

האדם – נזר הבריאה

- א. פתיחה
- ב. חוקי הטבע וקיומם של חיים
- ג. אנרגיית השמש
- ד. מים ואוויר על פני כדור הארץ
- ה. פיזיקה ואסטרונומיה
- ו. היווצרות החיים
- ז. השמדת הדינוזאורים והופעת האדם
- ח. חישוב הסתברות הגדרת האירוע
- חשיבות ההקשר: הגרלת הלוטו
- חשיבות ההקשר: משחקי קלפים
- ט. העיקרון האנתרופי והאדם המאמין

א. פתיחה

בשנים האחרונות הגיעו מדענים רבים להכרה כי היקום נראה כאילו תוכנן במיוחד לאפשר את קיומו ורווחתו של האדם. תופעה זו זכתה לתשומת לב רבה בעולם המדע, וידועה בשם העיקרון האנתרופי.^{1, 2} מקורו של השם במילה היוונית anthropos, שפירושה – אדם. העיקרון האנתרופי מתבטא בשני אופנים: (א) לו היו חוקי הטבע שונים, אפילו מעט שבמעט, לא הייתה אפשרות קיום של החיים; (ב) לולא שורה ארוכה של אירועים שהתרחשו בעבר, ואשר ההסתברות להתרחשותם היא כמעט אפסית, לא הייתה אפשרות לקיום המין האנושי. המדען החילוני רואה בשרשרת

1. John Barrow, Frank Tipler & John Wheeler, Anthropic Cosmological Principle, Oxford, 1986.

2. George Gale, "The Anthropic Principle", Scientific American, December 1981, pp. 114-122.

אירועים אלו מקריות שמזלנו הטוב גרם לה, ואילו האדם המאמין רואה בה את ידו המכוונת של בורא העולם.

שני חלקים לנושא שלנו: האחד – הסבר על משמעותו המדויקת של העיקרון האנתרופי, והשני – דיון בחשיבותו מבחינת האדם המאמין. החלק הראשון הוא מדעי טהור; החלק השני עניינו אמונה דתית. חשוב לשמור על ההבחנה הזו, מכיוון שהמדענים העוסקים בעיקרון האנתרופי נוטים להשתמש במילים הדומות מאוד לאלה המוכרות לנו ממקורות תורניים!

במאמר זה נציג את התזה שאפשר לקבל את העיקרון האנתרופי – הרעיון שהיקום נראה כאילו נועד לאפשר את קיומו ורווחתו של האדם – כראיה שכך באמת היו פני הדברים. כלומר אין זו אשליה שהיקום תוכנן לאפשר את קיומו ורווחתו של האדם, אלא הקב"ה אכן ברא את העולם באופן שיתאים למין האנושי. קביעה זו דורשת הסבר, מכיוון שמדענים חילוניים רואים בעיקרון זה צירוף מקרים גרידא, צירוף מקרים מרתק אבל חסר משמעות. אי לכך חשוב להבין מדוע נכונה גישתו של האדם המאמין בהתייחסותו לעיקרון האנתרופי כאישור לאמונתו בבורא עולם.

ב. חוקי הטבע וקיומם של חיים

העיקרון האנתרופי עניינו בגילוי הקשר המרשים שבין חוקי הטבע לבין קיומם של חיים בכלל, וקיומו של המין האנושי בפרט. הקשר בין עקרונות הביולוגיה לקיומם של חיים אולי אינו מפתיע, אבל איש לא היה מצפה למצוא קשר בין קיומם של חיים לבין חוקי הפיזיקה. אולם, תגליות רבות מהעת האחרונה מלמדות על תלות הדוקה של החיים על פני כדור הארץ בהתקיימותם של פרטים קטנים של חוקי האסטרונומיה, הפיזיקה, הגאולוגיה והקוסמולוגיה.

ג. אנרגיית השמש

ברור לכולנו כי החיים על פני כדור הארץ תלויים לגמרי בשמש, שאורה וחומה הם המקור לכל האנרגיה בכוכב הלכת שלנו (מלבד הרדיואקטיביות, שאינה שייכת לדיון שלנו). ללא אנרגיית השמש, כדור הארץ יהיה נטול חיים. נתחיל אפוא את הדיון בעיקרון האנתרופי בבחינת מנגנון הייצור של אנרגיית השמש.

השמש מורכבת משני סוגי אטומים בלבד: מימן והליום. ההליום אינו פעיל ואינו מעורב באנרגיית השמש, ולכן לא נעסוק בו יותר. הדיון שלנו מתרכז במימן, האטום הפשוט ביותר, שהגרעין שלו מכיל רק פרוטון אחד. השמש היא אפוא אוסף עצום של

פרוטונים. את הדרך שבה פרוטונים אלה מפיקים את אנרגיית השמש הסביר לראשונה פרופסור הנס בתה³, שזכה בפרס נובל על תגליתו זו. וכך מסביר פרופסור בתה את מקור אנרגיית השמש:

בשל התנאים הקיצוניים השוררים בליבת השמש, פרוטון עשוי להפוך באופן ספונטני לניוטרון, שהוא עוד אחד מהחלקיקים היסודיים בטבע. הניוטרון שנוצר יכול להתחבר עם פרוטון אחר וליצור חלקיק מעורב – הדיוטרון. הדיוטרונים עוברים תהליך 'בערה', המכונה 'תגובה תרמו-גרעינית', ובערה זו היא מקור האור העצום והחום הלוהט של השמש. במילים אחרות, הדיוטרונים הם 'הדלק השמשי' היוצר את אנרגיית השמש, שהיא המאפשרת את קיומם של חיים על פני כדור הארץ.

