנה, איש לא פקפק בתאוריית ניוטון. אבל כאשר יש הבדל בפרדיקציות שלהן, תמיד תאוריית איינשטיין מתאימה לתצפיות. לכן, תאוריית איינשטיין על משיכת כבידה מקובלת כיום על-ידי כל המדענים.

3. בשנות העשרים של המאה הקודמת פיתחו הפיזיקאים את תורת הקוונטים, שאושרה במהלך הזמן באלפי ניסויים ונעשתה לאחת מאבני-הפינה של המדע. לכן, כל תאוריה חייבת להתאים לתורת הקוונטים. ריצ'רד פיינמן (Feynman) זכה בפרס נובל על פיתוח ררך להתאים את תאוריית הכוח החשמלי והכוחות הגרעיניים לתורת הקוונטים. אולם הניסיון להשתמש בשיטתו למציאת התאמה בין תאוריית איינשטיין לבין תורת הקוונטים נכשל. הסיבה לכישלון זה נעוצה בעובדה שגראביטציה אינה כוח (כמו כוח חשמלי והכוחות הגרעיניים), אלא עיוות המרחב. תכונה זו היא שגורמת לכך שתאוריית איינשטיין של כבידה אינה מתאימה לתורת הקוונטים.

מכיוון שאין מטילים ספק בנכונותה של תורת הקוונטים ואין מטילים ספק בנכונות תאוריית הכבידה של איינשטיין, מתעוררת השאלה מה פשר הסתירה ביניהן? מדוע אי-אפשר לפתח תאוריה של כבידה קוונטית (quantum gravity)?

תאוריית המיתרים

הסתירה בין תורת הקוונטים לתאוריית איינשטיין של כבידה מוצאת את פתרונה באמצעות מסגרת חדשה לתיאור היקום הנקראת "תאוריית המיתרים" (string theory). על-פי תאוריה זו, היישויות הבסיסיות של היקום אינן חלקיקים כמו אלקטרונים, קווארקים, פוטונים ודומיהם אלא מיתרים זעוריים רוטטים, שאנרגיית הרטט שלהם יכולה ללבוש צורה של חלקיק (כאשר המאסה של חלקיק זה נקבעת על-פי המשוואה של איינשטיין $E = Mc^2$).

כל עוד שתאוריית הכבידה של איינשטיין מוצגת במסגרת של תאוריית המיתרים ביקום בעל שלושה ממדים, אין בה כדי לספק תאוריה של כבידה קוונטית. כך גם לגבי כל מרחב שמספר הממדים שלו קטן מעשרה. אבל ביקום עשר-ממדי, תאוריית המיתרים מספקת תאוריה של כבידה קוונטית. ביקום כזה, במסגרת תאוריית המיתרים, קיימת התאמה בין תאוריית הכבידה של איינשטיין ובין תורת הקוונטים. לכן נחשבת תאוריית המיתרים למועמדת בכירה לתואר "תאוריה של הכול" (theory of everything).

לסיכום, אין עוררין לא על תורת איינשטיין של כבידה ולא על תורת הקוונטים. אולם, שתי תאוריות אלו מתאימות זו לזו אך ורק אם היקום הוא בעל עשרה ממדים. היות ששתי תאוריות אלו חייבות להתאים זו לזו, יוצא שהיקום חייב להיות בעל עשרה ממדים.

קביעה זו מיד מעלה שאלות. איך אפשר להתאים יקום בעל עשרה ממדים לניסיון היום-יומי שלנו שהיקום בעל שלושה ממדים בלבד? מה משמעות של שבעת הממדים "החסרים"? מדוע איננו חשים את כל עשרת הממדים של היקום?

תאוריית המיתרים מספקת תשובות לשאלות הללו. שבעת הממדים "החסרים" הם ממדים שמצומצמים (compact) עד-כדי-כך שאי-אפשר לחוש אותם. כל אחד משלושת הממדים הרגילים משתרע על פני תחום אינסופי, אבל שבעת הממדים האחרים משתרעים על פני מרחק קצר ביותר. לפי תאוריית המיתרים, אורך הממד המצומצם הוא מיליארדית של מיליארדית של מיליארדית של רדיוס האטום! אורך זה נקרא "אורך פלנק", לכבודו של חתן פרס נובל מקס פלנק (Planck), אבי תורת הקוונטים. אורך זה זעיר עד-כדי-כך שאין כל אפשרות להבחין בו באופן ישיר בעזרת מכשור כלשהו.

מושג הממד המצומצם מודגם באיור 2. בחלקו העליון של האיור צינור בעל שלושה ממדים: אורכו של הצינור ושטח החתך שלו. בחלקו התחתון מוצג "צינור" דומה אלא ששטח החתך שלו קטן בהרבה, עד-כדי-כך שהצינור נראה כמעין חוט. אם שטח החתך יוקטן עוד יותר, נתקשה להבחין בשני הממדים שלו ולבסוף לא נוכל בכלל להבחין בהם.

