

המפץ הגדול*

התגלית המדעית החשובה ביותר בכל הזמנים

מאת: סיימון סינג

תורגם מאנגלית על ידי דפנה לוי, הוצאת ידיעות אחרונות, ספרי חמד 2007
אלי שלו, ביה"ס התיכון ליד האוניברסיטה העברית ירושלים

ממדף
הספרים



וקריא. מעשה השזירה שלו רב רבדי וברוך כשרון. הוא מטפל ברעיונות המדעיים, באנשים שהגו אותם ובנקודות ההשקפה על עצם הפעילות הנקראת מדע, ועובר מאחד לשני בצורה חלקה. התוצאה היא שלסיפורו מוזרק מתח דרמטי ניכר. הדמויות הפועלות - פיסיקאים הבונים את תמונת הקוסמוס העדכנית, את מה שכותרת המשנה של הספר מכנה "התגלית המדעית החשובה ביותר בכל הזמנים" - עוברות לקורא כבשר ודם. סינג מספר לנו מה שמושט בדרך כלל מספרי מדע פופולרי: פכים מחייהם של האנשים שעשו את המדע. הוא נותן לנו גם את החסר לעתים קרובות בביוגרפיות שנכתבות על מדענים דגולים - תמונת עולם רחבה. יש לזה מחירים. אף אחת מהתמונות אינה שלמה, אבל סינג יותר ממפצה על כך בדברים אחרים. בין שאר מעלותיו הספר מכיל אוצר בלום של ציטוטים מדברי מדענים. את רובם לא הכרתי, ורבים מהם העלו על פני חיוך משובה. את חלקם ודאי



שאיבא לכיתה.

הספרות העברית מכילה כיום לא מעט ספרים ואנציקלופדיות העוסקים ביקום, מבנהו והיווצרותו. לחלק מהם פורמט אלבומי - תמונות צבעוניות נהדרות של מבנים שמימיים שנלכדו בעדשות הטלסקופים, ולצידם טקסטים בדרגת פרוט זו או אחרת. סינג עושה את זה אחרת מהספרים שאני מכיר. הוא בא, בראש ובראשונה, לספר סיפור.

אומנות כתיבת סיפור איננה זהה לאומנות כתיבת מדע.

המפץ הגדול - Big Bang - הוא אולי מטבע הלשון המוצלח ביותר שטבע פיסיקאי. שגריר מושלם, שמקשר בין תאוריה פיסיקלית מסובכת לציבור כללי תאב דעת והבנה. כמה מעניין היה לגלות, שהביטוי נהגה לראשונה על ידי פרד הויל (Fred Hoyle), בתכנית רדיו של הבי. בי. סי. הויל, שהיה מראשי המתנגדים למודל ההתפתחות

הדינמי של היקום, השם בו כונתה עד אותו רגע התיאוריה של היקום המתפשט בעל נקודת ההתחלה, התכוון ללעוג באמצעותו לרעיון, וקולו באותו שידור הביע לעג ובוז.

זה קרה בשנת 1950, והשם הקליט הלך ותפס. עבור חלק מהעוסקים בתחום לא נראה השם הולם דיו, ובשנת 1993 ערך המגזין Sky & Telescope תחרות למציאת שם חדש לתיאורית המפץ הגדול. לתחרות הוגשו מעל 13,000 הצעות, אבל חבר השופטים, ובהם קרל סינג (Carl Sagan) אסטרופיסיקאי ומי שנחשב לאחד מגדולי הפופולריזטורים של המדע - לא מצא אף אחת מהן מתאימה יותר מהכינוי הלגלגי

המקורי. המפץ הגדול היה, מבחינת השם ומבחינת ההכרה של הקהילה המדעית, לעובדה.

שתי אנקדוטות אלו, הלקוחות מספרו האחרון של סיימון סינג (Simon Singh), "המפץ הגדול" (עמ' 374 ו-508, בהתאמה), הן רק שתי דוגמאות קטנטנות ממרקחת עשירה, מלאת טעמים ובנות טעם שרקח לנו מי שמצטייר כעומד בשורה אחת עם סינג בכל הנוגע ליכולתו לספר סיפור בצורה שוטפת, מרתקת, מסחררת. סינג כותב בקול ייחודי, והטקסט שלו הוא סיפור קולח

Big Bang: The origin of the universe, Simon Singh. New York: Harper Perennial edition 2005

סיפור הוא לעולם קורותיה של פעולה. הוא יוצא ממקום מסויים ומתקדם לאחור, דרך מעשיהן של הדמויות. למעשים יש תמיד סיבה מניעה. הקונפליקט מצוי בליבו של כל סיפור, ומשמש כדלק לעלילה. אבל כרונולוגיה, ההכרחית ליצירת רצף הארועים המרכיבים את העלילה, אינה מספיקה. סיפור חייב להיות בעל כמה רבדים. הוא חייב להכיל מרכיבים אוניברסליים, אליהם יוכלו אחרים להתחבר. האמיתות של הסיפור אינן רק האמיתות של הדמויות. ההזדהות חשובה.