עקרונית, תיתכן התרחשותה של תגובה גרעינית אחרת, עקב חיבור פרוטון אחד עם פרוטון אחר. למזלנו, חיבור כזה של פרוטונים אינו מתרחש. אילו התרחשה ריאקציה זו, היו כל הפרוטונים בשמש מתחברים מיד זה עם זה, וגורמים להתפוצצות ענקית של השמש כולה.

האפשרות לתגובת פרוטון-ניוטרון ואי האפשרות לתגובת פרוטון-פרוטון תלויות שתיהן בעצמת הכוח הגרעיני, שהוא אחד מכוחות הטבע. חישובים של הכוח הגרעיני הניבו את התוצאות הבאות:⁴

1. אם הכוח הגרעיני היה חלש יותר, **ולו באחוזים ספורים בלבד**, לא היו פרוטונים מתחברים עם ניוטרונים ליצור דיוטרונים, שהם 'הדלק השמשי'. השמש לא הייתה זורחת, אלא נשארת ככדור קר של פרוטונים, מצב שהיה שולל כל אפשרות של חיים על פני כדור הארץ.
2. אם הכוח הגרעיני היה חזק יותר, **ולו באחוזים ספורים בלבד**, היה כל פרוטון מתחבר מיד עם פרוטון אחר, והייתה מתרחשת התפוצצות אדירה של השמש כולה, מצב שאף בו לא הייתה כל אפשרות של חיים על פני כדור הארץ.

3. בתה היה מדען יהודי גרמני, וכמו יהודים רבים אחרים, הודח ממשרתו האקדמית על ידי הנאצים בשנת 1933. הוא היגר לארה"ב והצטרף לסגל האקדמי של אוניברסיטת קורנל, שם גילה את תגליתו החשובה שהביאה לו תהילה.

4. Paul C.W. Davies, "Time variation of the coupling constants", Journal of Physics, Vol. 5, 1972, pp. 1296-1304.

צירוף מקרים יוצא דופן הוא, שעצמתו של הכוח הגרעיני היא **בדיוק** בטווח הצר, ברמה שאינה מאפשרת התרחשותו של אף אחד משני האירועים הקטסטרופליים שתוארו לעיל. הכוח הגרעיני **חזק** דיו לגרום לחיבור בין פרוטון לניוטרון, אבל **אינו חזק** עד כדי גרימת החיבור בין פרוטון אחד לפרוטון אחר. לכן מתרחשת בערה של דיטרונים, וזו מספקת את החום והאור החיוניים לקיומם של חיים על פני כדור הארץ. זוהי הדוגמה הראשונה שלנו לעיקרון האנתרופי.

ד. מים ואוויר על פני כדור הארץ

ברור לכולנו כי בלי מים ובלי אוויר לא ייתכנו חיים על פני כדור הארץ, ואכן יש בכוכב הלכת שלנו מים ואוויר בשפע. לעומת זאת, בשני כוכבי הלכת הסמוכים לנו, מאדים ונוגה, אין אוויר ואין מים, ולכן אין בהם חיים. במבט ראשון אין לעובדות אלו חשיבות מיוחדת, אבל נראה עד כמה הן מפתיעות.

לאחרונה התגלה כי זמן קצר לאחר שנוצרו שלושת כוכבי הלכת הללו (מאדים, כדור הארץ ונוגה), היו על פני שלושתם מים רבים. גם היום אפשר להבחין בקניונים ובערוצים באדמת מאדים, שנחרצו על ידי אותם זרמי מים קדומים.⁵ גם פני נוגה היו מכוסים בעבר באוקיינוסים עמוקים, שדי היה בכמות מימיהם לכסות את פני נוגה כולו בשכבת מים בעומק של שלושה קילומטרים.⁶ עם הזמן נעלמו לגמרי המים שהיו במאדים ונוגה, וכוכבי הלכת הללו נותרו ללא מים. כיצד חמק כדור הארץ מגורל דומה?

התשובה המפתיעה היא: אך ורק בזכות ה'מקרה'! **במקרה** רחוק כדור הארץ מן השמש במידה מספקת כדי שהמים שלנו לא יתאיידו ולא ייעלמו, כמו שקרה בנוגה; **במקרה** קרוב כדור הארץ אל השמש במידה מספקת כדי להבטיח שהטמפרטורה תמיד תישאר גבוהה די הצורך למנוע מהאוקיינוסים להפוך לקרח, כמו שקרה במאדים. כדור הארץ הוא אפוא **היחיד** מבין כוכבי הלכת שהתנאים השוררים בו מאפשרים קיומם של חיים.

