

על הממשות כמבנה מתמטי

מחקר לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה"

מאת

מריוס כהן

הוגש לסינאט אוניברסיטת בן גוריון בנגב

פברואר 2008

אדר א' תשס"ח

באר שבע

על הממשות כמבנה מתמטי

מחקר לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה"

מאת

מריוס כהן

הוגש לסינאט אוניברסיטת בן גוריון בנגב

אישור המנחה _____

אישור דיקן בית הספר ללימודי מחקר מתקדמים ע"ש קרייטמן

פברואר 2008

אדר א' תשס"ח

באר שבע

העבודה נעשתה בהדרכת

ד"ר דליה דראי

במחלקה לפילוסופיה

בפקולטה למדעי הרוח והחברה

להורי היקרים,

שלא זכו להגיע לרגע הזה

תקציר

השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" שהיידגר קרא לה: "שאלת היסוד של המטאפיזיקה", מעוררת פליאה, יראה ותסכול אולי יותר מכל שאלה פילוסופית אחרת. הדעת אינה סובלת לא את האפשרות שהיקום נוצר מלא-כלום ללא סיבה ראשונית, ולא את האפשרות שהיקום היה קיים מאז ומתמיד ללא סיבה טרנסצנדנטית, עובדה שמעוררת אצל פיזיקאים ופילוסופים רבים תחושה של חוסר אונים לנוכח השאלה. בחיבור זה אציג את הניסיונות השונים שנעשו להתמודד עם השאלה, שנכון להיום אין לה תשובה, ועל בסיס שתי הנחות המתיישבות עם זרמים מרכזיים בפילוסופיה העכשווית (פיזיקליזם וסטרוקטורליזם מתמטי), אציע לבעיה פתרון ייחודי ורדיקלי, אנסה להגן עליו, ואראה שיש לו כוח הסברי גם בתחומים אחרים במחקר הפיזיקלי.

בפרק הראשון אסקור את הגישות המרכזיות הנוגעות לשאלת היסוד של המטאפיזיקה, ואטען שאף אחת מהן אינה מקרבת אותנו לתשובה אפשרית, ושכמכלול הן רק מדגישות את חוסר-האונים שלנו לנוכח השאלה. חוסר אונים זה הביא הוגים אחדים כמו אייר, ויטגנשטיין, אדווארדס, קסטנבאום וגרונבאום, וגם פיזיקאים כמו ויינברג, לטעון שהשאלה עצמה היא חסרת משמעות, ועל כן גם אין אפשרות לענות עליה. אולם עמדה זו ספגה ביקורת רבה, שעליה אוסיף גם ביקורת שלי. הוגים אחרים, כמו ראסל, סמית', פרפיט, סמארט ופלמינג, ומדענים כמו לובל, דייויס ופונמפרומה טענו שהשאלה אמנם לגיטימית, אך מסיבות עקרוניות (בין אם אונטולוגיות או אפיסטמולוגיות) לעולם לא נוכל לענות עליה. נראה שקשה להצדיק את העמדה שלהיות העולם (או לאיזושהי עובדה אחרת) פשוט אין הסבר, ולגבי האפשרות שלעולם לא נוכל למצוא הסבר זה, הרי שניסיון העבר מלמד אותנו שמה שבתקופה מסוימת נחשב לבלתי-אפשרי הופך עם השנים לא פעם לאפשרי ואפילו למובן מאליו.

ניסיונות אחדים לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה מתבססים על סוגים שונים של הכרח: הכרח תיאולוגי (האל קיים בהכרח והוא זה שברא את העולם), הכרח מטאפיזי (על בסיס עקרוניות ותפישות מטאפיזיים), הכרח נומולוגי (קיומו של היקום הינו חוק טבע), הכרח אנליטי (הוכחת קיומו של העולם באמצעות ניתוח מושגי) והכרח לוגי (הוכחת קיומו של העולם באמצעות

הלוגיקה). בפרק זה אראה שאף אחד מניסיונות אלו אינו חף מכשלים, כך שנראה שלפחות סוגים אלו של הכרחנות אינם מסוגלים לענות באופן מספק על השאלה "למה בכלל יש משהו?".

גם הניסיונות לתת לשאלה תשובה פיזיקלית, כמו אלו של טיירון (העולם נוצר כתוצאה מתנודה קוואנטית של הריק), סמית' (שרשרת אינסופית של מפצים גדולים), גריבין (אבולוציה של יקומים) והוקינג (יקום בעל מרחב-זמן סגור) אינם "מספקים את הסחורה". הבעיה עם תיאוריות פיזיקליות מעין אלו היא שהן אינן מבוססות, ומאחר שהן תמיד מניחות את קיומו של דבר מה ראשוני ובלתי מוסבר, הן אינן נותנות תשובה סופית לשאלה.

עמדה מעניינת אחרת שאבקר היא העמדה השיוויונאית של נוזיק וואן אינוואגן, שלפיה אי-קיום איננו מצב טבעי יותר מקיום, ולכל אחת מאפשרויות אלו יש הסתברות מסוימת. מכאן, על-פי העמדה השיוויונאית, שעצם קיומו של העולם אינו אלא תוצאה של מקריות סטטיסטית. אנסה להראות שעמדה זו לוקה בכשלים רבים, ושהיא אינה פותרת את הבעיה.

לבסוף אציג מספר עמדות טלאולוגיות אקסילוגיות, שרווחו בעיקר בעבר (פיתגורס, אפלטון ולייבניץ), אף כי אחדות מהן (כמו אלה של לזלי, רשר ופרפיט) מוצעות גם היום כתשובה אפשרית לשאלת היסוד של המטאפיזיקה. אולם עמדות אלו בהקשר של תופעות פיזיקליות אינן עולות בקנה אחד עם תפישת המדע המודרני, והן מעוררות יותר בעיות מאשר הן מתיימרות לפתור.

אנו נשארים, אם-כן, חסרי אוניס נוכח "השאלה האפלה ביותר בכל הפילוסופיה", כפי שכינה אותה ויליאם גיימס, ונראה שהקשיים לענות עליה הם לא רק עניין של מגבלות אמפיריות (כמו, למשל, השאלה אם יש חיים במערכות כוכבים אחרות), אלא עקרוניים. קשיים אלו יוצרים משבר הכרתי, ורומזים, בהעדר כל מסגרת תיאורטית לתשובה אפשרית, שכל פתרון סביר, התואם את תפישת המדע המודרני, ואשר יינתן אי-פעם לבעיה, חייב להיות רדיקלי באופיו. וכזה הוא הפתרון המוצע בחיבור זה.

בפרק השני אציג את התפישה הסטרוקטורליסטית בפילוסופיה של המתמטיקה, שהינה עמדה ריאליסטית-אפלטוניסטית לגבי מבנים מתמטיים. על-פי תפישה זו קיומם של מבנים מתמטיים אינו מותנה בהכרה תבונית או בקיומם של מודלים קונקרטיים למבנים אלו, ואף לא בקיומו של עולם פיזיקלי. מבנה מתמטי (סטטי או דינמי) הינו יציר מופשט, אשר כולל אוסף של אובייקטים מופשטים וחסרי מבנה פנימי, המקיימים ביניהם אוסף של יחסים מופשטים. מבנה מופשט כזה עשוי לייצג מערכת כלשהי, שמערך היחסים בין האלמנטים שלה איזומורפי לזה של המבנה. מערכת כזו, בהיותה בעלת תוכן מוגדר, מהווה מודל שלו. למבנה ולמודלים שלו יש תיאור

פורמלי משותף - אמצעי לשוני אפיסטמי שמאפשר לנו לתאר אותם ולחקור את תכונותיהם. התמונה המטאפיזית שאפרוש בחיבור זה תשתמש בהגדרה זו של מבנים ובעמדת הסטרוקטורליזם המתמטי כהנחת יסוד.

בפרק השלישי אציג את התזה האפלטונית-פיתגוראית, שפורשת תמונה מטאפיזית נטורליסטית (כלומר, כזו שמתיישבת עם תובנות המדע המודרני), ואשר במסגרתה, כך אטען, ניתן לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה. ואלו הם עיקריה של העמדה האפלטונית-פיתגוראית:

1. הממשות אינה אלא מבנה מתמטי. זוהי עמדה רדוקטיבית שמזהה את האלמנטים הפיזיקליים של הטבע עם האלמנטים של מבנה מתמטי מופשט, כשחוקי הטבע הם ביטוי לחוקיות שמאפיינת את מערך היחסים שאובייקטים אלו מקיימים בינם לבין עצמם.
2. ה"פיזיקליות" שאנו מייחסים לממשות נובעת מאופן פעולתה של ההכרה, שמהווה חלק ממבנה מתמטי זה, ותופשת אותו כמוחשי באמצעות מנגנוני התפישה החושית (לכן "פיזיקליות" הינו היבט אפיסטמולוגי, לא אונטולוגי, של הממשות).
3. תמונה מטאפיזית זו מספקת תשובה מיידיית לשאלת היסוד של המטאפיזיקה: היקום קיים (אפלטונית) כמבנה מתמטי מופשט, ואינו זקוק לסיבה טרנסצנדנטית כדי להתקיים.
4. לא קיימת "פיזיקליות ממש" (כלומר, כזו ששונה אונטולוגית ממבנה מתמטי). קיימים מבנים מתמטיים רבים, והמורכבות של חלק מהם מאפשרת את הופעתה של הכרה, אשר תופשת את סביבתה המופשטת כ"פיזיקלית". ניתן לראות מבנים כאלו, שבהם מתפתחת הכרה, כ"פיזיקליים".

תזה זו, אשר נוגדת את האינטואיציות שלנו לגבי אופי הממשות, מעלה מספר קשיים, ובפרק זה אנסה לענות עליהם:

- קושי ראשון: הממשות הקונקרטית נתפשת כשונה מהותית ממבנים אפלטוניים מופשטים. האם ניתן להסביר פער תפישתי זה במסגרת התזה האפלטונית-פיתגוראית? תשובה: הפער בין הפיזיקלי למתמטי איננו פער אונטולוגי, אלא אפיסטמולוגי. אנו תופשים את הממשות המופשטת, שאנו חלק ממנה, באמצעות מנגנון הכרתי שמייצר חוויות של מגע, צבע, צליל, ריח וכו', שמקנות לנו את תחושת הקונקרטיות של העולם. לעומת זאת את המבנים המתמטיים שאנו הוגים אנו תופשים באמצעות מנגנון הכרתי שונה: מנגנון רציונלי, לפחות בחלקו לשוני. מכיוון ששני מנגנונים הכרתיים אלו, זה

שתופש את הממשות, וזה שעוסק במתמטיקה, הם מנגנונים שונים, הממשות נתפשת על-ידי ההכרה כשונה אונטולוגית ממבנים מתמטיים מופשטים. מכאן שקונקרטיה הינה היבט אפיסטמולוגי ולא אונטולוגי של הממשות.

- קושי שני: כיצד יכולה הכרה (כולל תופעת התודעה) להתפתח במבנה אפלטוני מופשט? תשובה: אנו איננו יודעים גם כיצד תודעה יכולה להופיע בעולם פיזיקלי חומרי. התזה האפלטונית-פיתגוראית על-כן אינה יוצרת את הפער ההסברי שכבר קיים. תחת הנחה של פיזיקליזם רדיקלי (השלטת במחקר הניירו-פיזיולוגי), התודעה היא אכן תוצר של החומר, ועל-כן האפשרות שהממשות החומרית אינה אלא מבנה מופשט מגלמת בתוכה גם את תופעת התודעה (נראה שתיאוריה פונקציונליסטית של הנפש, שהינה התיאוריה המקובלת ביותר כיום בתחום זה, מתיישבת עם התזה האפלטונית-פיתגוראית).

- קושי שלישי: האם מבנה מתמטי מסוגל להסביר את העושר הרב של התופעות שקיימות בעולמנו? תשובה: החוקיות הבסיסית של המבנה המופשט יכולה להיות פשוטה יחסית (דבר שמתבטא גם בשאיפה לצמצום תיאוריות פיזיקליות), שכן במבנים מתמטיים רבים חוקיות פשוטה מאפשרת את קיומן האמרגנטי של רמות מורכבות גבוהות יותר (כמו, למשל, במשחק החיים של קונוויי).

- קושי רביעי: כיצד יכול מבנה מתמטי להסביר את הדינמיות של הממשות, אשר מאופיינת בהשתנות תמידית? תשובה: קיימות שתי עמדות מרכזיות לגבי מהות הזמן: האחת גורסת שהזמן הוא דינמי, דהיינו, שרק ההווה הוא ממשי, ושהעולם מאופיין בשינויים ממשיים ובתכונת "הוֹוִיּוּת" שמתקדמת בהתמדה מהעבר אל העתיד. העמדה השניה גורסת שהזמן הוא סטטי במובן זה שכל הזמנים מאז ועד עולם ממשיים באותה מידה, וה"הווייט" איננה ממשית אלא נקודת מבט של ההכרה. כל אחת מעמדות אלה מתאימה לאחד משני סוגים של מבנים מתמטיים (שתחת תנאים מסוימים אף ניתן להוכיח שהם שקולים): זמן סטטי מתאים למבנה מתמטי סטטי (כדוגמת האריתמטיקה או הגיאומטריה האוקלידית), ואילו זמן דינמי מתאים למבנה מתמטי דינמי (כדוגמת אלגוריתם שמופעל על מבנה נתונים, למשל ב"משחק החיים").

- קושי חמישי: אם הממשות היא מבנה מתמטי, מדוע דווקא מבנה זה? תשובה: מתוך אינספור המבנים המתמטיים שקיימים, זהו המבנה המתמטי שאֲנֵנו מתקיימים בו, ואנו חווים אותו ולא אחר משום היותנו חלק ממנו ולא ממבנה אחר.

כמו כן אציג בפרק זה טיעון התומך בתמונה המטאפיזית שהתזה האפלטונית-פיתגוראית מציעה, ואשר מסתמך על שתי הנחות היסוד של חיבור זה, פיזיקליזם וסטרוקטורליזם: החיפוש אחר ה"תיאוריה של הכל" הינו בבחינת החיפוש אחר המבנה המתמטי האיזומורפי לממשות הפיזיקלית. אולם על-פי הגדרת האיזומורפיזם לכל עובדה בעולם הממשי יש אמת מקבילה במבנה האיזומורפי לה, כולל (תחת הנחת הפיזיקליזם) עובדות הנוגעות לאופן פעולת ההכרה, ובפרט העובדה שהיא, ההכרה, תופשת את סביבתה כמוחשית. אי-לכך הכרה תבונית אינה יכולה לדעת על סמך התנסויותיה אם היא מתקיימת בעולם הפיזיקלי או במבנה המתמטי האיזומורפי לו, ואפשרי על-כן שאנו מתקיימים למעשה במבנה מתמטי זה, אף שאנו חווים אותו כממשות פיזיקלית. אך מאחר שקיומו של מבנה מתמטי אינו מותנה בקיומו של עולם פיזיקלי (תחת הנחת הסטרוקטורליזם), בעוד שעצם קיומה של ממשות פיזיקלית "ממש" הוא פרדוקסלי (כפי שתואר לעיל), הרי שמוצדק להניח שהממשות היחידה הקיימת היא הממשות המתמטית.