הכתיבה המדעית, לעומת זאת, רחוקה מרחק רב מכתובה עלילתית. היא מציגה, בדרך כלל, תמונת מצב עדכנית, ונמנעת במתכוון מתאור תהליכי הפעולה שהביאו להתגבשותה. רוב ספרי המדע הפופולרי מתקשים לחבר בין השניים, ובאופן טבעי נוטים לכיוון הדיווח היובשני. סינג מצליח לעשות מעשה נדיר - לכתוב סיפור שחומריו חומרי מדע. הקורא מרוויח כך כמה פעמים: גם מתענג על סיפור משובח, גם מרחיב את השכלתו, וגם נהנה מאנקדוטות למכביר.

כדי להשיג זאת, ניכר שסינג קיבל כמה החלטות: ראשית, הסיפור יסופר כרונולוגית, והמוקדם יופיע לפני המאוחר.

שנית, מי שיויבל את הסיפור יהיו אנשים. אנשים הוגים את הרעיונות, והם אלו שמגלים תגליות. יש להם אופי שבא לידי ביטוי, ויש התנצחויות. תוכן הרעיון או התגלית הם חלק בלתי נפרד מסיפור האדם.

שלישית, אנשים לא פועלים בחלל ריק. הם נמצאים בסביבה תרבותית מסויימת ופעולתם מונחית על ידי תפיסות כלליות בדבר מהות הדברים שהם עושים. מעשיהם משפיעים על הסביבה ומושפעים ממנה. לדברים האלה - פילוסופיה, דת, כלכלה, סלבריטאות - יהיה בטוי מפורש.

ורביעית, אין מקום לספר את הכל במסגרת של ספר המונה כמה מאות עמודים.

התוצאה של החלטות אלו הוא ספר מענג, המחזיק 570 עמודים, בחמישה פרקים ואפילו. הפרק הראשון הוא סקירה ממצה של החשיבה על היקום מימי קדם ועד ראשית המאה העשרים. הוא פותח בהבדל שבין מיתוס למדע, ומלווה את התפתחות הרעיונות וקבלת המודל ההליוצנטרי. ואולם, מודלים המתארים את ה"איך"

משאירים את שאלת ה"מתי" פתוחה. מתי נברא העולם, לשאלה הזו סינג נכנס בשמחה, ומסיים את הפרק הראשון בסיפור די מדוקדק על מאמצי התארוך של תיאולוגים ומדענים. גיל העולם הולך ומתארך, ושאלת הגיל עתידה ללוות את הקורא גם בפרקים מאוחרים. מסתבר כי כל תיאוריה של בריאה נתקלת במחסום הזה, של התאמה בין ממצאים שונים.

ג'יימס אשר (James Asher), הארכיבישוף של ארמה - כך מספר לנו סינג - העסיק בשנים המוקדמות של המאה השבע עשרה סוכן במזרח התיכון, שתפקידו היה למצוא ולהביא את הטקסטים המקראיים העתיקים ביותר, למען יוכל אשר לחשב במינימום טעויות את גיל הבריאה. הרי לכם סיפור על סטנדרטים ושיגאות שמכניסה כל העתקה. בהתבסס על הכתבים ועל עדויות היסטוריות אחרות, אשר הכריז על תאריך הבריאה - שבת, 22 באוקטובר, 4004 לפני הספירה. הכרעה זו התקבלה, ועוררה רק כשדרווין (Darwin) פרסם את תורת האבולוציה. רק אז החל מאמץ מדעי לתארך את גיל הארץ. גיל היקום, בעליל, צריך היה להיות גדול ממנו.