5. Jean Audouze et al. (eds.), The Cambridge Atlas of Astronomy, Cambridge, 1985, pp. 124-149.

6. שם, עמודים 70-81.

המצב דומה במה שנוגע לאטמוספירה. מחקרים הוכיחו כי האטמוספירה סביבנו נתונה לבקרה עדינה שגורמים רבים נוטלים בה חלק.⁷ האיזון הוא עדין ביותר, ואילו היה כדור הארץ קרוב מעט יותר אל השמש, הייתה הטמפרטורה בו עולה מעל לנקודת הרתיחה של המים (כמו שקרה בנוגה) – מצב שלא היה מאפשר כלל חיים. לעומת זאת, אם היה כדור הארץ מרוחק מעט יותר מן השמש, היה ריכוז הפחמן הדו חמצני באטמוספירה גבוה במידה רבה, ו"בני האדם לא היו יכולים לנשום אוויר זה".⁸ כך במקרה מצוי המסלול שבו מקיף כדור הארץ את השמש בתוך "הטווח הצר ביותר המאפשר למים להיות במצב צבירה נוזלי... ושבבו בלבד יכולים חיים להתקיים".⁹

צירוף המקרים הכה מוצלח הזה מכונה בקרב המדענים 'בעיית האקלים של זהבה'. הדימוי לקוח ממשפט מתוך סיפור הילדים זהבה ושלושת הדובים: "לא קר מדי ולא חם מדי, לא גדול מדי ולא קטן מדי, לא קשה מדי ולא רך מדי... אלא בדיוק כמו שצריך". באותו אופן רואים מדענים את קיומם של המים והאוויר על פני כדור הארץ כדוגמה נוספת לעיקרון האנתרופי.

ה. פיזיקה ואסטרונומיה

הצגנו לעיל רק שתי דוגמאות, אבל הדוגמאות שמדעי הטבע מספקים לנו הן כה רבות וכה דרמטיות, עד שמדענים רבים התייחסו לאילוצים הכבדים שקיום החיים מציב בפני חוקי הטבע, שהצד השווה שבהם הוא אחד – טובת האדם. פרופסור פרימן דיסון מהמכון למחקר מתקדם שעל יד אוניברסיטת פרינסטון עמד על כך, וכך הוא מבטא את התפעלותו:

כאשר אנו מביטים אל היקום ומבחינים במספר הרב של מאורעות בפיזיקה ובאסטרונומיה שמניבים בדיוק את התוצאות הרצויות לאדם, מתעוררת בנו ההרגשה כאילו ידע היקום מראש על בואנו. Freeman J. Dyson, "Energy in the (universe", Scientific American, September 1971, p. 59

7. James .F. Kasting, "How Climate Evolved on the Terrestrial Planets", Scientific .American, February 1988, pp. 46-53

8. שם, עמ' 53.

9. אודון, עמ' 63.

ו. היווצרות החיים

ענף המדע שעוסק בהיווצרותם של החיים נקרא ביולוגיה מולקולרית. חלה בו התקדמות עצומה בעשורים האחרונים. מדענים חשפו את מבנה חומצת הגרעין DNA, הלוא הוא הסליל הכפול המפורסם, הצופן בחובו את החומר הגנטי, והנמצא בכל אחד מתאיו של כל יצור חי. פוענח גם הקוד הגנטי והוסברו מאות תהליכים כימיים מורכבים המתרחשים בתוככי התא. מכל שפע ההישגים המדעיים הללו אפשר לקבל את הרושם כי פוענחה חידת החיים. במילים אחרות, אפשר לחשוב שהמדענים הצליחו להבין את שרשרת האירועים שבאמצעותם הופך חומר דומם למערכת ביולוגית מורכבת המכונה חיים. אולם מסקנה זו בטעות יסודה.

לאחר יותר מיובל שנים של מחקר אינטנסיבי בנושא הביולוגיה המולקולרית, הגיעו המדענים להבנה כי הפיכת חומר דומם לתא חי היא תהליך שכמעט לא ייאמן. זו המסקנה המרכזית העולה ממאמרו רחב ההיקף של ג'ון הורגן. המאמר מציין את הקושי העצום שבהם נתקלו כל הניסיונות להסביר את התהוות החיים ("הליקויים של כל ההסברים שהציע המדע להיווצרותם של החיים").

פרופסור הרולד קליין, ראש הוועדה מטעם האקדמיה הלאומית האמריקאית למדעים, שבחנה מחקר שנערך בתחום מקור החיים, צוטט שם באמרו:

אפילו החיידק הפשוט ביותר הוא כל כך מורכב ומסובך שכמעט בלתי אפשרי לדמיין את אופן היווצרותו. (John Hurgan, "How Climate Evolved on the Terrestrial Planets", Scientific American, February 1988, p. 104)

פרופסור פרנסיס קריק, שזכה בפרס נובל על תרומתו לפענוח המבנה של ה-DNA, סיכם את המצב במילים אלו:

ראשיתם של החיים היא כמעט נס, מאחר שדרושים תנאים רבים כל כך להיווצרות חיים מחומר דומם. (Francis Crick, "In the Beginning...", Scientific American, February 1991, p. 109)

כאשר חתן פרס נובל זה, הידוע כאדם החף לגמרי מכל רגש דתי, מוצא לנכון להשתמש בביטוי "כמעט נס" בתארו את ראשיתם של החיים, ברור שרק סדרה מופלאה של התרחשויות בלתי סבירות יכלה להפוך חומר חסר חיות לתאים חיים.