לתזה האפלטונית-פיתגוראית יש כוח הסברי מעבר ליכולתה לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה, ובזה עוסק הפרק הרביעי של החיבור: עצם העובדה ש"ספר הטבע כתוב בשפת המתמטיקה" בא לידי ביטוי במחקר הפיזיקלי המודרני, הן בשימוש שנעשה בשיקולים מתמטיים טהורים לחיזוי תופעות והן בגילויים של חוקים פיזיקליים אשר ניתן לתארם רק באמצעות המתמטיקה. אולם הקשר ההדוק והבלתי ניתן להפרדה בין הממשות הפיזיקלית לעולם המתמטי האפלטוני גובל במסתורין, והעלה תהיות בקרב הוגים, פיזיקאים ומתמטיקאים רבים. התזה האפלטונית-פיתגוראית פותרת מסתורין זה בכך שהיא מצמצמת את הפער האונטולוגי בין הפיזיקלי למתמטי: הממשות הפיזיקלית היא בעצמה מבנה מתמטי, וכל תופעות הטבע הן ביטוי לחוקיותו המתמטית של מבנה זה.

תיאוריות פיזיקליות אחדות, כמו גם מספר עמדות פילוסופיות, עושות שימוש בהשערה בדבר קיומם של אינספור עולמות המתקיימים במקביל לעולמנו, בחלקם דומים לזה שלנו ובחלקם שונים ממנו מהותית. אולם גם אם לתיאוריות אלו יש כוח הסברי (כמו במקרה של בעיית "הכוונון העדין" של קבועי הטבע), הרי שהמחיר האונטולוגי שתיאוריות ועמדות פילוסופיות אלה משלמות הוא עצום, שכן מדובר באינספור עולמות פיזיים, שלא תמיד התיאוריה מספקת את התשובה לגבי מנגנון היווצרותם או את המשמעות של "במקביל לעולמנו". התזה האפלטונית-פיתגוראית גורסת שכשם שעולמנו אינו אלא מבנה מתמטי טהור, כך גם מבנים מתמטיים אחרים מהווים עולמות בפני עצמם, שבחלקם אפשר ומתפתחת הכרה, אשר מפרשת את סביבתה המתמטית כפיזיקלית. "הכוונון העדין" של קבועי הטבע נובע, אם כן, מהעובדה

שמתוך אינספור המבנים המתמטיים הקיימים, רק באלו שהם בעלי תכונות מסוימות מאוד תתכן התפתחות של הכרה תבונית.

לתזה האפלטונית-פיתגוראית יש גם יתרון פסיכולוגי בקבלת מוזרויות הטבע כפי שהן באות לידי ביטוי בפיזיקה המודרנית, מוזרויות שמציגות את המרחב, הזמן ותופעות הטבע באופן הנוגד את האינטואיציות של "השכל הישר". ההבנה שמדובר במוזרויות מתמטיות ולא פיזיקליות מקל עלינו פסיכולוגית בבואנו לקבלן, שכן להכרה שלנו קל יותר לקבל את קיומם של מבנים מתמטיים בעלי תכונות יוצאות דופן (כמו קשרים א-לוקליים, אי-דטרמיניזם או ממדים אינסופיים) מאשר את קיומה של ממשות פיזיקלית כה מוזרה כפי שהפיזיקה המודרנית חושפת בפנינו.

מלות מפתח :

אוורט, אונטולוגיה, אחדות המדע, איזומורפיזם, אפלטון, אפלטוניזם, גלילאו, היידגר, הכרה, העקרון האנתרופי, ויגנר, יקום, כוונן עדין, לייבניץ, מבנה מתמטי, מורכבות, מטאפיזיקה, סטרוקטורליזם, סיבה ראשונית, עולמות אפשריים, עולמות מרובים, פיזיקליזם, פיתגורס, קוויין, קוסמולוגיה, רדוקציה, ריאליזם מודלי, שאלת היסוד של המטאפיזיקה, שפירו

תוכן העניינים

i	תקציר
1	מבוא
3	1. מדוע בכלל יש משהו? – שאלת היסוד של המטאפיזיקה
9	1.1 שאלה ללא תשובה? – העמדה הפסימית
9	1.1.1 הטענה שהשאלה "מדוע מבכלל יש משהו?" היא חסרת משמעות
10	א. עמדת הפוזיטיביזם הלוגי
11	ב. הפרת הדקדוק הלוגי של המלה "מדוע"
14	ג. הדרישה לתנאים קודמים במסגרת של תיאוריה פיזיקלית
15	ד. עמדתו של ויטגנשטיין
17	ה. השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" היא שאלה לגיטימית
18	1.1.2 הטענה שלֵהיות העולם אין הסבר
19	א. היות העולם כעובדה סתמית
21	ב. האם יש כאן מה להסביר או לא?
24	1.1.3 הטענה בדבר אי-יכולתנו העקרונית למצוא את התשובה לשאלה
24	א. פסימיות מוחלטת
26	ב. אופטימיות זהירה
28	1.2 הכרחנות – הסברים מבוססי הכרח
29	1.2.1 הכרחנות תיאולוגית
29	א. טיעונים שאין בהם משום קביעה לגבי הכרח קיומו של האל
32	ב. טיעונים לגבי הכרח קיומו של האל
34	1.2.2 הכרחנות מטאפיזית
34	א. מוניזם ועקרון הסיבתיות
35	ב. אסנציאליזם
36	ג. ריאליזם מודלי
37	1.2.3 הכרחנות נומולוגית

38	1.2.4 הכרחנות אנליטית
40	1.2.5 הכרחנות לוגית
42	1.3 עמדות נטורליסטיות
42	1.3.1 מודלים של יקום עם התחלה
43	1.3.2 מודלים של יקום ללא התחלה
45	1.4 הגישה השיוויונאית – מטאפיזיקה ללא אפליה
45	1.4.1 עקרון השיוויונאות
47	1.4.2 עקרון הפורות
48	1.5 עמדות טלאולוגיות
48	1.5.1 הסברים טלאולוגיים במדע
49	1.5.2 הסברים אקסיוולוגיים
51	1.6 פסימיות או אופטימיות זהירה?
52	סיכום פרק 1
54	2. על אפלטוניזם ביחס למבנים מתמטיים - העמדה הסטרוקטורליסטית
56	2.1 סטרוקטורליזם מתמטי
56	2.1.1 מערכת
57	2.1.2 מבנה
59	א. האריתמטיקה של פיאנו
61	ב. הגיאומטריה
63	2.1.3 מודל, הדגמה, ייצוג והפשטה
66	2.1.4 מבנים מתמטיים
67	2.1.5 תיאור פורמלי
68	2.1.6 מערכת אקסיומטית
69	2.1.7 איזומורפיזם
71	2.1.8 מבנים דינמיים
74	2.2 ריאליזם מתמטי
74	2.2.1 סוגים של ריאליזם
77	2.2.2 קונסיסטנטיות
79	2.2.3 חיוניותה של העמדה הסטרוקטורליסטית לחיבור זה

81	סיכום פרק 2
82	3. על הממשות כמבנה מתמטי - הצגת התמונה המטאפיזית
83	3.1 אילו אופציות עוד פתוחות בפנינו?
83	3.1.1 סיכום מצב
84	3.1.2 צמצום תיאוריות
85	א. רדוקציה
87	ב. נסמכות
87	ג. אמרגנטיות
89	3.1.3 פיזיקליזם ואחדות המדע
91	3.2 התזה האפלטונית-פיתגוראית
92	3.2.1 התשובה האפלטונית-פיתגוראית לשאלת היסוד של המטאפיזיקה
94	3.2.2 הגדרה שונה לפיזיקליות
96	3.2.3 הכל מספרים?
97	3.3 בעיות העולות מן התזה ותשובות אפשריות
97	3.3.1 צמצום הפער האונטולוגי בין הפיזיקלי למתמטי
99	3.3.2 הופעה של הכרה במבנה מופשט
100	3.3.3 מורכבות הטבע
100	א. חבורת מנדלברוט
102	ב. משחק החיים
103	3.3.4 מבנה סטטי או מבנה דינמי
104	3.3.5 מדוע צריכים הם להימצא כך ולא אחרת?
105	3.4 טיעון האיזומורפיזם
105	א. ההנחות
105	ב. הטיעון
108	סיכום פרק 3
111	4. על כוחה ההסברי של התזה האפלטונית-פיתגוראית
112	4.1 "ספר הטבע כתוב בשפת המתמטיקה" – פתרונה של תעלומה נוספת
114	4.1.1 התעלומה
119	4.1.2 פתרון התעלומה

120	.....	4.2 עולמות מרובים
120	.....	4.2.1 כל העולמות האפשריים
122	.....	4.2.2 עולמות בסופרפוזיציה
123	.....	4.2.3 "הכוונן העדין" של קבועי הטבע והעיקרון האנתרופי
123	.....	א. התעלומה
123	.....	ב. הסבר סטטיסטי על-בסיס ריבוי עולמות
125	.....	ג. בסיס אונטולוגי איתן להסבר הסטטיסטי
126	.....	4.2.4 היקום כמבנה מתמטי במחקר הפיזיקלי
127	.....	4.3 הפיזיקה המודרנית וההכרה - היתרון הפסיכולוגי
127	.....	4.3.1 תורת היחסות
130	.....	4.3.2 תורת הקוואנטים
132	.....	4.3.3 וזה לא הכל
132	.....	4.3.4 היתרון הפסיכולוגי
133	.....	4.3.5 האינסוף הבלתי נתפש
135	.....	סיכום פרק 4
137	.....	סיכום
140	.....	ביבליוגרפיה
I	.....	Abstract

מבוא

השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" , שזכתה להקרא "שאלת היסוד של המטאפיזיקה", נחשבת על-ידי הוגים רבים לשאלה בעייתית ומתסכלת, שוויליאם גיימס אף קרא לה "השאלה האפלה ביותר בכל הפילוסופיה". העובדה שקיים יקום, על המרחב והזמן שבו, ועל החומר והאנרגיה שממלאים אותו, מעוררת קשיים רבים: האם היקום נוצר יש מאין? האם הוא קיים מאז ומתמיד? כל אחת מאפשרויות אלו נתפשת כבעייתית, שכן קשה מאוד לקבל את האפשרות, שהיקום הופיע לפתע פתאום ללא שום סיבה, או את האפשרות החלופית, שהוא היה קיים בגרסה זו או אחרת מאז ומתמיד, ללא סיבה ראשונית. בחינתן של שתי חלופות אלו הביאה הוגים רבים למסקנה שלִהיות העולם כלל לא יתכן הסבר רציונלי, ובעטיה אף ניסח קאנט את האנטינומיה הראשונה של התבונה הטהורה. אפילו מדע הפיזיקה, שאמור להיות הסמכות העליונה בכל הנוגע ליקום בכללותו (בפרט פיזיקת החלקיקים האלמנטריים ומדע הקוסמולוגיה), לא רק שאינו מסוגל לענות על השאלה, אלא אף אין ביכולתו להציע מסגרת מתאימה לתשובה אפשרית.

מטרתו של חיבור זה היא להציע תזה מטאפיזית נטורליסטית, שבמסגרתה אפשר לספק תשובה סבירה לשאלה "מדוע בכלל יש משהו?" (במובן של משהו פיזיקלי קונקרטי). בפרק הראשון של החיבור אסקור את הניסיונות השונים שנעשו להשיב על השאלה (או להציגה כבלתי לגיטימית), ואטען שאף אחד מהם אינו מקרב אותנו לתשובה אפשרית, ושכמכלול ניסיונות כושלים אלו רק מדגישים את חוסר-האונים שלנו לנוכח שאלה מתסכלות זו. בפרק השני אציג את הרקע המתמטי התיאורטי לתזה שחיבור זה מציע, עם דגש על העמדה הסטרוקטורליסטית, שהינה עמדה מרכזית בפילוסופיה העכשווית של המתמטיקה. בפרק השלישי של החיבור אציג את התזה עצמה, ואראה כיצד היא מספקת תשובה אפשרית לשאלת היסוד של המטאפיזיקה, תשובה אשר על אף היותה בעלת אופי נטורליסטי (כלומר, מתיישבת עם דרכי הסבר מדעיות), היא אנטי-אינטואיטיבית ורדיקלית במהותה. על-כן אקדיש חלק נכבד מפרק זה כדי לענות על קשיים והתנגדויות שהיא עשויה לעורר. טענתי המרכזית תהיה, שהתמונה המטאפיזית שהתזה פורשת, על אף היותה נוגדת את תפישת הממשות האינטואיטיבית שלנו, היא קוהרנטית, והיא מכוננת עמדה מטאפיזית סבירה. בפרק הרביעי והאחרון אנסה להראות שלתזה זו יש כוח הסברי מעבר

ליכולתה לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה, ושהיא מצליחה לשפוך אור גם על נושאים
אחרים הנוגעים למחקר הפיזיקלי המודרני.

פרק 1

מדוע בכלל יש משהו? – שאלת היסוד של המטאפיזיקה

אחת השאלות המרכזיות במטאפיזיקה, אשר נוסחה לראשונה על-ידי לייבניץ, היא השאלה: **"מדוע בכלל יש משהו?"**. במאמרו *"עקרונות הטבע והחסד המיוסדים בתבונה"*, שיצא לאור בשנת 1714, הוא כותב¹ (הדגשות במקור):

... כשאנו נשענים על העיקרון הגדול שממעייטים ברגיל להשתמש בו, עיקרון המלמדנו ששום דבר אינו נעשה בלא טעם מספיק... משנקבע עיקרון זה, השאלה הראשונה שרשאים אנו לשאול תהא זו: **מדוע יש דבר-מה ולא לא-כלום?** שהרי הלא-כלום פשוט וקל מדבר-מה. ולא עוד, אלא שאם מניחים שהדברים צריך להם שיתקיימו, צריך שיהא אפשר לתת טעם, **מדוע צריכים הם להימצא כך ולא אחרת.**

כפי שלייבניץ היטיב להבין, השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" קשורה הדוקות לשאלה "מדוע משהו זה הוא כך ולא אחרת?". אולם נניח בינתיים לשאלה הנלווית, ונחזור אליה בהמשך. בספרו *"מבוא למטאפיזיקה"*, שיצא לאור בשנת 1953, הציג גם היידגר את השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" (משום מה בלי אזכור של לייבניץ עצמו), וקרא לה: "שאלת היסוד של המטאפיזיקה". בחוגי הפילוסופיה היא מוכרת כיום כ"שאלה של היידגר"², למרות שלייבניץ, כאמור, שאל שאלה זו למעלה ממאתיים שנה לפניו. מחצית מהפרק הראשון בספרו של היידגר מוקדש לניתוח השאלה, כשבין השאר הוא כותב³ (הדגשה שלי):

הן האדם היחיד והן העמים מרבים לשאול במהלכם ההיסטורי בזמן. הם מחפשים וחוקרים ובודקים דברים רבים לפני שהם נתקלים בשאלה: "מדוע יש בכלל דבר-מה ולא לא-כלום?". רבים גם אינם נתקלים בשאלה זו כל עיקר

¹ לייבניץ, השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות, עמ' 82-83

² בראון, סוגיית היש, עמ' 22

³ Heidegger, An introduction to Metaphysics, p. 1. התרגום מבראון, סוגיית היש, עמ' 23

אף פעם, אם הכוונה לא רק לכך שהאדם ישמע או יקרא את פסוק-השאלה (Fragensatz) כנחוה, אלא: שישאל את השאלה, כלומר יממשה, יציגה, יזדקק למצב ששאלה זו כרוכה בו. ואף-על-פי-כן! כל אחד ממנו נפגע פעם, ואולי אפילו מדי פעם בפעם, מעוצמתה הנסתרת של שאלה זו, בלי לדעת כראוי מה אירע לו.

היידגר, שבעצמו לא ניסה לענות על השאלה⁴, ראה בה את השאלה המקיפה ביותר, העמוקה ביותר והמקורית ביותר⁵. הוא ממשיך וכותב עליה⁶:

With this question philosophy began and with this question it will end, provided that it ends in greatness and not in an impotent decline.