קצב ריבוד סלעים הביא גיאולוגים להערכת הגיל בכמיליון שנה. קלווין (Kelvin), ביוצאו מההנחה שכדור הארץ היה לוחט והתקרר, דחק את הגיל, מתוך חישובים על קצב ההתקררות הצפוי, לכעשרים מיליון שנים. ג'ון ג'ולי הניח שבתחילה היו כל המים על הארץ מתוקים, חישב כמה זמן צפוי היה לקחת לאוקיאנוסים להגיע לדרגת מליחותם העכשווית, וקיבל מיליארד שנים. זו הייתה גם התוצאה ממדידות רדיואקטיביות שנערכו בתחילת המאה העשרים. כל שיפור ביכולת המדידה האריך את גיל כדור הארץ, והדבר הזה היה צרה צרורה לתיאוריית המפץ הגדול, כפי שמראה סינג בפרקים הבאים. היא נתנה גיל יקום צעיר מדי, צעיר מגיל הפלנטה הזו, עליה אנו חיים.

בכל מקרה, בל נקדים את המאוחר. הפרק השני מספר את סיפורו של האור, ושל תורת היחסות והכבידה. מככבות בו דמויות, יצרים, ומלחמת העולם הראשונה. לצד הסיפור המפורסם על משלחתו של אדינגטון (Eddington), מובאים סיפורים נוספים - למשל על ארווין פרוינדליך (Erwin Freundlich), אסטרונום מומחה גרמני, שהיה הראשון לנסות לקיים תצפית שתכריע בין תורת הכבידה של אינשטיין לזו של ניוטון.

שבסופו של דבר תחזק את הגישה המתחרה. תיאוריית המפץ הגדול נבנית מול עינינו שלבים שלבים, ודרך כך אנו זוכים להיכרות עם אופיו של המדע: איך תיאוריה ותצפית הולכים יד ביד, איך מכריעים ויכוחים. סינג לא מוותר על התענוג לחשוף אותנו לרעיונות שלא שרדו. למשל: הרעיון של ארתור מילן (Arthur Milne) (עמ' 297), שטען שהעובדה שלגלקסיות רחוקות יותר נעות מהר יותר נובעת מהעובדה שלגלקסיות ישנה התפלגות מהירויות טבעית, ואין זה מפליא, שבהינתן זמן מספיק המהירות תעקופנה את כל השא, ותהינה הרחוקות ביותר.

בהקשר הזה, מפתה להזכיר גם את פריץ צוויקי (Fritz Zwicky), ממתנגדי המפץ הגדול, שהעלה את האפשרות שההסחה לאדום של ספקטרום האור המגיע מהגלקסיות לא נובעת מהתרחקותן אלא מ"עייפות האור" - האור מאבד אנרגיה בהתרחקו ממוקד כבידה (עמ' 299). הרעיון האקזוטי הזה הסתדה, כנראה, לסינג עם אופיו האקסצנטרי של האיש, והוא לא התאפק מלספק לנו את פריט הרכילות הבא - צוויקי אהב להדביק לעמיתיו את הכינוי "ממזר כדורי" - ממזר מכל כיוון שלא תסתכל עליו...

בנקודה אחת יש תחושה שסינג מרחיק לכת. הוא מאמץ את השקפתו של תומס קון (Thomas Kuhn) על המנגנון של שינוי פרדיגמה מדעית, ומנסה להחיל אותו על הויכוח בין התפיסה הגורסת יקום נצחי לתפיסת המפץ הגדול המכילה נקודת התחלה. איני בטוח שזו נקודת מבט נכונה. לי הדבר דומה יותר למאבק בין תיאוריות מתחרות, שלבסוף הוכרע. כך או כך, סינג מלווה אותן בנאמנות ובכתיבה נפלאה.

הספר אינו מציג את התמונה המלאה של היקום, ונעדרים ממנו מרכיבים הנמצאים בספרים אחרים. אין בו תורות איחוד (ההכרחיות לתאור הרגעים הראשונים), אין חורים שחורים, אין מיון של גלקסיות וכוכבים, אין תיאור של מחזור חיי כוכב, למעט שורות ספורות, וגם זה רק כדי לספק רקע הכרחי לסיפור הסינתזה של גרעינים כבדים. אין דיון באינפלציה, למעט איזכור קצרצר באפילוג, אין דיון בתורת המיתרים, ואין בכלל עיסוק בשאלת סופו של היקום. אבל, במקום כל אלו, יש סיפורים על האנשים שעשו את התיאוריות, על סביבת עבודתם ועל ההשפעות