ז. השמדת הדינוזאורים והופעת האדם

עד כה דנו בתנאים בעלי הסתברות נמוכה ביותר הדרושים לקיומם של חיים בכלל. אולם עיקר העניין שלנו הוא במין האנושי, כמובן. נשאלת אפוא השאלה: האם קיומו של המין האנושי דרש אף הוא התרחשותם של אירועים נדירים ויוצאי דופן? כפי שנראה בהמשך, תשובתם החד משמעית של המדענים היא, 'כן!'. זהו לב לבו של העיקרון האנתרופי.

נתחיל את הניתוח של התרחישים הכמעט בלתי אפשריים שהובילו להיווצרותו של המין האנושי, דווקא בדיון על הדינוזאורים, אותם יצורים מעוררי אימה מהעבר. הדינוזאורים היוו אחת מקבוצות בעלי החיים המוצלחים ביותר שחיו אי פעם – הם היו בעלי החיים הגדולים, החזקים, המהירים והנוראים ביותר של תקופתם. הדינוזאורים למיניהם אכלסו את כל היבשות, האוויר והים, והחיות האחרות חיו בפחד מתמיד פן יהפכו טרף לשיניהם. בשל העובדה שהזוחלים הענקים האלו השתלטו על כדור הארץ, מכונה התקופה שבה חיו – עידן הזוחלים.

אחרי 150 מיליון שנה של שלטון בלי מצרים בכדור הארץ, נכחדו הדינוזאורים לפתע. ההכחדה הפתאומית של כל הדינוזאורים בעולם, ועמם רוב רובם של המינים האחרים של בעלי החיים, היא ההכחדה ההמונית המפורסמת מבין ההכחדות ההמוניות שאירעו בתקופות שונות. במשך שנים רבות היה הגורם להכחדה הפתאומית הזו בגדר תעלומה למדענים. מה הדבר שהיה בכוחו לגרום לדינוזאורים המוצלחים כל כך להיעלם לפתע מעל פני כדור הארץ לאחר ששלטו בו שלטון מוחלט תקופה כה ארוכה? כיצד נמחו כל הדינוזאורים בבת אחת מעל פני האדמה?

בשנת 1980, לאחר שהועלו במשך השנים תאוריות שונות ומשונות, עלה בידיהם של חתן פרס נובל לואיס אלוורז ובנו וולטר לפצח את תעלומת ההשמדה הפתאומית והמוחלטת של הדינוזאורים. הם הראו כי מטאור ענק התנגש בכדור הארץ, והוא שגרם לאסון הכלל עולמי.¹⁰ הסבר זה להכחדה ההמונית – פגיעה רבת עצמה של מטאור בכדור הארץ – מכונה 'תאוריית הפגיעה'. עד מהרה הצטברו ראיות רבות התומכות בתאוריה זו, ובשנת 1987 עלה בידו של פרופסור אלוורז למנות חמישה עשר נתונים מדעיים שונים לטובת התאוריה שלו.¹¹

10. Walter Alvarez et al., "Impact theory of mass extinctions and the invertebrate fossil record", Science, Vol. 223, 1984, pp. 1135-1140

11. Luis W. Alvarez, "Mass extinctions caused by large bolide impacts", Physics

לענייננו חשוב לציין, שפגיעתו של המטאור בכדור הארץ הייתה **מקריית לחלוטין**. החוקרים שעסקו בכך הדגישו זאת שוב ושוב. פרופסור דוד ראופ, לשעבר נשיא האגודה האמריקאית לפלאונטולוגיה (חקר המאובנים), התמקד בנקודה זו במאמרו המפורסם: "הכחדות: גנים גרועים או מזל גרוע?"¹². המאמר התרחב לאחר מכן לספר שלם באותו שם. ראופ מדגיש עד כמה אירועים של הכחדות המוניות הם עניין של מזל:

היכחדותו של מין מסוים היא יותר עניין של מזל ביש מאשר עניין של גנים גרועים. מזלן של קבוצות ביולוגיות מסוימות שפר עליהן יותר מאחרות.