בעיני פילוסופים רבים שאלה זו אכן נחשבת לשאלה המטאפיזית העמוקה והקשה ביותר⁷, שוויליאם גיימס אף קרא לה "השאלה האפלה ביותר בכל הפילוסופיה"⁸:

The question of being is **the darkest in all philosophy**. All of us are beggars here, and no school can speak disdainfully of another or give itself superior airs.⁹

הן תיאורו של היידגר את השאלה כבעלת עוצמה נסתרת והן הכינוי שהדביק לה וויליאם גיימס נובעים מהיותה מעוררת פליאה, יראה ותסכול אולי יותר מכל שאלה פילוסופית אחרת: עובדת קיומו של היקום, על המרחב והזמן שמכוננים אותו, ועל החומר והאנרגיה שממלאים אותו, היא פרדוקסלית, שכן אין הדעת סובלת (מנקודת מבט קדם-תיאורטית) לא את האפשרות שהיקום נוצר לפתע פתאום מלא-כלום (Ex nihilo), שהרי הלא-כלום אינו יכול לספק סיבה

⁴ Nozick, Philosophical Explanations, pp. 115-116

⁵ בראון, סוגיית היש, עמ' 23

⁶ Heidegger, An introduction to Metaphysics, p. 20

⁷ Van Inwagen, Ontology, Identity and Modality, p. 57

⁸ James, Some Problems of Philosophy, p. 46

⁹ הדגשה שלי

ראשונית שתחולל בריאה, ולא את האפשרות החלופית, שהיקום היה קיים מאז ומתמיד (כפי שאריסטו וניוטון, למשל, סברו) ללא שום סיבה טרנסצנדנטית לקיומו.

קאנט התייחס לדילמה זו כאל האנטינומיה הראשונה של התבונה הטהורה (שכוללת דילמה דומה לגבי המרחב), וניסה להראות שמהנחה שהעולם קיים מאז ומתמיד נובע, על-דרך השלילה, שלעולם יש התחלה בזמן, ולהפך¹⁰:

העולם יש לו התחלה בזמן... כי נניח: העולם אין לו התחלה מבחינת הזמן. אז חלף נצח עד לכל נקודה זמנית נתונה, ולפיכך, נקף טור אינסופי של דברים בעולם, הבאים בזה אחר זה. והנה, טבעה של אין-סופיות הטור הוא דווקא במה שאין היא עשויה להיות מושלמת לעולם על-ידי הרכבה תכופה. משמע, טור אינסופי שנקף אינו מן האפשר, ולפיכך התחלת העולם היא תנאי הכרחי למציאותו.

וכן:

העולם אין לו התחלה... אלא הוא אינסופי, הן מבחינת הזמן והן מבחינת החלל... כי נניח: העולם יש לו התחלה. מכיוון שההתחלה היא מציאות, שקודם לה זמן שבו הדבר איננו - הרי מן ההכרח שקדם זמן, שבו לא היה העולם קיים, כלומר, זמן ריק. והנה, זמן ריק לא תיתכן בו התהוות של דבר כלשהו, כי אין שום חלק של זמן כזה לגבי חברו תנאי מבדיל כלשהו לצד המציאות לעומת ההעדר (בין המציאות מתהווית מתוך עצמה בין על-ידי סיבה אחרת). לפיכך, אמנם, אפשר כי בעולם יתחיל טור כלשהו של דברים, אולם אי-אפשר שהעולם עצמו תהיה לו התחלה. ונמצא שהוא, מבחינת הזמן שעבר, אין סופי.

על חשיבותה של דילמה זו בהיסטוריה של הפילוסופיה כתב וויליאם גיימס¹¹:

This dilemma, of having to choose between a regress which, although called infinite, has nevertheless come to a termination, and an absolute first, has played a great part in philosophy's history.

¹⁰ קאנט, ביקורת התבונה הטהורה, עמ' 226-231 (B454-61)
¹¹ James, Some Problems of Philosophy, pp. 38-40

אפילו מדע הפיזיקה, שאמור להיות הסמכות העליונה בכל הנוגע ליקום בכללותו, לא רק שאינו מסוגל לענות על השאלה, אלא אף אין ביכולתו להציע מסגרת מתאימה לתשובה אפשרית. הפיזיקאי הנודע סטיבן הוקינג תהה על עובדת קיומו של העולם בכותבו¹²:

Why does the universe go to all the bother of existing? What is it that breathes fire into the equations and makes a universe for them to describe?

המדען, הסופר וההומניסט ז'וליאן האקסלי טען שהמדע הוא זה שמעמת אותנו עם המסתורין שבקיומו של היקום, אך המדע עצמו אינו מסוגל להסיר מסתורין זה, ועלינו להשלים עם עובדת היותו של היקום כעם מסתורין בסיסי¹³.

הן חוסר-האוניס נוכח השאלה והן ההכרה בעוצמתה צצים בהקשרים שונים בכתבים פילוסופיים מאז שהיא הוצגה לראשונה על-ידי לייבניץ ועד ימינו. שלר, למשל, כתב על-כך¹⁴:

He who has not, as it were, looked into the abyss of the absolute Nothing will completely overlook the eminently positive content of the realization that there is something rather than nothing.

שופנהאור הודה, שגם התפישה המטאפיזית שלו, שאותה החשיב כתפישה המטאפיזית האולטימטיבית, אינה מסוגלת לענות על השאלה¹⁵:

My philosophy does not pretend to explain the existence of the world... A perfect understanding of the existence, nature, and origin of the world, extending to its ultimate ground and satisfying all demands, is impossible. So much to the limits of my philosophy, and indeed **of all philosophy**.¹⁶

¹² Hawking, A Brief History of Time, p. 174

¹³ Huxley, Julian, Essays of a Humanist, pp. 107-108

¹⁴ Scheler, On the Eternal in Man, p. 99

¹⁵ Schopenhauer, Arthur. The World as Will and Idea, §50

¹⁶ הדגשה שלי

נוזיק מדבר על משבר הכרתי לנוכח העובדה שאף אחת מהחלופות האפשריות לגבי

שרשרת ההסברים הסיבתיים בטבע אינה מתקבלת על הדעת¹⁷:

Either the chain goes on infinitely, or it goes in a circle, or it reaches an end-point, either a simple point or a self-subsuming loop. **What result would not constitute a crisis**¹⁸?

פרפיט מדגיש את עוצמת השאלה לנוכח האפשרות החלופית שלא היה קיים דבר¹⁹:

Why is there a Universe at all? It might have been true that nothing ever existed: no living beings, no stars, no atoms, not even space or time... **No question is more sublime** than why there is a Universe: why there is anything rather than nothing.²⁰

קוונטין סמית' מייחס להכרה בעובדת קיומו של העולם השפעה מהממת²¹:

[This world] exists nonnecessarily, improbably, and causelessly. It exists *for absolutely no reason at all*. It is *inexplicably* and *stunningly actual* . . . The impact of this captivated realisation upon me is overwhelming. I am completely stunned. I take a few dazed steps in the dark meadow, and fall among the flowers.²²

וארתור ווידרול אף הקדיש ספר שלם לדיון ביראה שהשאלה מעוררת²³.

¹⁷ Nozick, Philosophical Explanations, p. 137

¹⁸ הדגשה שלי

¹⁹ Parfit, "Why anything? Why this?", p. 24

²⁰ הדגשה שלי

²¹ Smith, The Felt Meanings of the World: A Metaphysics of Feeling, pp. 300-301

²² הדגשות במקור

²³ Witherall, The Problem of Existence

חוסר אונים זה לנוכח השאלה בא לידי ביטוי אף בניסיונות החריגים לענות עליה, כמו, למשל, זו של וויד'רול עצמו, שמציע את האפשרות שהקיום נותן לנו את עצמו כמתנה²⁴; הצעתו של נוזיק (ברוח היידגר) לאפשרות קיומו של כוח מאיין, שמאיין את האין וכך נוצר משהו²⁵; או האפשרות שהעלה גיים הולט, שבאין יקום גם אין חוקים, ובכללם חוק האוסר על יצירת יש מאין²⁶ (נראה שהולט עצמו לא התייחס לרעיון זה ברצינות יתרה, ומעולם לא פיתח אותו לתזה מלאה). פילוסופים אחרים אף ניסו להיחלץ מהמשבר ההכרתי בטענה שהשאלה חסרת משמעות, עמדה שאנסה להפריך להלן.

בפרק זה אסקור את הגישות המרכזיות הנוגעות לשאלת היסוד של המטאפיזיקה, ואטען שאף אחת מהן אינה מקרבת אותנו לתשובה אפשרית, ושכמכלול הן רק מדגישות את חוסר-האונים שלנו לנוכח השאלה.

²⁴ Witherall, The Problem of Existence, pp. 122-156

²⁵ Nozick, Philosophical Explanations, p. 123

²⁶ Holt, "Nothing Ventured", p. 11

1.1.1 שאלה ללא תשובה? – העמדה הפסימית

מול הניסיונות השונים לענות על השאלה "מדוע בכלל יש משהו?", שבהם נעסוק בהמשך הפרק, קיימת הגישה הפילוסופית הפסימית, אשר מותחת ביקורת עקרונית על ניסיונות אלו, וטוענת ששאלת היסוד של המטאפיזיקה היא שאלה שלא ניתן לענות עליה. ניתן לחלק את ההוגים הנוקטים עמדה פסימית זו לשלוש קבוצות:

1. אלו הסבורים שהשאלה היא חסרת משמעות (לא מבחינת היותה בלתי מובנת אלא מבחינה זו שיש בה כשל).

2. אלו שאינם מוצאים פגם בשאלה עצמה, אך טוענים שאין לה תשובה: פשוט אין בנמצא הסבר לעובדת קיומו של העולם (לעתים הגבולות בין שתי העמדות הפסימיות הראשונות אינם חדים, אך בחרתי לסווג אותן על-פי האופן שבו תופשים אותן ההוגים השונים).

3. אלו שטוענים שאף שלשאלת היסוד יש משמעות (כלומר, אין בה כשל), ואף אפשרי שיש לה תשובה, הרי שמסיבות עקרוניות לעולם לא נוכל לדעת אותה, בין אם בשל מגבלות התבונה האנושית, ובין אם בשל מגבלות אמפיריות. כלומר, בניגוד לעמדה השנייה, המכשול שמיוצג בעמדה זו לפתרון התעלומה הוא מכשול אפיסטמולוגי ולא אונטולוגי²⁷: גם אם קיים הסבר לקיומו של היקום, הוא לעולם לא יהיה זמין לנו.

להלן אבחן שלוש עמדות אלו, ותוך כדי כך אנסה להראות מדוע גם בהקשר זה עדיף להיות אופטימי.

1.1.1.1 הטענה שהשאלה "מדוע בכלל יש משהו?" היא חסרת משמעות

על אף שאיש אינו מטיל ספק בהיותה של השאלה מובנת, יש הטוענים שהיא חסרת משמעות מבחינה זו שיש בה כשל, ועל-כן אין היא לגיטימית. להלן אציג מספר עמדות כאלו, ואנסה להראות מדוע הן אינן משכנעות, ומדוע השאלה בכל זאת בעלת משמעות ולגיטימית.

²⁷ מאחר שהמושג *הסבר* יכול לשמש הן במובן האפיסטמולוגי והן במובן המטאפיזי-אונטולוגי, הרי שבאותם מקרים שהבחנה חשובה והמובן הספציפי של המושג אינו ברור מן ההקשר, אציין אותו במפורש.

הפוזיטיביזם הלוגי ראה בטענות מטאפיזיות טענות חסרות משמעות קוגניטיבית על-בסיס היותן בלתי ניתנות לאימות אמפירי. אייר, מייצג מובהק של הפוזיטיביזם הלוגי, הסביר את עקרונות האימות באופן הבא²⁸:

The criterion which we use to test the genuineness of apparent statements of fact is the *criterion of verifiability*. We say that a sentence is factually significant to any given person, if, and only if, he knows how to verify the proposition which it purports to express... **And with regard to questions the procedure is the same**²⁹. We inquire in every case what observations would lead us to answer the question, one way or the other; and, if none can be discovered, we must conclude that the sentence under consideration does not, as far as we are concerned, express a genuine question, however its grammatical appearance may suggest that it does.

אייר, אם כן, טוען, שקריטריון האימות להיותן של טענות בעלות משמעות חל גם על שאלות: אנו צריכים לדעת אילו תצפיות יובילו לתשובה אפשרית, ואם אנו לא מצליחים למצוא תצפיות כאלו סימן שאין מדובר בשאלה בעלת משמעות, גם אם בשל ניסוחה הדקדוקי היא מתיימרת להיות כזו. מאחר שלא ניתן להעלות על הדעת תצפיות כלשהן אשר עשויות להוביל אותנו לתשובה לשאלת היסוד של המטאפיזיקה, הרי שעל-פי עמדה זו השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" היא חסרת משמעות.

אולם קריטריון האימות (לפחות בניסוחו זה) כבר איננו מקובל כבעבר, כשנקודת החולשה העיקרית שלו היא שהוא עצמו אינו עומד בקריטריון המחמיר שהוא מציב, ועל-כן הוא

Ayer, *Language, Truth and Logic*, p. 48²⁸
הדגשה שלי²⁹

קובע גם לגבי עצמו שהוא חסר משמעות קוגניטיבית. ווידירול מותח ביקורת נוספת על עמדה זו³⁰ באומרו שעל-פי קריטריון האימות הרבה שאלות "מדוע" אמורות להיות חסרות משמעות, כמו למשל השאלה: "מדוע גופים נופלים?". אין תצפיות שיכולות לענות על ה"מדוע". קיימת תיאוריה (או אולי אפילו מספר מסגרות תיאורטיות מתחרות), כשהתיאוריה צריכה אמנם להיות ניתנת בעקרון לאישוש או להפרכה על ידי תצפיות, אבל אין מניעה עקרונית לתת במסגרתה תשובה גם לשאלות "מדוע". אפילו שאלות יומיומיות פשוטות כגון "מדוע החלטת ללמוד פילוסופיה?" אין עומדות בקריטריון האימות הנוקשה, אך בוודאי שלא נרצה לטעון שאין להן, לשאלות אלו, משמעות. לכן, טוען ווידירול, קריטריון האימות אינו מצליח לקבוע ששאלת היסוד של המטאפיזיקה היא חסרת משמעות. גם אם היום אנו מגששים בערפל בכל מה שנוגע לתשובה אפשרית לשאלה, אין זה בלתי אפשרי שבעתיד תמצא איזושהי תיאוריה מדעית, שניתן יהיה לאשש אותה אמפירית, ואשר במסגרתה תינתן תשובה גם לשאלה קשה זו.

ב. הפרת הדקדוק הלוגי של המלה "מדוע"

עמדה פסימית נוספת הגורסת ששאלת היסוד של המטאפיזיקה היא חסרת משמעות מיוצגת על-ידי פול אדווארדס, שקורא לשאלה: "the super-ultimate why-question"³¹. אדווארדס טוען שהדקדוק הלוגי של המלה "מדוע" מופר בשאלה זו, והופך אותה לחסרת משמעות. השאלה "מדוע x?" מניחה את קיומם של תנאים אשר אינם כלולים ב-x עצמו, ואשר עשויים לשמש בסיס להסבר הולם ל-x. בפרט, כאשר אנחנו מחפשים הסבר סיבתי, הרי שהשאלה מניחה תנאים הקודמים בזמן ל-x, ואשר בעזרתם ניתן יהיה להסביר את x (אם אנו שואלים, למשל, מדוע עץ מסוים נפל, אנו מניחים שהיו תנאים שקדמו לנפילת העץ, ואשר אליהם אנו פונים כדי לספק את ההסבר המבוקש, למשל: משב רוח חזק, ריקבון השורשים, התפוררות האדמה). בהעדר תנאים כאלו, טוען אדווארדס, השאלה "מדוע" מאבדת את משמעותה הרגילה ואינה משאירה מרחב לוגי לתשובה אפשרית. כאשר מדובר בשאלה "מדוע בכלל יש משהו?" הרי שבגלל היקף השאלה לא יתכנו בעקרון תנאים שאינם כלולים באותו "משהו", ובפרט תנאים הקודמים לו, שכן תנאים אלו הם בעצמם משהו, ועל-כן בהכרח כלולים בדבר שלגביו אנו שואלים.