התצפית הייתה אמורה להתקיים בזמן ליקוי חמה, שהתרחש ב-21 באוגוסט 1914 בחצי האי קרים. פרוינדליך נסע לשם, הציב את הטלסקופ, ולא היה מודע כלל שגרמניה הכריזה מלחמה על רוסיה. לגרמני עם טלסקופ בארץ אויב בזמן מלחמה לא היה כל סיכוי, והוא נעצר בחשד לריגול עוד קודם שהיה בידו לקיים את התצפית. בפרק הזה מציב סינג את שחקניו הראשיים בעמדות הפתיחה. תומכי תמונת יקום סטטי ונצחי מחד, ואנשי היקום הדינמי מולם. הפתרון הסטטי של אינשטיין למשוואות תורת היחסות בעזרת הקבוע הקוסמולוגי, ומולו פרידמן הרוסי ולמטר (Georges Lemaître) כומר וקוסמולוג בלגי - שהגיעו באופן בלתי תלוי לפתרון של יקום מתפשט. על המוטיב הזה, של מאבק בין אנשי המצב העמיד לאנשי המפץ הגדול בונה סינג את המשך המתח הדרמטי של ספרו. וכמו בכל סיפור טוב, יש מקום לעלילות משנה. אחת מהן היא הויכוח הגדול סביב השאלה האם שביל החלב הוא היקום כולו או שהוא רק גלקסיה אחת מיני רבות. סיפור הויכוח הזה, והכרעתו, הוא נושאו של הפרק השלישי.

וממש כמו בכל סיפור משובח, עלילת המשנה מתחברת בהמשך לעלילה הראשית. להכרעת הויכוח תרמה אשה, הנרייטה ליוויט (Henrietta Leavitt), ודרכה אנו זוכים להצצה נפלאה בסוציולוגיה של המדע. ליוויט גילתה קשר בין שני משתנים המתארים סוג מסויים של כוכבים, והקשר איפשר קביעה אבסולוטית של מרחקים. הקרקע הייתה מוכנה לאדווין האבל, שתתן שתי תרומות ענק - גם הראה את עצם קיומן של גלקסיות, וגם גילה את התרחקותן. חוק האבל שלו, הקושר את מהירות הנסיגה למרחק מהצופה נותן אמת מידה לגיל היקום. וכאן - שוב בעיה. היקום נראה צעיר מכדור הארץ.

נאמן לרעיון שהוא מספר סיפור ולא מביא רק פרטי מידע, בונה סינג את המשך ההצגה על תחרות ומאבק בין שתי תיאוריות מתחרות. האחת היא תיאורית המפץ הגדול, והשניה תיאוריית המצב העמיד של הויל, גולד ובונדי. שוב ושוב הוא מחייה את הרעיונות על ידי סיפורי האנשים שעשו אותם, ולא מוותר גם על side-kicks, כמו כל מספר מומחה. בדרך אנו לומדים על בעיית הנוקליאוסינטזה, על שכיחות היסודות, ועל העובדה שכגיבור טרגי עתיד פרד הויל לספק את התשובה

הצולבות. יש סיפור על המדע, ויש חיות במקומות שהרבה פעמים יבשים. יש המוני ציטוטים נפלאים, וחלקם רלוונטיים גם לסקירה הזו.

כותב סינג מפי רנטגן: "פיסיקאי המתכוון לעבודתו זקוק לשלושה דברים - מתמטיקה, מתמטיקה ומתמטיקה" (עמ' 20), ומוסיף מאת פואנקרה (Poincaré): "המדע נבנה מעובדות כמו שבית נבנה מאבנים. אבל אוסף של עובדות אינו מדע כשם שערימת אבנים איננה בית." (עמ' 31). סינג, פיסיקאי בעצמו, מראה במעש כי את סיפורו של המדע ניתן לספר בצורה מרתקת בלי להזדקק למתמטיקה כלל, ואין שני לו בבניית מבנה סיפורי לתפארה. החומר שבספר עשיר בצורה יוצאת

מהכלל, ויכול לענג, לדעתי, הן את הקורא ההדיוט, והן את בעל ההשכלה הפיסיקלית. יש בו אוצר בלום של ציטוטים והתייחסויות היסטוריות וסוציולוגיות, שמפתה וחשוב להביאן לכיתה. אני סבור שזהו ספר שראוי שיהיה בכל ספריית בית ספר, ויש להמליץ עליו לכל תלמידינו, לקריאה.

עוד ביקורות על הספר ניתן למצוא בקישור המצורף. הביקורת של אוון גינגריץ', שהופיעה במוסף הספרים הנחשב של הניו-יורק טיימס מזהה בספר מספר שגיאות. אין בהן, לדעתי, כדי לפגוע בהנאת הקריאה.

<http://www.metacritic.com/books/authors/singhsimon/bigbang>.