התפקיד המרכזי של המזל בהכחדה המונית מודגש גם על ידי פרופסור סטפן גולד:

אם בהכחדות המוניות נעלמים בבת אחת יותר מ-90% מכלל המינים, הרי אנו מאבדים סוגים רבים של בעלי חיים רק בשל מזל ביש. (Steven J. Gould, *The Flamingo's Smile*, New York, 1981, p. 242)

פרופסור ג'ורג' יול מאוניברסיטת אוקספורד, כותב:

היכחדותם של המינים לא אירעה בשל פגמים גנטיים, אלא מזלם הרע הוא שגרם להם לעמוד בדרכו של גל ההרס. (George U. Yule, "A mathematical theory of evolution based on the conclusions of Dr. J.C. Willis, F.R.S.", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1925, Vol. 213, p. 24)

לסיום נצטט מדבריו של פרופסור דוד יבלונסקי מאוניברסיטת שיקגו, אחד החוקרים החשובים בתחום ההכחדות ההמוניות:

כאשר פוקדת הכחדה המונית את כדור הארץ, המין שישרוד אינו 'המתאים ביותר', אלא זה שיותר בר מזל. מין שלפני כן החזיק מעמד בקושי, יכול להיעשות פתאום למין השולט.

(David Jablonski, quoted in: *National Geographic*, June 1989, p. 673)

המדענים המובילים הללו מדגישים כי בתרחיש שבו נופל מהשמים מטאור ענק שמעצמת פגיעתו מושמדת אוכלוסיה מסוימת, ובמקביל מתחילים מינים אחרים לשגשג פתאום, אין העיקרון הדרוויניסטי של 'הישרדותו של המתאים ביותר' רלוונטי

.Today, July 1987, pp. 24-33

David M. Raup, "Extinctions: Bad Genes or Bad Luck?", *Acta Geologica Hispanica*, 1981, Vol. 16, pp.25-33

כלל. אירוע כזה הוא בלתי צפוי לחלוטין, התרחשותו היא בעלת סבירות נמוכה ביותר והמינים ששורדים הם פשוט בני מזל.

מה הקשר בין הדינוזאורים והמין האנושי? מדוע היכחדותם הפתאומית של כל הדינוזאורים מהווה המחשה דרמטית של העיקרון האנתרופי? התשובה לכך היא פשוטה: כל עוד שלטו הדינוזאורים בכדור הארץ לא הייתה כל אפשרות לקיומם של יונקים גדולים (כולל האדם). רק אחרי שהדינוזאורים נמחו מעל פני האדמה יכלו היונקים לשגשג ולהפוך לקבוצה השלטת בעולם החי.

את הקשר ההדוק בין המין האנושי לדינוזאורים הדגיש פרופסור אלוורז, שמאמרו על הפגיעה המטאורית שהשמדה את כל הדינוזאורים מסתיים במילים הבאות:

מנקודת מבט אנושית, הפגיעה הזו שהשמדה את כל הדינוזאורים בבת אחת הייתה אחד המאורעות החשובים ביותר בתולדות כדור הארץ. לולא אירעה פגיעה זו, היו היונקים הגדולים ביותר כיום נראים כמיני חולדות המתרוצצות ונמלטות מלהיות טרף לשיני הדינוזאורים. (Alvarez, Physics Today, July 1987, p. 33)

אולם יש לסיפור הפגיעה עוד היבטים. כדי שהמין האנושי יוכל להתקיים, לא היה די בפגיעתו של מטאור בכדור הארץ. צריך היה שעצמת הפגיעה תהיה **בדיוק** במידה הנכונה, וכפי שכותב אלוורז:

לו הייתה פגיעת המטאור חלשה יותר, אף בעל חיים לא היה מושמד. היונקים היו ממשיכים להיות תחת שליטתם של הדינוזאורים, ואני (אלוורז) לא הייתי כאן כדי לכתוב את המאמר הזה. לעומת זאת, לו פגיעת המטאור הייתה חזקה יותר, כל החיים שעל פני כדור הארץ היו נפסקים, וגם אז לא הייתי כאן כדי לכתוב את המאמר הזה. אלא שעצמת הפגיעה הייתה **בדיוק** במידה שאפשרה את הישרדותם של היונקים, בעוד הדינוזאורים מושמדים. (שם, עמ' 29)

כיום ברור למדענים שהיעלמותם הפתאומית של כל הדינוזאורים מעל פני כדור הארץ היא אירוע אחד בתוך סדרה ארוכה של אירועים בלתי צפויים, שהסבירות להתרחשותם היא נמוכה ביותר, ושבלעדיהם לא היה מתאפשר קיומו של המין האנושי. והנה, כל אותה שרשרת אירועים לא זו בלבד שהתרחשה, אלא שהדברים קרו באופן הנכון ובסדר הנכון.

זהו המסר העיקרי העולה מתוך ספרו של פרופסור סטפן גולד, חיים מופלאים. גולד מדגיש שוב ושוב עד כמה מפליא שהמין האנושי מתקיים בכלל, משום:

שאנו ישות עדינה ורגישה... התוצאה של סדרת אירועים אשר ההסתברות להתרחשותם היא נמוכה באופן כה מדהים, שאין כל אפשרות לחזותם מראש ואין שום סיכוי שיתרחשו שוב.