³⁰ Witherall, The Problem of Existence, p. 21
³¹ Edwards, "Why", pp. 300-301

תומך נוסף בעמדה זו הוא פיטר קסטנבאום (ממשיכי דרכו של היידגר), שמסכים שהשאלה אינה משאירה מרחב לוגי לתשובה, וזאת מכיוון שהיא כללית במידה כזו שהיא חלה אפריורי גם על כל תשובה אפשרית³². זו הסיבה, אומר קסטנבאום, שהשאלה אינה מכוונת לתשובה כלשהי אלא למצב של השתאות לנוכח נס הקיום, שהינו המסתורין הגדול מכולם:

Questions of this sort do not lead to answers but to a state of mind that appreciates the miracle of existence... **the greatest of all mysteries.**³³

ארתור ווידרול אינו מקבל עמדה זו, ומציע שלוש אפשרויות אשר לטענתו אדווארדס אינו לוקח בחשבון³⁴:

1. אותם תנאים שהתשובה לשאלה מתייחסת אליהם, אף אם הם כלולים בעצמם ב"משהו", עשויים להיות כאלו המסבירים את עצמם, או טבעיים במובן זה שאינם זקוקים להסבר (ווידרול אינו מספק דוגמאות לאפשרות כזו, אולם יש להניח שתנועה שוות מהירות עשויה להתאים לכוונתו, שכן, כפי שאראה בהמשך, תנועה כזו אינה כרוכה בשינוי מהותי, ועל-כן ניתן לטעון שאין מה להסביר בה. בסעיף 1.1.2 להלן אתייחס בהרחבה לאפשרות זו). אם כן, לפי ווידרול אפשרי שאותם תנאים, אשר עליהם עשוי להסתמך ההסבר לעובדה שיש משהו, על-אף שאינם חיצוניים או קודמים לאותו משהו, בעצמם אינם זקוקים להסבר, ועל-כן התשובה לשאלה תהיה שלמה.

2. יתכן שההסבר הינו חריג, במובן זה שהוא אינו מתייחס לתנאים קודמים סטנדרטיים. גם לאפשרות זו אין ווידרול מציע דוגמאות, ויתכן שאף לא עלתה בדעתו דוגמה מתאימה, שכן לו דוגמאות כאלו היו שכיחות, הן לא היו בבחינת הסבר חריג. יחד עם זאת נראה שהסברים לא סיבתיים עשויים למלא דרישה זו, ואף כי אין בהסברים כאלו דבר חריג כשלעצמו, הם עשויים להיות חריגים בהקשר ספציפי זה

³² Koestenbaum, Peter. "The Sense of Subjectivity", pp. 47-64

³³ הדגשה שלי

³⁴ Witherall, The Problem of Existence, p. 23

של שאלת היסוד של המטאפיזיקה (האפשרות השלישית להלן מרמזת על-כך שוידירול התכוון כנראה דווקא להסבר סיבתי חריג).

3. יתכן שההסבר הינו טלאולוגי, ועל-כן הוא אינו עושה כלל שימוש בתנאים קודמים או חיצוניים למוסבר (לעמדות טלאולוגיות אתיחס בהרחבה בסעיף 1.5 להלן).

בכל מקרה, טוען ווידירול, ההסבר לשאלה אמור ללא ספק להיות יוצא-דופן ושונה, אך אין זה אומר שהשאלה חסרת משמעות.

את עמדתו של אדווארדס ניתן לתקוף בדרך נוספת, אשר חשובה במיוחד לחיבור זה: אם בשאלה "מדוע בכלל יש משהו?" מכוונים להסבר סיבתי (כמצופה משאלה על אודות קיום פיזי), הרי שאת הדרישה לתנאים הקודמים בזמן אכן לא ניתן למלא, בין אם העולם נוצר יש מאין ובין אם הוא קיים מאז ומתמיד. לעומת זאת אם אנו מכוונים להסבר שאיננו סיבתי, כמו, למשל, הסבר לוגי או הסבר מתמטי, אין משמעות לדרישה לתנאים הקודמים בזמן. כך, למשל, ההסבר לכך שסכום הזוויות במשולש הוא 180° אינו עושה שימוש בממד הזמן, וכל התנאים שההסבר מתייחס אליהם (למשל, אקסיומות הגיאומטריה האוקלידית וכללי ההיסק הלוגיים) אינם קודמים בזמן לעובדת היות סכום הזוויות במשולש 180° (למעשה, זה גם לא יהיה נכון לטעון שהתנאים המסבירים הם בו-זמניים לעובדה המוסברת; הזמן כלל אינו משתתף במשחק הגיאומטרי). מאחר שהצדקה היחידה לדרישת תנאים קודמים בזמן היא הציפייה להסבר סיבתי, הרי שהסבר שאינו סיבתי לשאלת היסוד של המטאפיזיקה יעמוד בביקורת זו (והסבר כזה אכן יוצע בהמשך החיבור). אולם האפשרות שהתשובה לשאלה "מדוע בכלל יש משהו?" תהיה על בסיס של הסבר לא סיבתי מעלה את השאלה האם מסגרת נטורליסטית, אשר תואמת את תפישות המדע המודרני, יכולה בכלל לספק הסבר לא סיבתי לעובדה פיזיקלית (העובדה שיש משהו)? התשובה לכך היא חיובית: המדע המודרני עושה שימוש גם בהסברים לא סיבתיים, כמו, למשל, הסברים רדוקטיביים (תופעת החום מוסברת באמצעות תנועת מולקולות) או הסתברותיים (בתורת הקוואנטים, למשל). הנושא יידון בהרחבה בסעיף 3.1.

עמדה פסימית אשר משלבת את ביקורתו של אדווארדס במסגרת של תיאוריה פיזיקלית, מביא אדולף גרונבאום. גרונבאום סבור³⁵, שתחת הנחת היסוד, שלידתו של היקום (אם היתה כזו) היתה גם לידתו של המרחב-זמן³⁶, יהיה זה חסר משמעות לשאול לגבי סיבות הקודמות בזמן לאירוע, שכן האירוע עצמו מהווה את תחילת הזמן. גרונבאום טוען, שכששואלים את השאלה מדמיינים יקום ריק שמופיעים בו לפתע חומר ואנרגיה, אך זוהי תפישה מוטעית. אין משמעות לביטוי "לפני היות היקום". גם הטענה, שהיווצרות היקום מהווה הפרה חמורה של חוק שימור החומר והאנרגיה, משום שכמות האנרגיה החל מ- t_0 (רגע היווצרות היקום) שונה מזו שלפני t_0 , היא חסרת משמעות, וזאת משום שאין דבר כזה "לפני t_0 ". כל תיאור במונחים של זמן הוא לוקה בהקשר הזה, אומר גרונבאום, כמו למשל תיאורו של הפיזיקאי אוריאר את הרגע t_0 כבריאה "פתאומית", שכן "פתאום" הינו מושג מבוסס זמן. תחת תפישה זו, גם אם הייתה ליקום נקודת התחלה, הרי שהיקום כולו, על החומר והאנרגיה שבו, כמו גם המרחב-זמן עצמו, היה קיים מאז ומתמיד, באשר הביטוי "מאז ומתמיד" מתייחס לכל רגע ורגע בזמן החל מ- t_0 .

בעמדה דומה לזו של גרונבאום מחזיק גם הפיזיקאי סטיבן ויינברג³⁷, שטוען, שמעצם העובדה שבתנאים רגילים לכל רגע אכן יש רגע שקדם לו, לא ניתן להסיק שבתנאים חריגים כמו אלו ששררו במפץ הגדול לא היה רגע חריג כזה, שלא קדם לו אף רגע אחר. הדבר דומה, אומר ויינברג, להנחה המבוססת על התנסויותינו היומיומיות, שתמיד יכול להיות עוד יותר קר, או שתמיד ניתן להתקדם עוד יותר צפונה, אולם בתנאים חריגים, כמו בטמפרטורת האפס המוחלט או בקוטב הצפוני, אפשרויות אלו אינן נתונות לנו: לא הביטוי "קר מהאפס המוחלט" ולא הביטוי "צפונית לקוטב הצפוני" הם ביטויים קוהרנטיים. אפשרי, אם כן, שבאופן אנלוגי גם הביטוי "לפני המפץ הגדול" איננו קוהרנטי, וזאת בניגוד להתנסותנו היומיומית ולאינטואיציות שלנו, שתמיד יש משמעות לביטוי "לפני א", באשר x הוא אירוע כלשהו או רגע נתון בזמן.

אולם עמדה כזו אינה מספקת, כי גם אם לכל אירוע בזמן יש הסבר המבוסס על אירועים קודמים (תחת ההנחה של גרונבאום שתחילתו של היקום ב- t_0 אינה יכולה להיחשב לאירוע בזמן), עדיין אין לנו הסבר לקיומה של שרשרת האירועים כמכלול, ולקיומו של המרחב-זמן כולו על

³⁵ Grünbaum, "The Pseudo-Problem of Creation in Physical Cosmology", pp. 113-114

³⁶ עמדה, שאגב, גם אוגוסטינוס והרמב"ם החזיקו בה.

³⁷ ויינברג, חזון התיאוריה הסופית, עמ' 162-163

תכולתו! גרונבאום טוען שהיקום קיים כחוק טבע³⁸, ועל-כן אין צורך להסביר את קיומו ממש כשם שאין צורך להסביר את חוק ההתמדה³⁹, אולם שלזינגר הראה שהשוואה זו לוקה בחסר, משום שגוף שממשיך בתנועתו שוות המהירות אינו עובר שינויים מהותיים (כפי שעולה מתורת היחסות קואורדינטות מקום וזמן אינן גדלים מהותיים). כשם שניתן למפות את כדור-הארץ באמצעות מערכות שונות של קואורדינטות, מבלי שהמערכת שנבחרה תהווה חלק ממבנה פני השטח באתר מסוים, כך גם קואורדינטות המרחב והזמן של אירוע, כפי שהן נקבעות במערכת האינרציאלית של הצופה, אינן חלק מתיאור המציאות). מכאן נובע שהשינוי היחיד, שגוף המתמיד בתנועתו שוות המהירות עובר, אינו שינוי מהותי, ועל-כן, חוק ההתמדה אינו דורש הסבר. לעומת זאת קיומו של יקום שונה מהותית מאי-קיומו, כך שגם אם קיום זה הינו אכן תוצאה של חוק פיזיקלי כלשהו, עדיין יש בהקשר זה משמעות לשאלה "מדוע" (ביקורת נוספת על האפשרות שאת קיום העולם ניתן להסביר כחוק טבע אביא בסעיף 1.2.3 להלן).

ד. עמדתו של ויטגנשטיין

ויטגנשטיין כותב בטרקטטוס, שהשאלה נפרדת מתחום השיח העובדתי, בדומה לטענות מתחום המיסטיקה, האתיקה והאסתטיקה, וזאת משום שהשיח העובדתי עוסק בעובדות בעולם, ואינו מסוגל לבטא באופן משמעותי את מה שמחוצה לו. חלק מדבריו מזכירים את ביקורתו של אייך⁴⁰:

6.44 לא איך הוא העולם, הוא המיסטי, אלא זה, שהוא ישנו.

6.45 המתבונן בעולם מבחינת הנצח מתבונן בו כבשלים - מוגבל.

תחושת העולם כשלם מוגבל הוא המיסטי.

6.5 לתשובה שאיננו יכולים לבטאה, גם השאלה אינה בת-ביטוי.

החידה איננה.

אם שאלה ניתנת בכלל לניסוח, ניתנת היא גם למענה.⁴¹

³⁸ מבחינה זו ניתן לסווג עמדה זו של גרונבאום גם תחת הכרחנות נומולוגית, המוצגת בסעיף 1.2.3 להלן.
³⁹ Grünbaum, "Creation as a Pseudo-Explanation in Current Physical Cosmology", pp. 233-254

⁴⁰ ויטגנשטיין, מאמר לוגי פילוסופי, עמ' 80

⁴¹ הדגשות במקור

כלומר, אם לא ניתן לענות על שאלה אז גם לא ניתן לנסח אותה באופן משמעותי, ושאלת היסוד של המטאפיזיקה שייכת לקטגוריה זו. עובדת קיומו של העולם איננה עובדה בעולם, ועל כן כל התייחסות אליה, בין אם כשאלה ובין אם כתשובה, היא חסרת משמעות⁴². אולם עובדה היא שיש משהו, בין אם עובדה זו לתפישתו של ויטגנשטיין היא בעולם או לא, ונראה, כפי שאטען בסעיף ה' להלן, ששאלת "מדוע" לגבי כל עובדה שהיא היא בעלת משמעות, בין אם התשובה לשאלה זמינה לנו או לא. בכל מקרה, תפישת המשמעות הנוקשה המיוצגת בטרקטטוס של ויטגנשטיין, על אף ההשפעה הגדולה שהיתה לה על הפילוסופיה ברבע השני של המאה העשרים, אינה מייצגת את העמדות הפילוסופיות העכשוויות.

נימוק שונה להיותה של השאלה חסרת משמעות מביא ויטגנשטיין ב"הרצאה על אתיקה"⁴³, שם הוא טוען שאנחנו משתאים מעובדה מסוימת רק כאשר אנחנו יכולים לדמיין את שלילתה, ולהשתאות מקיום העולם הינו חסר משמעות כי איננו יכולים לדמיין את אי-קיומו:

If I say 'I wonder at the existence of the world' I am misusing language... it is nonsense to say that I wonder at the existence of the world, because I cannot imagine it not existing...

אך טיעון זה איננו סביר, שהרי כל העיסוק בשאלה, מלייבניץ ועד ימינו, נובע מהעובדה שאנו לא רק מסוגלים לדמיין לא-כלום (אולי לא כתמונה, אבל באופן מושגי בוודאי שכן), אלא אף תופשים אותו אינטואיטיבית כיותר פשוט מקיומו של דבר-מה. גם שופנהאור מבטא עמדה זו בכותבו⁴⁴:

In fact the unrest which keeps the never stopping clock of metaphysics going is the thought that the non-existence of this world is just as possible as its existence. Nay more, we soon conceive the world as something the non-existence of which not only is conceivable but would be preferable to its existence.

⁴² אם כן, מהו מעמדו של משפט זה, שפוסל את האפשרות להתייחס באופן משמעותי לעובדת קיומו של העולם (שהרי הוא עצמו חוטא בכך)? ויטגנשטיין אומר על משפטים כאלו שלא ניתן לומר אותם, אלא רק להראות אותם (מאמר לוגי פילוסופי, 4.1212). אבל נשאלת השאלה מה רע יהיה בכך אם נוכל להראות את התשובה לשאלה "מדוע בכלל יש משהו?", גם אם על-פי הקריטריון של ויטגנשטיין לא נוכל לומר אותה?