(Stephen J. Gould, Wonderful Life, New York, 1989, pp. 14, 319)

ספרו בן 320 העמודים משופע בדוגמאות לעיקרון האנתרופי:

התודעה לא הייתה אפשרית כלל, ללא האסון הקוסמי שהדינוזאורים היו קרבנותיו. ניתן לומר, שאנחנו חייבים למזלנו הטוב את קיומנו כבעלי תבונה, שכל והיגיון. (שם, עמ' 318)

אם נתחיל מחדש את 'סרט החיים' מאותה נקודת מוצא, הסיכוי זניח לחלוטין שבעלי חיים בעלי אינטליגנציה אנושית יופיעו בשידור החוזר. (שם, עמ' 14)

אנו מלאי התפעלות (עקב הסבירות הנמוכה כל כך) שבני אדם קיימים בכלל. (שם, עמ' 289)

ח. חישוב הסתברות

לאחר שתיראנו את המשמעות המדעית של העיקרון האנתרופי, נפנה לחלקו השני של הדיון, ונשאל: מהן ההשלכות של העיקרון האנתרופי, מבחינת האדם המאמין?

ברצוני לפתוח את הדיון בהערה אישית. לפני כעשור, כתבתי ספר על בריאת העולם, שכותרתו 'בראשית ברא'. הראיתי בספרי שהממצאים המדעיים הנוגעים לראשיתו של היקום והתפתחותו מתיישבים באופן מושלם עם תיאור מעשה הבריאה בפרק הראשון של ספר בראשית. הספר זכה להצלחה, תורגם לתשע שפות, ונמכר ברבבות עותקים.

אולם ספרי לא ערב לכל חך. פרופסור רפאל פלק, גנטיקאי מהאוניברסיטה העברית ואתאיסט מיליטנטי, יצא במאמר בן עשרה עמודים, שכל כולו מוקדש אך ורק להתקפה הן על ספרי הן עלילי אישית ('פונדמנטליסט', 'תמונה מסולפת', 'אינוס המדע', 'שטות' וכו'). במיוחד שם פלק ללעג את הדיון שלי בנושא העיקרון האנתרופי, תוך שהוא מעלה את הטיעון הבא:

עניין מיוחד מגלה אביעזר ב'צירופי המקרים המופלאים' המאפיינים, לדבריו, את היקום. כוונת הטיעון היא, שאירועים אלו אינם יכולים להיות פרי המקרה, ומכאן

שהם תוצאה של יד מכוונת. לכאורה טיעון זה הוא משכנע, אולם בחינה זהירה מגלה שהטיעון מוטעה מיסודו. לפי ההיגיון של אביעזר, ההסתברות שאני אכתוב שורות אלה, בעיפרון בלתי מחודד, שצבעו צהוב, ביד שמאל, בשעת ערב מאוחרת, על שולחן מטבח, בדירה ירושלמית, בכתובת נתונה – אף היא כמעט אפסית. עם כל זאת, האירועים האלו התרחשו, והם חסרי משמעות לחלוטין.
(רפאל פלק, "בראשית ברא?", אלפיים 9, תשנ"ד, עמוד 136)

יש חשיבות להפרכת הטיעון של פלק, מכיוון שבמבט ראשון קשה לראות מה בדבריו אינו נכון. יתר על כן, טעות זו אינה בלעדית לפלק. אפשר למצוא אותה טעות גם במאמרם של אחרים, כולל פילוסוף ידוע, שהוא גם יהודי שומר מצוות, שמביא את הדוגמה הבאה:

אני מוציא שטר של דולר מארנקי, ומוצא כי מספרו הסידורי הוא 66553860827. ההסתברות שזה יקרה הייתה פחות מאחד למיליארד. לכן, אי אפשר להכחיש שאני חווה אירוע נדיר ביותר. אולם אינני מופתע כלל. מה שחשוב הוא להבחין באופן ברור בין אירועים נדירים שהם באמת מפתיעים, לבין אלו שאינם מפתיעים.
(George N. Schlesinger, "The Anthropic Principle", Tradition 23(3), (spring 1988, pp. 1-8)

שתי הקביעות שנכתבו בהדגשה, הן שגויות. הקביעה הראשונה פשוט אינה נכונה. נראה בהמשך מדוע הדוגמה של המספר הסידורי על גבי השטר אינה אירוע נדיר כלל. אשר לקביעה השנייה, יש בה סתירה פנימית, משום שכל אירוע נדיר ובלתי צפוי מפתיע אותנו.

המפתח להבנת העניין נמצא בדברי פרופסור ריצ'רד פיינמן, חתן פרס נובל ואחד הפיזיקאים המבריקים ביותר של המאה העשרים. בספרו הנפלא העוסק באלקטרודינמיקה קוונטית מדגיש פרופסור פיינמן:

כדי לחשב את ההסתברות להתרחשותו של אירוע מסוים, עלינו להגדיר בצורה ברורה ביותר מהו האירוע שבו אנו דנים. (Richard Feynman, QED: The Strange (Theory of Light and Matter, Princeton, 1985, p. 81)

הגדרת האירוע

בעקבות המלצתו של פיינמן, נגדיר באופן ברור את האירוע שתיארנו לעיל. מסקנתנו תהיה שיש הסתברות של 100% שהמספר הסידורי על השטר שנשלף מהארנק הוא 66553860827! הכיצד? משום שהמספר הזה צוין אחרי שראינו אותו על השטר שנשלף. במילים אחרות, השאלה אשר שאלנו הייתה, בעצם: 'מה ההסתברות

שהמספר המופיע על השטר הוא **אכן** המספר המופיע על השטר? ברור כי ההסתברות לכך היא 100%. מכיוון שכלל לא היה כאן אירוע בעל סבירות נמוכה, אלא בעל ודאות גמורה, אין כל סיבה להיות מופתע מהתרחשותו.

הבה נשתמש באותו היגיון ביחס לטיעונו של פלק. מה הייתה ההסתברות לשיבתו של פלק במקום הנתון, בדירה הנתונה ובעיר הנתונה בעת כתיבת מאמרו? התשובה לכך היא: 100%! מדוע? מכיוון שפלק מנה את התנאים הללו **כאשר כבר ידע** שכך אכן אירע. במילים אחרות, פלק פשוט שאל: 'מה ההסתברות שמה שאני יודע שכבר אירע, אכן אירע במציאות?' התשובה לכך היא, כמובן: 100%.

אירוע ייחשב כנדיר רק אם פרטי האירוע הוגדרו בדייקנות **מראש**. בדוגמה שהוזכרה לעיל, הרי אם מישהו יכריז על מספר סידרתי של שטר **לפני** שהוא שולף אותו מארנקו, והמספר הרשום על השטר שישלוף יתאים לתחזיתו, יהיה זה באמת אירוע מדהים וכולנו נתפעל ממנו. באופן דומה, לו היה פלק מנחש בדייקנות תנאים שבהם **מישהו** אחר כתב מאמר מסוים, היינו יוצאים מגדרנו מרוב התפעלות.

חשיבות ההקשר: הגרלת הלוטו

נפנה עתה להיבט חשוב נוסף שקבע פיינמן: **חשיבותו של ההקשר בהגדרת אירועים**. נשתמש בדוגמה כדי להמחיש את כוונתו.

רבים מאזרחי ישראל נוהגים להמר מדי שבוע במשחק הלוטו. נניח שמיליון אנשים רוכשים כרטיס לוטו. אם יאמרו לי כי השבוע זכה בפרס הלוטו ישראל כהן מטבריה, לא אמצא בכך עניין כלשהו. מדוע לא? הרי הסיכוי שישראל כהן יזכה הוא רק אחד למיליון, והנה זה קרה! הסיבה שאין האירוע מעורר את התרגשותי היא משום שאין לי כל עניין בשמו של הזוכה – ישראל כהן מטבריה, חיים לוי מרמת גן או שרה מזרחי מבאר שבע. כל אחד ממיליון רוכשי כרטיסי לוטו שווה בעיניי לישראל כהן (המונח בסטטיסטיקה הוא equivalent microstates). אף על פי שהסיכוי שישראל כהן יזכה בפרס הלוטו היה רק אחד מתוך מיליון, קיימים עוד מיליון אנשים כמותו שסיכוייהם לזכות שווים לסיכוי שלו. לכן הידיעה ששמעתי היא בעצם **שמישהו** זכה בפרס הלוטו. מכיוון שיש סיכוי של 100% שהאירוע הזה יקרה, שמישהו יזכה בפרס הלוטו, הרי אין כל סיבה להיות מופתע.

עכשיו נדון בשבוע שלאחר מכן. לו היו מודיעים לי שישראל כהן זכה **שוב** בפרס הלוטו, ודאי שהייתי נדהם. מדוע? הרי הסיכויים שישראל כהן יזכה בפרס הלוטו בשבוע השני הם בדיוק אותם סיכויים שהיו לו לזכות בשבוע הראשון. התשובה היא

שהקשר שונה לחלוטין. בשבוע הראשון היה ישראל כהן שווה לכל אחד מתוך מיליון הרוכשים של כרטיסי לוטו; אולם בשבוע השני הוא הפך לאדם ייחודי, דהיינו, בשבוע השני יש רק ישראל כהן **אחד** – הזוכה **היחיד** בפרס משבוע שעבר – והסיכוי שאותו אדם ייחודי יזכה בפרס הלוטו שוב הוא **באמת** אחד למיליון. כאשר אירוע כגון זה מתרחש, כולנו מופתעים.

עכשיו נפנה לשבוע השלישי של הגרלת הלוטו. אם היינו שומעים כי ישראל כהן זכה **שוב** בפרס הלוטו, בפעם **השלישית** ברציפות, היינו מגיבים **בחשד**, ולא בהפתעה. אין ספק כי יחידת ההונאה במשטרת ישראל הייתה שולחת את חוקריה לישראל כהן לשמוע ממנו כיצד קרה שהוא זכה בהגרלת הלוטו שלוש פעמים ברציפות.