⁴³ Wittgenstein, "A Lecture on Ethics", pp. 8-9

⁴⁴ Schopenhauer, Arthur. The World as Will and Representation, Appendix 17

ה. השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" היא שאלה לגיטימית

אני דוחה, אם כן, את הטענה ששאלת היסוד של המטאפיזיקה היא חסרת משמעות (במובן זה שיש בה כשל), ומציע כתנאי מספיק והכרחי להיותה של שאלה מהסוג "מדוע p?" משמעותית את היותה אמיתית (באשר p היא טענה כלשהי, ו"מדוע" היא פניה להסבר כלשהו⁴⁵, לא בהכרח סיבתי). טענות כמו "מדוע יורד גשם?" או "מדוע לא החזרת את הספר לספרייה?" הן בעלות משמעות אם הן אמיתיות, וחסרות משמעות (כלומר, יש בהן כשל⁴⁶) אם הן שקריות. בעיות עלולות לעלות מעמדה זו:

1. מאחר והסבר נכון (כלומר, תשובה נכונה לשאלת "מדוע") מורכב מאוסף של טענות אמיתיות (לפחות אחת), הרי שעל בסיס הקביעה דלעיל, שכל פניה להסבר של טענה אמיתית היא משמעותית, עשויה להיווצר שרשרת אינסופית של שאלות "מדוע": שאלת "מדוע" נוספת על כל הסבר שניתן. אולם אפשרות כזו אינה מהווה מכשלה לעמדה זו, שכן אין מניעה עקרונית לכך שגם שרשרת התשובות/הסברים תהיה אינסופית, כך שעדיין כל שאלה תוכל לזכות, ולו עקרונית, בתשובה (לגבי הבעייתיות שבשרשרת אינסופית של הסברים סיבתיים אתיחס בהמשך).

2. נשאלת השאלה מה מעמדה של עמדה זו לאור העובדה שלא כל הסבר זמין לנו, בין אם קונטינגנטית (אנו לא תמיד יודעים מדוע אדם נוהג כפי שהוא נוהג), או אפילו עקרונית (בשל מגבלות השכל האנושי, למשל). ובכן, מכיוון שמדובר במגבלה אפיסטמולוגית בלבד, כלומר, קיים הסבר (במובן האונטולוגי), אך הוא אינו זמין לנו, הרי שאין כשל בשאלה עצמה. בעקרון יש לה תשובה, אלא שאנו פשוט לא יודעים אותה (ואולי אף לעולם לא נדע אותה).

יישומה של עמדה זו לענייננו נעשה על-ידי בחירתה של הטענה p כבעלת התבנית "יש x" (או "קיים x"), באשר x הוא דבר כלשהו (כסאות, חרגולים, כוכבים, אינפלציה ואפילו אהבה). אם כן, תנאי הכרחי ומספיק להיותה של השאלה "מדוע יש x?" משמעותית צריכה להיות עובדת

⁴⁵ Nagel, Ernest, The Structure of Science, p. 15
⁴⁶ כשל זה מכונה בספרות "כשל של שאלה טעונה" או "כשל של שאלה מורכבת".

קיומו של x (כלומר, היותה של הטענה "יש x " אמיתית). אם אנו מקבלים את העובדה ש- x קיים, השאלה היא משמעותית ואנו מצפים לתשובה במסגרת תיאורטית כלשהי: התשובה לשאלה "מדוע יש חרגולים?" צריכה בעקרון להינתן במסגרת של תיאוריה ביולוגית-אבולוציונית, התשובה לשאלה "מדוע יש כוכבים?" צריכה להינתן במסגרת קוסמולוגית-אסטרונומית והתשובה לשאלה "מדוע יש אינפלציה?" - במסגרת של תיאוריה כלכלית. רק שאלות מהסוג "מדוע יש דגים על הירח?" אינן משמעותיות (כלומר, יש בהן כשל) תחת ההנחה שאין דגים על הירח, כמו גם שאלות מהסוג "מדוע יש אינפלציה?" כשאין אינפלציה. קיומו של x הינו התנאי היחיד להיות השאלה "מדוע x קיים?" בעלת משמעות. אין ספק ששאלה כמו שאלת היסוד של המטאפיזיקה, שלגביה לא ברור מהי המסגרת התיאורטית המתאימה להשיב עליה, היא שאלה בעיתית, אולם אין זה הופך אותה לחסרת משמעות. עובדה היא שיש משהו (אפילו סוליפיסטיים קיצוניים לא יכחישו זאת), ועל-כן לשאלה "מדוע יש משהו?" בהחלט יש משמעות.

נראה שזה גם האופן שבו לייבניץ תופש את **עקרון הטעם המספיק**⁴⁷:

... וזה של הטעם המספיק, שבכוחו אנו חושבים ששום עובדה אינה יכולה להיות אמיתית או להתקיים, ושום משפט אינו יכול להיות אמיתי בלא שיהא טעם מספיק, מדוע כך הוא ולא אחרת; אף על פי שטעמים אלו, על פי רוב לא נוכל כלל לדעת אותם.

1.1.2 הטענה שלהיות העולם אין הסבר

הוגים אחדים סבורים שאף שלשאלת היסוד של המטאפיזיקה עצמה יש משמעות, ועל כן היא לגיטימית, הרי שלעולם לא נוכל לענות עליה מהסיבה הפשוטה שאין בנמצא הסבר לעובדת קיומו של העולם (כלומר, מדובר כאן במכשול אונטולוגי, לא אפיסטמולוגי).

⁴⁷ לייבניץ, השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות, עמ' 60

ראסל, למשל, טען, שהיקום אינו זקוק להסבר, ושהוא פשוט קיים ("It just is")⁴⁸.
לטענתו איננו יכולים להחיל את מושג הסיבתיות, אשר לקוח מהתנסותנו היומיומית, על היקום כולו, מושג אשר אינו נתון להתנסותנו. ניסיון כזה של החלת מושג הסיבתיות מבוסס לטענתו על כשל של הרכבה, שבו מסיקים באופן שגוי מתכונות החלקים לתכונות השלם (חפץ שמורכב מחלקים קלים בלבד אינו בהכרח קל בעצמו. או דוגמה שראסל עצמו נתן: מכך שלכל אדם יש אם לא ניתן להסיק שלגזע האנושי כולו יש אם).

טענה ברוח זו מושמעת לפעמים גם על הרקע של תורת הקוואנטים, אשר לפיה אירועים ברמה התת-אטומית מתרחשים באופן א-סיבתי, מה שמוכיח שעקרון הסיבתיות איננו אוניברסלי, ושעל-כן אין הכרח להחיל אותו גם על רגע הבריאה⁴⁹. הבעיה עם טיעון זה, כפי שהראו וויליאם קרייג וקוונטין סמית⁵⁰, היא, שאף שהקשר ברמה המיקרוסקופית בין הסיבה לתוצאה רופף יותר מאשר ברמה המקרוסקופית, הרי שגם אירועים קוואנטיים מתרחשים על רקע של מצבים פיזיקליים נתונים, אשר הכרחיים (גם אם לא מספיקים) להתרחשותם. אבל לא ניתן להניח מצב פיזיקלי כלשהו כבסיס למתן תשובה לשאלה "למה בכלל יש משהו?", שהרי מצב פיזיקלי מותנה בקיומו של דבר מה (ללא כלום אין מצבים).

קוונטין סמית' טוען שהרעיון של גורם סיבתי להיווצרות היקום איננו קוהרנטי, שכן כל גורם סיבתי בעצמו מותנה בקיומו של משהו. כאן קוונטין סמית' עושה שימוש בטיעון של אדווארדס, אך מגיע למסקנה שונה: לשאלה יש משמעות, אבל אין לה תשובה. היקום הינו, לדבריו, יש ייחודי קונטינגנטי, שאין לו סיבה או הסבר רציונלי אחר כלשהו⁵¹. כמוהו, ומאותו נימוק, סבור גם דרק פרפיט שלהיות העולם לא יתכן הסבר סיבתי⁵². לדעתו אף חוק טבע אינו יכול להסביר את עובדת קיומם של חוקי הטבע, ואף הוא, כקוונטין סמית', מוכן לקבל את האפשרות שלקיומו של היקום כלל אין הסבר רציונלי⁵³. אין זה מן הנמנע, הוא טוען, שבבסיס היקום יש עובדות סתמיות⁵⁴, כלומר, עובדות שאין להן הסבר. פרפיט טוען, שמתוך מרחב לוגי של אפשרויות (כמו האפשרות לקיומו של עולם מול האפשרות לאי-קיומו) יש הכרח לוגי שאחת מהאפשרויות

Russell and Copleston, "Debate on the Existence of God", p. 175⁴⁸

Davies, Superforce, p. 200⁴⁹

Craig and Smith, Theism, Atheism, and Big Bang Cosmology, p. 143⁵⁰

Smith, The Felt Meanings of the World: A Metaphysics of Feeling, p.12⁵¹

Parfit, "The Puzzle of Reality: Why Does the Universe Exist?", p. 419⁵²

Ibid, p. 425⁵³

זהו התרגום שבחרתי למושג **brute fact** בהקשרו הספציפי הזה⁵⁴

תתקיים, אבל יתכן שלא קיים מנגנון בחירה בין האפשרויות השונות, והעובדה שמתקיימת דווקא אפשרות מסוימת אחת מתוך מרחב האפשרויות היא עובדה סתמית. עמדה זו נראית לי לא משכנעת, משום שגם אם יש הכרח לוגי, למשל, שבכל רגע ורגע ישורר מזג-אוויר אחד מסוים מתוך המרחב הלוגי של מזגי-האוויר האפשריים, עדיין יש הסבר, בכל רגע כזה, מדוע דווקא מזג-האוויר המסוים הזה שורר ולא אחר (גם אם ההסבר הזה אינו תמיד זמין לנו). עובדות סתמיות הינו מושג כה חריג בתפישה הרציונלית שלנו את העולם, שנראה שאין הצדקה להשתמש בו כדי לענות על שאלה כלשהי, ובכלל זה על שאלת היסוד של המטאפיזיקה, גם אם הקושי לענות עליה מחייב מן הסתם לחפש פתרונות בלתי-שגרתיים (ביקורת דומה על עמדתו של פרפיט מתח גם ריצ'רד סווינבורן⁵⁵).

נואל פלמינג סבור שאין אפשרות להחיל את עקרון הטעם המספיק על שאלת היסוד של המטאפיזיקה, אשר חורגת מדיון רגיל על אודות עובדות קונטינגנטיות, ובדומה לסמית' ולפרפיט גם הוא מוכן לקבל את האפשרות שלעובדה שיש משהו אין הסבר⁵⁶. יש מקום לשאול אם חלותו של עקרון הטעם המספיק היא אכן אוניברסלית לאור העובדה שלטבע, לפחות ברמה הקוואנטית, יש התנהגות לא דטרמיניסטית. לדעת ווידירול האי-דטרמיניזם הקוואנטי אינו פוגע בעקרון הטעם המספיק, משום שעקרון זה אינו מחייב דטרמיניזם אלא שילובה של כל עובדה באיזושהי מסגרת הסברית⁵⁷. גם ברמה הקוואנטית קיימים הסברים, אף שהם מבוססי הסתברות ולא דטרמיניזם קלאסי⁵⁸, ועל-כן מעמדו של עקרון הטעם המספיק נשאר איתן מבחינה מטאפיזית, ורשאי להנחות אותנו בשיקולינו הפילוסופיים, בין השאר בחיפוש אחר תשובה אפשרית לשאלת היסוד של המטאפיזיקה.

בין נוקטיה של עמדה פסימית זו יש גם פיזיקאים אחדים, כדוגמת הקוסמולוג פול דייויס, אשר רואים במפץ הגדול אירוע ללא סיבה, שהינו בבחינת מצב התחלתי נתון⁵⁹. הבעיה עם עמדות אלו היא שעובדת קיומו של העולם, כפי שלייבניץ היטיב להבין, צורמת מאוד מול החלופה (שעל פניה נראית אפשרית), שהיקום לא היה קיים כלל. יש להניח שעמדות פסימיות אלו נובעות מהתסכול שמלווה כל ניסיון להתמודד עם שאלה יוצאת דופן וקשה זו, שעליה אמר האסטרונום ברנרד לובל: "It can tear the individual's mind asunder"⁶⁰.

⁵⁵ Swinburne, "Response to Derek Parfit", p. 427-429

⁵⁶ Fleming, "Why Is There Something Rather than Nothing?", p. 35

⁵⁷ Witherall, The Problem of Existence, p. 68

⁵⁸ כמו כן, פונקצית הגל, הישות המתמטית המכילה את כל המידע הקוואנטי של חלקיק, אף שהיא עצמה מייצגת הסתברויות, מתנהגת באופן דטרמיניסטי לחלוטין!

⁵⁹ Davies, "What Caused the Big Bang?", p. 229

⁶⁰ Lovell, The Individual and the Universe, p.125

הטענה שלעובדה מסוימת אין הסבר (במובן האונטולוגי) היא כה חריגה על רקע תובנות המדע המודרני⁶¹, שמן הראוי לבחון אם ניתן להצדיק אותה.

נראה שהאפשרות הסבירה ביותר לבסס את הטענה שלקיום העולם אין הסבר, היא לטעון שקיום העולם הינו "מצב טבעי", בדומה לגוף המתמיד בתנועתו, כשדווקא כל חריגה ממצב זה, היא זו שדורשת הסבר (חריגה מתנועה שוות מהירות של גוף מצביעה על פעולתו של כוח חיצוני על הגוף או על הצופה). אמנם לגיטימי לשאול גם על "מצב טבעי" מדוע דווקא הוא זה הטבעי מבין מרחב המצבים האפשריים (בהתאמה לעמדה שהצגתי בסעיף 1.1.1 ה' לעיל), אולם ייחודיותו של מצב שנתפש כטבעי הוא שלאחר שאנו מבינים ומסכימים מנימוקים שונים שאכן כך דברים צריכים להיות ולא אחרת, אנו ניטה לומר שאין כאן מה להסביר. לעומת זאת בכל במקרה של חריגה ממצב זה אנו כן נדרוש הסבר (לאחר שנימקנו את עקרון ההתמדה לא נחפש הסבר לעובדה שגוף מתמיד בתנועתו, אלא לעובדה שהוא אינו עושה זאת).

השאלה בהקשר של היות העולם היא אם כן: האם יש כאן מה להסביר או לא? האם יתכן שהיותו של היקום הינה עובדה אשר יש להתייחס אליה כאל מצב טבעי, שדווקא חריגה ממנו דורשת הסבר, או שעובדת הקיום עצמה היא חריגה מהטבעי, כשם שגם לייבניץ סבר? בדרך-כלל ה"יש" הוא זה הדורש הסבר, ולא ה"אין": אם נכנס לבית ונמצא בו פיל, הדבר בוודאי ידרוש הסבר (הפקת סרט פרסומת?), בעוד שאי-הימצאותו של פיל בבית לא ידרוש זאת (זהו "המצב הטבעי": אין סיבה שיהיו פילים בבית). אבל אולי הטעם לכך שבמקרה זה יש להסביר את ה"יש" הוא שאין זה מקובל להחזיק פילים בבית. לו היינו נכנסים לבית שאין בו כסאות, בוודאי היינו תמהים על כך, בעוד שמציאותם של כסאות בבית לא היתה מעלה כל תהיות. באותה מידה, אם נמצא פילים בגן-חיות או בספארי, נתייחס לכך כאל עובדה אשר אינה דורשת הסבר, בעוד שלו מצאנו את מכלאת הפילים ריקה, דווקא אז היינו תוהים על עובדה זו.

אלא שאי-הימצאותם של כסאות בבית או של פילים בספארי דורש הסבר רק משום שמלכתחילה הונהג להכניסם למקומות אלו. כשבשחר הציוויליזציה נעשה לראשונה שימוש באביזר ישיבה בבית-מגורים (או במערה), היה לכך הסבר: אנשים עשו זאת לשם נוחות. באותה מידה כונסו בעלי-חיים שונים במכלאה עירונית במטרה לנצל את סקרנותם של בני-אדם (ואת חוסר-האונים של בעלי-החיים) למען עשיית רווחים. כך שגם להימצאותם של כסאות בבית וגם

⁶¹ גם לאירועים א-דטרמיניסטיים בתורת הקוונטים מוצעים הסברים במסגרת הפרשנויות השונות לתיאוריה.

להימצאותם של פילים בגן-החיות, מצבים אשר נתפשים על-ידינו כטבעיים, יש הסבר. רק לאחר שהתרגלנו למצב "טבעי" זה, דווקא העדרם של אלו מהמקומות שבהם אנו מצפים למצוא אותם מעורר תהיות. הסבר לגבי ה"אין" לא היה נדרש לולא הייתה סיבה ל"יש", כך שבסופו של דבר ה"יש" הוא זה הדורש הסבר ראשוני ולא ה"אין".

כך גם כשמדובר בהסבר ל"יש" כקיום ולא ל"יש" כהמצאות: בין אם מדובר בפיל, בכסא או באטום, עובדת קיומו של אובייקט פיזי אינה בבחינת מצב טבעי, אשר דווקא חריגה ממנו מעלה שאלות. נהפוך הוא: אנו מצפים שלקיומו של כל אובייקט פיזי, בין אם מדובר בפיל, בכסא או באטום, יהיה הסבר. במקרה של פיל ההסבר עשוי להיות אבולוציוני ו/או ביולוגי, במקרה של כסא ההסבר יכלול מן הסתם פונקציונליות ואמצעי ייצור, ובמקרה של אטום אנו מצפים להסבר פיזיקלי.

נראה, אם כן, שלגיטימי לדרוש הסבר גם לעצם קיומו של היקום כולו, גם אם איננו יודעים באיזו מסגרת תיאורטית הסבר כזה אמור להינתן. לעומת זאת אי קיומו של יקום (ובכלל זה אי-קיומם של המרחב והזמן⁶²) לא היה דורש שום הסבר (ללא קשר לעובדה שגם לא היה מי שידרוש הסבר כזה) משום שלא היה בנמצא דבר הדורש הסבר: כל הסבר הוא הסבר למשהו, ואם אין משהו גם אין מה להסביר (למעט הנימוק לטענה זו, אשר ניתן בשורות אלו). על כן אי-קיום מוחלט הוא "המצב הטבעי" בהקשר זה, בעוד שעובדת קיומם של חומר ושל אנרגיה, של מרחב ושל זמן, וגם של חוקי הטבע עצמם, היא זו שדורשת הסבר. הטענה שקיומו של יקום עצום מידות ושוקק התרחשויות איננו זקוק להסבר (כטענתם של ראסל, סמית' ואחרים) הינה טענה חריגה ביותר במסגרת הבנתנו את הטבע, ומעולם לא הוצג טיעון מניח את הדעת בזכותה.

לייבניץ סבר שהטעם לכך שהלא-כלום (כלומר, לו לא היה קיים דבר) לא היה דורש הסבר, הוא העובדה ש"הלא-כלום פשוט וקל מדבר-מה"⁶³. פילוסופים רבים אחרים, וביניהם סמארט⁶⁴ ופרפיט⁶⁵, מסכימים בנקודה זו עם לייבניץ, וטוענים שלנוכח פשטותו של האי-קיום, עצם קיומו של היקום הינו מסתורין. אולם יש להיזהר מלהניח שאי-קיום אינו דורש הסבר דווקא בשל פשטותו. פיזיקאים רבים כדוגמת ניוטון, איינשטיין, ווילר ופיינמן, שהתרשמו מהמבניות הפשוטה שמתגלה בבסיס חוקי הטבע, ראו אמנם בפשטות היקום עקרון מטאפיזי⁶⁶, אבל לא ברור

⁶² שכן, אם מרחב-זמן ריקים אפשריים בכלל מבחינה פיזיקלית (כפי שניוטון האמין) הם הרי עדיין משהו.

⁶³ לייבניץ, השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות, עמ' 83

⁶⁴ Smart, "Laws of Nature as a Species of Regularities", pp. 156-159

⁶⁵ Parfit, "The Puzzle of Reality: Why Does the Universe Exist?", p. 421

⁶⁶ Schlesinger, "The Enigma of Existence", pp. 72-73

אם פשטות אכן מהווה תנאי מספיק להיותו של מצב "טבעי יותר", מה גם שתיאוריות מדעיות מורכבות החליפו לא פעם תיאוריות פשוטות יותר מאילוצים אמפיריים.

הרה (Harré) טוען שרק שינויים דורשים הסבר⁶⁷, ועל בסיס הנחה זו קובע נוזיק שלא-כלום יכול להיחשב למצב טבעי משום שהינו מצב שאין בו שינויים ועל כן אין מה להסביר בו⁶⁸. אני מוצא את עמדתו של הרה לוקה, שהרי יש טעם גם לשאלות כמו "מדוע הספר אינו נופל על הרצפה?" (כי המדף תומך בו) או "מדוע הדלת אינה נפתחת?" (כי הידית תקועה), כך שזה נראה לגיטימי לדרוש הסבר גם למצבים שאינם מאופיינים בשינוי. כמו כן, עמדתו של הרה פוטר מהצורך להסביר את קיומו של אובייקט פיזיקלי אשר קיים מאז ומתמיד, שכן מעולם לא התרחש שינוי שהביא לקיומו. כך גם כשמדובר ביקום כולו: במידה ולא היתה לו נקודת התחלה בזמן, הרי שאין הוא בבחינת שינוי מהלא-כלום⁶⁹, ולכן הן הרה והן נוזיק יתייחסו לקיומו כאל מצב טבעי שאינו דורש הסבר. עמדתי, לעומת זאת, היא, שכל קיום דורש הסבר, ובכלל זה קיומם של "ישים" שקיימים מאז ומעולם. מכאן שגם קיומו של היקום כולו, אף אם לא היתה לו נקודת התחלה, דורש הסבר.

לעומת זאת מצב תיאורטי של אי-קיום מוחלט לא היה דורש הסבר, שכן בלא-כלום לא קיים דבר ולא קורה דבר, כך שלא עולה הצורך במתן הסברים כלשהם, סיבתיים או אחרים, לא לאירועים, לא ל"ישים" כלשהם ולא לחוקי טבע (למעט ההנמקה לתפישתו של מצב זה כ"מצב טבעי", המובאת בשורות אלו - שרשרת שאלות ה"מדוע" יכולה להיות אינסופית, גם אם באחת החוליות התשובה היא "כי זהו המצב הטבעי". לגיטימי לשאול "מדוע אי המצאותם של פילים בבית נחשב למצב טבעי?", ולספק בהקשר זה הסבר הכולל היבטים שונים הנוגעים לאורח חייהן של חיות פרא ולפונקציונליות של בתי-מגורים, כשגם על עובדות אלו ניתן להמשיך ולשאול. ועדיין: יהיה זה סביר לענות לשאלה "מדוע אין פיל בבית?" ב"מדוע שיהיה?", אך לא על השאלה "מדוע יש פיל בבית?" ב"מדוע שלא יהיה?".

אם כן: כל הסבר הוא הסבר למשהו, ואם אין משהו גם אין מה להסביר. לכן דווקא לאי-קיומו של העולם לא היה נדרש הסבר (למעט ההנמקה לכך כפי שהיא מובאת כאן). לעומת זאת קיומו של יקום עצום מידות ושוקק התרחשויות, מן הראוי שיהיה לו הסבר.

⁶⁷ Harré, The Principles of Scientific Thinking, p. 248

⁶⁸ Nozick, Philosophical Explanations, pp. 122-124

⁶⁹ Nozick, Philosophical Explanations, p. 125

1.1.3 הטענה בדבר אי-יכולתנו העקרונית למצוא את התשובה לשאלה

יש הסבורים שגם אם קיימת תשובה לשאלת היסוד של המטאפיזיקה (שנתפשת במקרה זה כשאלה לגיטימית), הרי שלעולם לא נוכל לדעת אותה. כלומר, בניגוד לעמדה השניה, המכשול שמיוצג בעמדה זו לפתרון התעלומה הוא מכשול אפיסטמולוגי ולא אונטולוגי.

א. פסימיות מוחלטת

הוגים ופיזיקאים רבים סבורים שגם אם יש בנמצא הסבר לקיום העולם, אנו מנועים עקרונית מלגלותו. סמארט הביע את עמדתו הפסימית בנושא בכותבו⁷⁰:

"We crave to know why anything exists at all. But it is not possible, so far as I can see, that this craving could be satisfied."

מה מניע הוגים ואף אנשי מדע רבים לנקוט עמדה פסימית מסוג זה? ארתור וויד'רול מאמין שייחודה של הבעיה הוא בכך שאנחנו לא מצליחים לראות את מרחב ההסבר של תשובה אפשרית. כל ההסברים הרגילים כושלים, ואנו מעומתים עם משהו עצום, שהינו מעבר ליכולת ההבנה של השכל הישר⁷¹. כך גם נוזיק, שסבור שהשאלה מסמנת את גבול יכולת ההבנה שלנו, וזאת משום שאין במרחב האפשרויות של השרשרת הסיבתית המובילה לאירועים העכשוויים אף תשובה מתקבלת על הדעת⁷². ואלו הן האפשרויות אשר לדעת נוזיק פורשות מרחב זה, על הבעיות שהן מעלות:

1. *היקום נוצר ודבר מה היווה את הסיבה להיווצרותו*. אותו דבר מה, מתוקף הדרישה שהסיבה תקדם לתוצאה, בהכרח קדם להיווצרות היקום, אך על-פי הגדרה היקום כולל הכל, ומתקבלת סתירה. גם אם משיקולים תיאורטיים נבחר לראות בגורם להיווצרות

⁷⁰ Smart, "Laws of Nature as a Species of Regularities", p. 163

⁷¹ Witherall, "The Fundamental Question"

⁷² Nozick, Philosophical Explanations, p. 137

היקום דבר מה שהינו מחוץ ליקום עצמו, עדיין נרצה להחיל את שאלת היסוד של המטאפיזיקה גם עליו, מה שיחזיר אותנו לנקודת המוצא. כל דבר שכלול בהסבר סיבתי אפשרי לשאלה "מדוע בכלל יש משהו", גם הוא בעצמו משהו, ולכן הסבר כזה אינו יכול להיות שלם.

2. *היקום נוצר ללא סיבה. השרשרת הסיבתית היא סופית, ובבסיסה עובדות סתמיות.* אף כי

יש המצדיקים עמדה זו על בסיס פסילת החלופות האחרות (סווינברן, למשל⁷³), אין זו תשובה מספקת, לא מנקודת מבט מדעית ולא מנקודת מבט פילוסופית. מאחר שגם היווצרותו הסתמית (כלומר, ללא סיבה) של גרגר חול אחד אינה מתקבלת על-הדעת, הרי שהטענה בדבר היווצרותו הסתמית של היקום כולו דורשת טיעונים כבדי משקל, ואין לנו כאלו. נוזיק מעלה את האפשרות שהעובדות הראשוניות ביקום הן עובדות המסבירות את עצמן, אך פוסל אפשרות זו על בסיס הדרישה שהסבר יהיה א-רפלקסיבי (דרישה שמבוססת על תפישה אינטואיטיבית של הסבר⁷⁴, ושנובעת מדרישה חזקה יותר של אסימטריה⁷⁵: אם A הוא הסבר ל-B, B אינו יכול להיות ההסבר ל-A. גם אם ניתן להסיק את גובהו של עמוד מאורך הצל שהוא מטיל בשעה מסוימת באותה מידה שניתן להסיק את אורך הצל מגובה העמוד, הרי שגובה העמוד מסביר את אורך הצל, בעוד שאורך הצל אינו מסביר את גובה העמוד⁷⁶).

3. *היקום לא נוצר. הוא קיים מאז ומתמיד, והשרשרת הסיבתית היא אינסופית.* במקרה זה,

גם אם לכל אירוע ניתן למצוא הסבר סיבתי (הקודם לו בזמן), קיומו של המרחב-זמן כולו על תכולתו נשאר בלתי מוסבר, מה ששוב צורם מול האפשרות הפשוטה יותר, שהיקום לא היה קיים כלל.

לעמדה פסימית זו מצטרפים גם נציגים אחדים מעולם המדע: האסטרונום ברנרד לובל, למשל, סבור שהיווצרות היקום במפץ הגדול הינה מעבר לאפשרות החקירה האנושית⁷⁷. האסטרונום אדוארד טירון טוען שכל מה שניתן לומר על כך הוא שהיקום שלנו הוא אחד מאותם

⁷³ Swinburne, *The Existence of God*, p. 119

⁷⁴ Hempel, C.G. & P. Oppenheim. "Studies in The Logic of Explanation", pp. 274-276

⁷⁵ Newton-Smith, W.H. "Explanation", p. 128

⁷⁶ אפשר כמובן לטעון שאם רצינו לקבל צל באורך מסוים דווקא, הרי שאורך הצל מסביר את גובה העמוד שבחרנו להתקין, אולם זהו כמובן הסבר מסוג שונה (פונקציונלי טלאולוגי לעומת סיבתי), ועל-כן אין עובדה זו פוגעת בעקרון האסימטריה של הסבר, אשר דורש התייחסות גם לטיבו.

⁷⁷ Lovell, *The Individual and the Universe*, p. 117

דברים שקורים מפעם לפעם⁷⁸ (מהי בדיוק המשמעות של "מפעם לפעם" אם לא קיים דבר, ובכלל זה הזמן?).

הכימאי הנודע סיריל פונמפרומה כתב על מגבלות יכולתנו למצוא הסבר לשאלה המטאפיזית⁷⁹:

Scientifically we conclude that our universe began about 15 billion years ago, but we must recognise the mathematical uncertainties about the point which prevents us from finding out what happened before the Big Bang.

וג'ון הורגן, המחבר של "The End of Science", ניסח עמדה פסימית זו כך⁸⁰:

... the biggest question of all: Why is there something, rather than nothing? Unfortunately scientists have even less hopes of solving this riddle than literary critics have of deciding once and for all what Keat's 'Ode to a Nightingale' really means.

ב. אופטימיות זהירה

יש להניח שעמדות פסימיות אלו נובעות מהתסכול שמלווה כל ניסיון להתמודד עם שאלה יוצאת דופן וקשה זו, אולם ההיסטוריה מלמדת, שתחזיות רבות לגבי דברים אשר נטען על אודותיהם שלעולם לא נוכל לדעת אותם (או לעשות אותם), נתבדו בסופו של דבר, גם כשהנימוקים לתחזיות אלו נשמעו מאוד משכנעים (כך, למשל, הייתה טענתו של הפילוסוף הצרפתי אוגוסט קונט, אבי הפוזיטיביזם, שאמר בשנת 1835, טרם הומצא מדע הספקטרוסקופיה, שלעולם לא נוכל לדעת את ההרכב הכימי של הכוכבים, וזאת משום שהם נמצאים מחוץ לטווח

⁷⁸ Tyron, "Is the Universe a Vacuum Fluctuation?", p. 224

⁷⁹ Ponnampuruma, "The Origin, Evolution and Distribution of Life in the Universe", p. 106

⁸⁰ Horgan, Op Ed section, New York Times, July 16, 1996

החקירה האנושי⁸¹). טענות כאלו מתבססות מטבען על הידע וההבנה האנושית הזמינים בעת שהן נטענות, אולם גילויים חדשים ותפישות ייחודיות פותחים לפרקים אופקים חדשים, ומה שנחשב בעבר לבלתי-אפשרי הופך לא פעם לאפשרי ואפילו למובן מאליו. אי-לכך, גם שאלת היסוד של המטאפיזיקה, על-אף המכשולים שהיא מעמידה כיום בפני כל ניסיון להתמודד אתה, אפשר ותמצא לה תשובה, בין אם במסגרתו של חיבור זה, ובין אם במסגרת תיאורטית אחרת כלשהי, כאשר הבנתנו את היקום תגדל לכדי אפשרות לענות עליה.