מדוע? הרי סיכויי של ישראל כהן לזכות בפרס הלוטו בשבוע השלישי הם אותם סיכויים שהיו לו לזכות בשבוע הראשון. התשובה טמונה **בהקשר** האירוע. בשבוע השלישי ישראל כהן הוא האיש שכבר זכה פעמיים רצופות בפרס הלוטו. קל להראות שהסיכוי שאותו אדם יזכה שוב בפרס הלוטו הוא אחד מתוך מיליון כפול מיליון, דהיינו אחד מתוך 1000 מיליארד. אירועים כה נדירים פשוט אינם מתרחשים. לכן, קיים חשד כי יד נעלמה בחשה מאחורי הקלעים בזכייתו המשולשת של ישראל כהן בפרס הלוטו. יד מכוונת במעשה הבריאה – פירושה השפעת הקב"ה; יד מכוונת בקביעת הזוכה בפרס הלוטו – פירושה שלוש שנים בכלא רמלה!

חשיבות ההקשר: משחקי קלפים

נבחן כעת את חשיבות ההקשר במשחקי קלפים, ונתחיל במשחק הפוקר. במשחק זה מקבל כל משתתף חמישה קלפים מהחפיסה. קלפים אלו יוצרים צירופים שונים (זוג, שלישייה, צבע וכו'), ולכל צירוף יש ערך שנקבע מראש. המנצח במשחק הוא מי שערך הקלפים בידו גבוה מערך הקלפים בידי חבריו.

צירוף הקלפים בעל הערך הגבוה ביותר במשחק הפוקר הוא 'צבע מסודר' – straight flush (אין צורך לדעת מהו צבע מסודר). 'צבע מסודר' הוא כה נדיר עד שגם אם ישחק איש פוקר כל יום, 24 שעות ביממה, סביר להניח שלעולם לא יזכה ב'צבע מסודר'. אם ישחק לו מזלו והוא יזכה פעם ב'צבע מסודר', הוא לא ישכח זאת עד סוף ימיו. זוהי התגשמות חלומו של כל שחקן פוקר!

נפנה כעת למשחק קלפים אחר, הברידג'. במשחק זה כל שחקן מקבל שלושה עשר קלפים. אולם לצורך ההשוואה עם משחק הפוקר, נדון רק בחמשת הקלפים הראשונים שמקבל שחקן הברידג'. אם יגיעו לידי קלפים שהצירוף שלהם הוא 'צבע

מסודר, ייתכן שהוא אף לא יבחין בכך, מכיוון שבמשחק הברידג' אין לצירוף הנדיר הזה כל ערך. אנו רואים אפוא שאותו צירוף של קלפים יכול להיחשב כמזל נפלא ביותר במשחק הפוקר בגלל נדירותו וערכו, ולהיות חסר משמעות במשחק הברידג', למרות נדירותו, משום שאין לו כל ערך.

ט. העיקרון האנתרופי והאדם המאמין

הדוגמאות שהבאנו לעיל סוללות את הדרך למתן תשובה לשאלה המרכזית שהצגנו: מהן המסקנות שאפשר להסיק מהעיקרון האנתרופי? המפתח לתשובה טמון במידת החשיבות המיוחסת למין האנושי. מהדוגמאות של הפוקר והברידג' אנו למדים שאותו צירוף נדיר המכונה 'צבע מסודר' הוא רב חשיבות בפוקר, אבל חסר משמעות בברידג'; הכול תלוי בהקשר.

כך גם בעיקרון האנתרופי והאדם. ראינו שהיה צורך ב'סדרת אירועים אשר הסבירות להתרחשותם היא נמוכה באופן מדהים,¹³ כדי לאפשר את הופעתו של המין האנושי. על נדירות האירועים האלה מסכימים כל המדענים; זהו בעצם תוכנו המדעי של העיקרון האנתרופי. אולם בטרם נוכל להחליט מהי המשמעות של האירועים האלה, עלינו להחליט על המשמעות של 'התוצר הסופי', כלומר האדם.

אם המין האנושי אינו אלא עוד מין בעולם החי, שהחשיבות הנודעת לו אינה גדולה מזו של כל אחד משני המיליונים של מינים אחרים שנתגלו עד כה (כפי שגורסת הגישה החילונית), כי אז אין לעיקרון האנתרופי כל משמעות. כבר ראינו כי הנדירות לעצמה היא חסרת חשיבות, כפי ש'צבע מסודר' בברידג' הוא תופעה נדירה, אך נטולת משמעות כלשהי. ואולם מי שמאמין כי האדם הוא נזר הבריאה וכל היקום כולו לא נברא אלא בשבילו, כמו שקובעת המסורת התורנית מזה אלפי שנים, הרי בעיניו יש לעיקרון האנתרופי משמעות רבה ביותר, בדומה לצירוף 'צבע מסודר' במשחק הפוקר.

לסיכום, המדענים גילו כי קיומו של האדם התאפשר עקב סדרה של אירועים נדירים ביותר. דבר זה מוסכם על הכול. העיקרון האנתרופי היה לעובדה מדעית מוסכמת. אלא שהאדם שאינו מאמין 'משחק ברידג'', ואי לכך אין לעיקרון האנתרופי כל חשיבות בעיניו, ואילו האדם המאמין 'משחק פוקר', ולכן העיקרון האנתרופי הוא עוד דוגמה להרמוניה המופלאה שבין המדע לבין התורה.

13. גולד, עמ' 14.