⁸¹ Comte, Cours de Philosophie Positive, vol. 2, p. 6

פילוסופים רבים, אשר מנסים להתמודד עם הקושי העצום שכרוך בניסיון להשיב על השאלה, נוטים לבחור בעמדה המבוססת על סוג זה או אחר של הכרחנות, כלומר, עמדה שלפיה העולם קיים בהכרח. זאת משום שהמדע המודרני מתייחס להסברים מבוססי הכרח כאל הסברים מספקים. כך בהוכחות מתמטיות וכך גם בפיזיקה: אם תופעת טבע מסוימת (למשל, תנועת גרמי השמיים) נגזרת מחוקי הפיזיקה היסודיים, ייחשב הדבר להסבר מלא לתופעה (אם כי לא לחוקים עצמם).

בסעיף זה אבחן את סוגי ההכרחנות הבאים, המופיעים בספרות הפילוסופית בהקשר לשאלת היסוד של המטאפיזיקה:

- **הכרחנות תיאולוגית** - הטענה שהעולם נברא בידי אל שקיומו הכרחי, והבריאה ארעה מהכרח טובו או מרצונו החופשי.
- **הכרחנות מטאפיזית** - הטענה שהעולם קיים מכורח עקרונות מטאפיזיים או על בסיס תפישה מטאפיזית ייחודית.
- **הכרחנות נומולוגית** - הטענה שהעולם קיים מכוחו של חוק טבע.
- **הכרחנות אנליטית** - הטענה שניתן להראות את קיומו של העולם באמצעות ניתוח מושגי.
- **הכרחנות לוגית**⁸³ - הטענה שניתן להראות את קיומו של העולם על בסיס שיקולים לוגיים.

תוך כדי בחינת עמדות אלו, אנסה להראות שאף אחת מהן אינה מסוגלת לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה.

⁸² זהו התרגום שבחיתי למושג **Necessitarianism**.

⁸³ ההבחנה בין הכרחנות לוגית להכרחנות אנליטית עשויה להיטשטש בהתאם לאופן שבו אנו תופשים "לוגי" ו"אנליטי", אולם לענייננו נוח לעשות הבחנה כזו.

תפישה דתית מקובלת, כמו גם גישות פילוסופיות אחדות, מניחה שהעולם נברא על-ידי אלוהים, ישות-על שבכוחה לברוא עולמות. קיימים סוגים שונים של טיעונים שמטרתם להוכיח את קיום האל, כשלענייננו מן הראוי לחלקם לשתי קבוצות:

א. טיעונים שאין בהם משום קביעה לגבי הכרח קיומו של האל

מרבית הטיעונים הפילוסופיים לקיום האל (כמו גם אמונה טהורה כעקרון יסוד שאינו דורש הוכחה, או אמונה המסתמכת על כתבי הקודש) אינם מנסים לטעון שקיום האל הוא הכרחי. טיעונים אלו מתיימרים אמנם להוכיח שאלוהים קיים, אך משאירים את השאלה אם קיומו הכרחי או קונטינגנטי פתוחה. ואלו הם סוגי הטיעונים העיקריים בקבוצה זו:

• טיעונים קוסמולוגיים, שלרוב מניחים את קיום האל כהסבר הטוב ביותר להיות העולם. במסגרת זו יש המשתמשים במפורש בעצמתה של שאלת היסוד של המטאפיזיקה (כך, למשל, וויליאם בארט, שטוען שאם אין אלוהים, העובדה שקיים משהו ולא לא-כלום היא אבסורדית⁸⁴). לקטגוריה זו מקובל לשייך גם את הטיעון מן הקונטינגנטיות: תפישת האל כסיבה הראשונית בשרשרת הסיבתית (למשל, אלעזר אלי⁸⁵ ובונאבנטורה⁸⁶ בתחילת האלף השני, ולייבניץ⁸⁷ וסמואל קלארק⁸⁸ בעת החדשה). עקרון הטעם המספיק, אשר ללא ספק הינו המניע המרכזי לחיפוש תשובה לשאלת היסוד, הוא זה שהביא את לייבניץ לתשובה התיאיסטית לשאלה, שבה האל הוא החוליה ההכרחית שמתחילה את השרשרת הסיבתית ששאר חוליותיו קונטינגנטיות⁸⁹. וכך ניסח הפילוסוף וההיסטוריון פרדריק קופלסטון את הטיעון מן הקונטינגנטיות בויכוחו המפורסם עם ראסל⁹⁰:

⁸⁴ Barrett, Death of the Soul, pp. 30-31

⁸⁵ Craig, The Kalām Cosmological Argument

⁸⁶ Bonaventure, Sentences (II Sent. D.1, p.1, a.1, q.1)

⁸⁷ לייבניץ, השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות, עמ' 61

⁸⁸ Rowe, The Cosmological Argument, § 2

⁸⁹ לייבניץ, השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות, עמ' 61

⁹⁰ "Must God Exist?", in Philosophy in the Open (Milton Keynes: Open University Press) 1978, p. 115

The series of events is either caused, or it is not caused. If it is caused, there must obviously be a cause outside the series. If it is not caused, then it is sufficient to itself; and if it is sufficient to itself it is what I call necessary. But it [the universe] can't be necessary since each member is contingent, and... the total has no reality apart from its members.

• טיעונים טלאולוגיים. טיעונים אלו, שמקורם עוד בכתבים סטואיים, מסתמכים על מורכבותו של היקום, אשר באנלוגיה למורכבות של מוצרים מעשה ידי אדם עשויה להעיד על תכנון תבוני. בגרסה היותר מודרנית מסתמכים טיעונים כאלו על "הכוונון העדין" של קבועי הטבע, אשר מאפשר את קיומם של חיים (בנושא זה אטפל בהרחבה בסעיף 4.2.3). כך, למשל, טען וויליאם פיילי, שאם נמצא במדבר שומם אבן, לא ניחס לה יוצר. לעומת זאת אם נמצא שם שעון, ונבחין כיצד כל חלקיו פועלים בתאום מלא להשגת מטרה מסוימת (הוראת הזמן), הרי שנאלץ להסיק, על אף שאין באותו מדבר חיים, שהיה לו, לשעון, יוצר תבוני⁹¹:

The watch must have had a maker... There must have been, at some place or other, an artificer or artificers who formed it for the purpose which we find it actually to answer; who comprehended its construction and designed its use.

באופן דומה, טען פיילי, ניתן להסיק ממורכבות המנגנונים הביולוגיים (פרח, לב, עיניים) על יוצר תבוני, שהיופי והסימטריה שביצירותיו מעידים על טבעו המיטיב. על הפגמים שבטיעון כתב יום⁹² (בשימו את דבריו בפיו של פילו):

Paley, William. *Natural Theology*, p. 2⁹¹
Hume, *Dialogues Concerning Natural Religion*, p. 168⁹²

This world... is very faulty and imperfect, compared to a superior standard` and was only the first rude essay of some infant deity, who afterwards abandoned it, ashamed of his lame performance: it is the work only of some dependent, inferior deity; and is the object of derision to his superiors: it is the production of old age and dotage in some superannuated deity; and ever since his death, has run on at adventures, from the first impulse and active force which it received from him.

וכן⁹³ :

[just as a] great number of men join in building a house or ship, in rearing a city, in framing a commonwealth;... may not several deities combine in contriving and framing a world?

• טיעונים מבוססי מוסר (למשל: רק קיומו של אלוהים כסמכות מוסרית יכול להסביר את קיומה של נורמטיביות מוסרית⁹⁴).

הבעיה עם טיעונים מעין אלו, אשר אין בהם משום קביעה לגבי הכרח קיומו של האל (בין אם יש בהם כדי לשכנע אותנו ובין אם לא), היא, שאף שקיומו של אל כל-יכול עשוי אמנם להסביר את קיום העולם, הרי שאם קיום האל הוא בעצמו קונטינגנטי (כלומר, אלוהים יכול שלא להתקיים), הרי שהשאלה "מדוע בכלל יש משהו?" נשארת ללא מענה, וזאת מכיוון שגם אלוהים הוא משהו. היידגר עצמו טען שתשובה תיאולוגית שאינה מבוססת על הכרח קיום האל אינה מסוגלת לענות על השאלה⁹⁵ :

Hume, Dialogues Concerning Natural Religion, p. 167⁹³

Taylor, Does God Exist?, pp. 92-93⁹⁴

Heidegger, An introduction to Metaphysics, pp. 6-7⁹⁵

The Biblical statement 'In the beginning God created heaven and earth' is not an answer to... and cannot even be brought into relation with our question.

וכך סבורים גם פרפיט⁹⁶ ומקי⁹⁷.

ב. טיעונים לגבי הכרח קיומו של האל

הדרך היחידה להניח שקיום האל עשוי להשיב על שאלת היסוד של המטאפיזיקה באופן קוהרנטי היא לטעון שאלוהים קיים בהכרח (ואז אפשרי שהעולם נברא מהכרח טובו או מרצונו החופשי). הטיעונים השייכים לקבוצה זו הם טיעונים אפריוריים לגבי הכרח קיומו של האל, כדוגמת הטיעון של אנסלם הקדוש מ"פרוסלוגיון", או טיעוניו של דקארט מ"הגיונות", והם מכונים (מאז קאנט) טיעונים אונטולוגיים. כך, למשל, כותב אנסלם⁹⁸:

Thus even the fool is convinced that something than which nothing greater can be conceived is in the understanding, since when he hears this, he understands it; and whatever is understood is in the understanding. And certainly that than which a greater cannot be conceived cannot be in the understanding alone. For if it is... in the understanding alone, it can be conceived to exist in reality also, which is greater. Thus if that than which a greater cannot be conceived is in the understanding alone, then that than which a greater cannot be conceived is itself that than which a greater cannot be conceived. But surely this cannot be. Thus

Parfit, "The Puzzle of Reality: Why Does the Universe Exist?", p. 419⁹⁶

Mackie, The Miracle of Theism, p. 84⁹⁷

Anselm, "Proslogion II", pp. 116⁹⁸

without doubt something than which a greater cannot be conceived exists, both in the understanding and reality.⁹⁹

את טיעונו של אנסלם ניתן לתמצת כך :

הנחה 1 : יש בשכל דבר מה שנשגב ממנו לא ניתן לתפוש (האל)

הנחה 2 : אם דבר זה (האל) ישנו בשכל בלבד, הרי שניתן לתפוש נשגב ממנו (כזה

שקיים גם במציאות), וזאת בסתירה להנחה 1.

מסקנה : האל קיים גם במציאות.

מספר המבקרים טיעון זה (כמו גם את הטענות האחרים) רב ביותר. ביניהם גאונילו ממרמוטייר, בן דורו של אנסלם הקדוש, שהראה שמטיעון דומה ניתן להסיק גם את קיומו של אי מושלם¹⁰⁰ (או של כל דבר מושלם אחר), וכן תומס אקווינס ואף קאנט, שביסס את ביקורתו על התפישה ש"קיים" איננה תכונה. הויכוחים לגבי תקפות הטענות ומבוססותו וכן לגבי תקפות הביקורת השונות נמשכים עד עצם היום הזה, אולם נראה שהבעיה המרכזית בטיעון היא בהנחה 2, שכן גם אם האל ישנו בשכל בלבד, הוא עדיין יכול להיות בו, בשכל, כדבר מה שנשגב ממנו לא ניתן לתפוש, ועל-כן עובדה זו, שהאל ישנו בשכל בלבד, אינה עומדת בסתירה להנחה הראשונה. כלומר, שתי הטענות :

1. יש בשכל דבר מה שנשגב ממנו לא ניתן לתפוש (האל)

2. (האל) ישנו בשכל בלבד

מתיישבות זו עם זו (בניגוד להנחה 2 בטיעון).

בכל אופן, אין עניינו של חיבור זה לשוב ולדוש בטענות האונטולוגיים, עליהם נכתב כבר רבות. מאחר ומקובל להניח שאף אחד מטענות אלו אינו נקי מכשלים¹⁰¹, ומאחר והמדע המודרני אינו עושה שימוש הסברי בתיאולוגיה, הרי שהכרחנות תיאולוגית אינה יכולה להתאים כתשובה מודרנית (או כתשובה בכלל) לשאלת היסוד של המטאפיזיקה.

⁹⁹ Mann, W. "The Ontological Presuppositions of the Ontological Argument", pp. 260-261 מ- תרגום

¹⁰⁰ Gaunilo, "On Behalf of the Fool", pp. 163-165

¹⁰¹ Yandell, Philosophy of Religion – a contemporary introduction, pp. 167-210

כאן מדובר על ניסיונות לטעון שהעולם קיים בהכרח בהסתמך על עקרונות מטאפיזיים או תפישות מטאפיזיות ייחודיות.

א. מוניזם ועקרון הסיבתיות

שפינוזה אמנם לא התייחס לשאלה "מדוע בכלל יש משהו?" באופן ישיר, אולם עמדתו המטאפיזית היא בבחינת הצעה לתשובה אפשרית. על-פי שפינוזה העולם כולו הינו עצם אחד:

... אם נעיין בו לאמיתו, לא יהיה אפשר להשיגו כנבדל מ[עצם] אחר,

כלומר... אי אפשר שיהיו בנמצא [עצמים] רבים אלא רק אחד בלבד¹⁰²

כמו כן קיומו של העצם, כלומר העולם, מחויב בסיבה על בסיס עקרון סיבתיות נוקשה (עקרון שעובר כחוט השני בכל תפישותיו הפילוסופיות של שפינוזה):

מתוך סיבה נתונה קבועה ומסוימת נובעת בהכרח תולדה; ולהפך, אם לא

נתונה סיבה קבועה ומסוימת, אי אפשר שתנבע ממנו שום תולדה¹⁰³

אך משום שאין בלעדי העצם, הרי שהוא סיבת עצמו:

עצם אחד אינו יכול להיווצר על ידי עצם אחר... מכאן יוצא שעצם אינו

יכול להיווצר על ידי דבר זולתו¹⁰⁴

אלא ששפינוזה תופש את סיבת עצמו כדבר שקיומו הכרחי:

¹⁰² שפינוזה, אתיקה, עמ' 79

¹⁰³ שם, עמ' 77

¹⁰⁴ שם, עמ' 79

בסיבת עצמו אני מבין את מה שמהותו כוללת קיום, אך את מה שטבעו

אינו יכול להיות מושג אלא כקיים¹⁰⁵

ועל-כן העצם, שהוא העולם, קיים בהכרח:

הקיום שייך לטבע העצם¹⁰⁶.

שפינוזה אינו מבהיר כיצד דבר מה, על אחת כמה וכמה העולם כולו, יכול להיות סיבת עצמו, או מדוע "סיבת עצמו" שקול ל"מה שמהותו כוללת קיום", ולמרות שאי-אפשר שלא להתפעל מהתמונה המטאפיזית שהוא פורש, הרי שגם אי אפשר לראות בה בבחינת תשובה מספקת לשאלה.

ב. אסנציאליזם

מסקנתו של שפינוזה דלעיל ("הקיום שייך לטבע העצם") עשויה להיות גם נקודת המוצא של עמדה אסנציאליסטית, שלפיה קיומו של העולם מהווה את מהותו, ועל-כן קיום העולם הינו מחויב המציאות. אולם טיעון מעין זה הינו מעגלי, שכן לו לא היה קיים דבר (ובכלל זה מרחב וזמן¹⁰⁷), גם לא היה קיים עולם שמהותו הוא קיום. עמדה אסנציאליסטית לגבי שאלת היסוד של המטאפיזיקה אינה עושה עבודה טובה יותר מהטיעונים האונטולוגיים לקיום האל. למעשה, תפישת האל על-פי הדתות המונותאיסטיות עוד עשויה להצדיק, על בסיס אמונה, את קיומו של אל שמהותו קיום (אם קיום נדרש לשלמות, למשל). לעומת זאת אין הצדקה להניח קיום כמהות לגבי כל דבר אחר, ובכלל זה לגבי היקום כולו.

¹⁰⁵ שם, עמ' 75

¹⁰⁶ שם, עמ' 80

¹⁰⁷ שכן, כאמור, גם מרחב-זמן ריק (אם הדבר בכלל אפשרי מבחינה פיזיקלית) הוא עדיין משהו.

עמדה נוספת של הכרחנות מטאפיזית היא זו של דויד לואיס, והיא מבוססת על תפישת הריאליזם המודלי שלו, לפיו כל העולמות האפשריים לוגית קיימים באותו מעמד כמו העולם האקטואלי, כל אחד במרחב-זמן משלו, וללא קשר סיבתי בין העולמות השונים. על-פי לואיס הביטוי "העולם האקטואלי" אינו אלא ביטוי אינדקסיקלי שמורה על אותו עולם שבו נעשה שימוש בביטוי (כלומר, שוכניו של כל אחד מהעולמות האפשריים, אם יש בו כאלו, תופשים את עולמם כעולם האקטואלי, ואת כל שאר העולמות כעולמות אפשריים לוגית בלבד). על רקע תמונה מטאפיזית זו רואה לואיס בעולם אפשרי (וביניהם העולם שלנו) סכום מראולוגי מקסימלי של דברים במרחב-זמן (במלים אחרות, אצל לואיס עולמות אפשריים הם רק אופנים שונים שבהם כל הדברים יכלו להיות מסודרים במרחב-זמן¹⁰⁸), ומכיוון שסכום מראולוגי אינו יכול להיות ריק, נשללת אפשרות קיומו של עולם ריק¹⁰⁹.

גם דויד ארמסטרונג מחזיק בתיאוריה קומבינטורית של אפשרויות, שמגבילה עולמות אפשריים לאלו אשר מורכבים מאלמנטים נתונים. לפי ארמסטרונג עולם אפשרי הוא סידור אחר של העולם שלנו, ומכיוון שעולם ריק איננו מורכב מדבר, עולם כזה אינו יכול להתקיים¹¹⁰. אלא שעמדה מטאפיזית זו אינה מסבירה את עובדת קיומם של אותם אלמנטים אשר ניתנים לסידורים שונים. מדוע שבכלל יהיה משהו אשר ניתן לסידור כזה או אחר? תומס בולדווין מתנגד לעמדה של לואיס וארמסטרונג, ומותח ביקורת על תפישתם את מושג האפשרות. בולדווין טוען שהוצאה של אובייקט מוחשי מעולם אפשרי יוצרת עולם אפשרי אחר, ומכיוון שעולם בו מספר האובייקטים המוחשיים סופי הוא אפשרי, אז גם עולם ריק (כלומר, העדר עולם) הוא אפשרי¹¹¹, שכן ניתן להוציא מעולם כזה אובייקט אחר אובייקט עד לאחרון שבהם, ולהישאר בכל שלב ושלב עם עולם אפשרי. העמדה של לואיס ושל ארמסטרונג מניחה קיום של משהו כתנאי לקיומו של עולם אפשרי, ולכן הטיעון מעגלי¹¹². לפי בולדווין תפישתם של לואיס וארמסטרונג את המושג "אפשרי" היא שגויה, ובמובן הפשוט והבסיסי ביותר של המושג, העדר כל הוא אפשרי (וגם כאן חשוב להבחין בין מרחב-זמן, אשר ריק מעצמים אחרים, ואשר הינו עדיין בבחינת עולם שקיים, לבין "מצב" של העדר כל, שבו כלל לא קיים עולם, גם לא המרחב-זמן).

Lewis, Counterfactuals, p. 84¹⁰⁸

Lewis, On The Plurality of Worlds, p. 73¹⁰⁹

Armstrong, A Combinatorial Theory of Possibility, p. 231¹¹⁰

Baldwin, "There Might Be Nothing", p. 232¹¹¹

Ibid, p. 236¹¹²

נראה, אם כן, שגם הכרחנות מטאפיזית אינה "עושה את העבודה" בהקשר זה, ואינה נותנת תשובה מספקת לשאלה.

1.2.3 הכרחנות נומולוגית

התפישה של הכרחנות נומולוגית גורסת שהעולם קיים מכוחו של חוק טבע מסוים. זוהי, למשל, עמדתו של גרונבאום¹¹³, אשר סבור שתחילתו של היקום במפץ גדול הינו חוק פיזיקלי, ועל-כן היקום קיים בהכרח¹¹⁴. כריס מורטנסן מציע את האפשרות שאולי חוקי הפיזיקה הם כאלו שבהעדר מרחב-זמן, לאירועים מסוימים (כמו היווצרותו של מרחב-זמן) יש הסתברות מסוימת לקרות. כלומר, העולם קיים כי חוקי הפיזיקה מאפשרים זאת בסבירות מסוימת¹¹⁵. תפישות אלו מעוררות מספר קשיים:

1. בהעדר עולם (ובכלל זה המרחב-זמן), מן הסתם גם לא היו בנמצא חוקי טבע, משום שחוקי הטבע צריכים דבר מה לחול עליו. היה אפשר אולי להניח את קיומו של חוק טבע הפועל על מרחב ריק ויוצר ממנו את מכונני החומר והאנרגיה, אולם בהעדרו של מרחב (כמו גם של כל דבר אחר), לא ברור מהי בדיוק המשמעות של חוק טבע.

2. מכיוון שאין הצדקה לראות את חוקי הטבע כהכרחיים, הרי שחוק טבע איננו בבחינת הסבר שלם לשאלת היסוד של המטאפיזיקה. לו היה קיים חוק טבע שמחייב את היווצרותו או את קיומו התמידי של היקום, עדיין היה מקום לשאול מדוע יש חוק כזה, שכן העדרו של החוק נתפש כאפשרות פשוטה יותר. חוק טבע כזה אינו מסוגל להסביר את עצמו, וככלל, עובדת קיומם של חוקי הפיזיקה היסודיים¹¹⁶ אינה ניתנת להסבר אך ורק באמצעות חוקי פיזיקה¹¹⁷, שכן הדבר יוביל בהכרח להסבר מעגלי, או לנסיגה אינסופית, שמשמעותה היא קיומם של אינסוף חוקי פיזיקה שמביאים כל אחד לקיומו של חוק פיזיקלי אחר, וזאת ללא חוק טבע יסודי שמתחיל את השרשרת.

¹¹³ Grünbaum, "Creation as a Pseudo-Explanation in Current Physical Cosmology", pp. 233-254

¹¹⁴ אף שעמדתו הפסימית של גרונבאום כפי שהוצגה בסעיף 1.1.1 שונה מעמדתו זו (ומאוחרת לה), נראה שהוא רואה את שתייהן כעמדות שמתיישבות זו עם זו ואף משלימות זו את זו.

¹¹⁵ Mortensen, "Explaining Existence", p. 716

¹¹⁶ להבדיל מחוקי פיזיקה שניתנים לגזירה מחוקים בסיסיים יותר

¹¹⁷ Parfit, "The Puzzle of Reality: Why Does the Universe Exist?", p. 419

3. מכיוון שאף אחד מחוקי הפיזיקה המוכרים לנו (ואף לא שילוב כלשהו שלהם) אינו מסוגל להסביר את קיומו של העולם, הרי שמשמעות הטענה שהעולם קיים מכוחו של חוק טבע היא, שיש להניח את קיומו של חוק נוסף, בלתי מוכר. אולם המדע המודרני מסתייג מפתרונות אד-הוק, כלומר, מהשערות המציעות חוק טבע חדש לצורך הסבר של תופעה אחת או אירוע אחד בלבד (קיום העולם או היווצרותו). המגמה היא לשלב כל תופעה או אירוע פיזיקליים במסגרת תיאורטית מוכרת, ולצמצם בחוקים ככל האפשר. אם עולה הצורך להרחיב את המסגרת התיאורטית או ליצור אחת חדשה, עושים זאת כך שהיא תכלול מספר גדול ככל האפשר של תופעות. אין עדויות לקיומם של חוקים פיזיקליים שביטויים מצטמצם לאירוע אחד ויחיד או לתופעה אחת בלבד, ולכן השערה כזו היא חריגה ובלתי מוצדקת.

4. התפישה המדעית המקובלת היא שעל-בסיס חוקים (או עקרונות כללים) בלבד לא ניתן לגזור תופעות או אירועים ספציפיים¹¹⁸. לא רק כוח הכבידה לבדו מסביר את התרסקות המטאור על כדור-הארץ, אלא גם המיקום והמהירות הספציפיים של המטאור ביחס לכדור-הארץ קודם להתנגשות. אבל הדרישה לקיומם של תנאים פיזיקליים ספציפיים כדי שחוק טבע יאפשר את קיומו של העולם מונעת אפריורי מהסבר המבוסס על חוק כזה להיות שלם ומספק.

אם כן, חוקי הפיזיקה אינם דבר מה טרנסצנדנטי לעולם, שעשויים לסייע בידינו במתן תשובה לשאלת היסוד של המטאפיזיקה, ואנו נאלצים לוותר גם על הכרחנות נומולוגית ככיוון פתרון אפשרי.

1.2.4 הכרחנות אנליטית

מספר ניסיונות נעשו כדי להוכיח שמשווא חייב להיות קיים על-סמך ניתוח מושגי של טענות קיום, כמו למשל, הניסיון להראות שהטענה "שום דבר אינו קיים" אינה קונסיסטנטית עם עובדת קיומו של משהו שטוען אותה, או הניסיון להוכיח שהטענה "משווא קיים" היא אנליטית.

¹¹⁸ Nagel, Ernest, The Structure of Science, p. 32

כך, למשל, בטענה שהעולם קיים בהכרח, אחרת לא הייתה קיימת תבונות שתשאל מדוע הוא קיים, ניתן למצוא שני כשלים. הכשל הראשון הינו כשל לוגי שנובע משימוש מוטעה בטווח הקֶשֶׁר המודאלי "בהכרח": אם נצרין את הטיעון באופן הבא (באשר p מייצגת את הטענה "יש מישהו ששואל את השאלה", q את הטענה "העולם קיים", ו- \Box את הקֶשֶׁר המודאלי "בהכרח"):

$$\frac{p \rightarrow \Box q}{p} \therefore \Box q$$

הרי שהטיעון אכן תקף (זהו מודוס פוננס פשוט). אלא שהצרנת ההנחה הראשונה, אף שהיא נראית מתאימה לאופן שבו אנו מנסחים את הטענה בשפה הטבעית, אינה ההצרנה הנכונה. את הטענה יש להצרין כך: $\Box(p \rightarrow q)$. כלומר: זה הכרחי שאם מישהו שואל את השאלה העולם קיים. או אז מקבלים את הטיעון:

$$\frac{\Box(p \rightarrow q)}{p} \therefore \Box q$$

שאת אי-תקפותו קל להראות, למשל, על-ידי הדוגמה הנגדית הבאה (על-בסיס הסמנטיקה של עולמות אפשריים במערכת S5, אשר מייצגת הכרח לוגי):

$$\begin{aligned} p(w_0) = T, & \quad q(w_0) = T \\ p(w_1) = F, & \quad q(w_1) = F \end{aligned}$$

בפשר הזה p ו- q אמיתיים בעולם האקטואלי w_0 , ושקריים בעולם האפשרי w_1 , לכן בעולם האקטואלי הנחת הטיעון $\Box(p \rightarrow q)$ אמיתית (כי הפסוק $p \rightarrow q$ אמיתי בכל העולמות האפשריים) וגם ההנחה p אמיתית, אך מסקנת הטיעון $\Box q$ שקרית (כי הפסוק q אינו אמיתי בכל העולמות

האפשריים). מאחר שקיים פשר, שבו באחד העולמות האפשריים הנחות הטיעון אמיתיות ומסקנתו שקרית, הטיעון אינו תקף.

אולם יש בטענה, שהעולם קיים בהכרח, אחרת לא הייתה קיימת תבונות שתשאל את השאלה, כשל נוסף: תבונות המכירה בקיומה של מציאות זו או אחרת הינו אכן תנאי הכרחי להצגת השאלה, אולם אין בעובדה שהשאלה הוצגה בכדי להסביר לא את קיומה של התבונות ולא את קיומה של אותה מציאות. לו נפלנו מגו של גורד שחקים ונחתנו על רחבת הבטון שלמרגלותיו ללא פגע, ללא ספק היינו תוהים על גודל מזלנו. אמנם היינו חייבים להישאר בחיים כדי לתהות על-כך, אך התהייה עצמה לא היה בה כדי להסביר את האירוע המופלא. נראה, אם כן, שניתוחים מושגיים אלו ודומיהם מתבססים על כשלים, והעמדה הרווחת היא שכל ניסיון להסביר את עובדת קיומו של העולם באמצעות הגדרות לשוניות נידון לכישלון¹¹⁹.

1.2.5 הכרחנות לוגית¹²⁰.

נעשו מספר ניסיונות להשתמש בכמת הישי בתחשיב הפרדיקטים של הלוגיקה הקלאסית כדי להראות שחייב להיות משהו, אך גם ניסיונות אלו מתבססים על כשלים. להלן דוגמה מייצגת¹²¹:

הפסוק $\exists x(x = a)$ מצרין את הטענה "a קיים". מכאן שהפסוק $\exists y \exists x(x = y)$ מצרין

את הטענה "משהו קיים". נראה בשיטת עצי-האמת ששלילת הטענה מהווה סתירה:

$$\begin{aligned} & \neg \exists y \exists x(x = y) \\ & \forall y \neg \exists x(x = y) \quad \setminus a \\ & \neg \exists x(x = a) \\ & \forall x \neg(x = a) \quad \setminus a \\ & \neg(a = a) \\ & * \end{aligned}$$

¹¹⁹ Witherall, The Problem of Existence, p. 59

¹²⁰ כאמור, ההבחנה בין הכרחנות לוגית להכרחנות אנליטית עשויה להיטשטש בהתאם לאופן שבו אנו תופשים את המונחים "לוגי" ו"אנליטי".

¹²¹ Witherall, The Problem of Existence, p. 56

מאחר ושלילת הטענה "משהו קיים" מהווה סתירה, הרי שהטענה "משהו קיים" היא אמת לוגית. הכשל בהוכחה זו (כמו גם בהוכחות דומות אחרות) נובע מהעובדה שכללי ההיסק בתחשיב הפרדיקטים (בין אם בשיטת עצי-האמת, באמצעות דדוקציה טבעית, או בכל דרך אחרת) מתבססים על-כך שתחום הדיון איננו ריק! (זו הסיבה שבגללה יכולנו להחיל את הפסוק בטווח הכמת הכולל בשורה השנייה על איזשהו a שרירותי). מכאן שהכשל בטיעון זה הוא כשל של הנחת המבוקש, והוכחה לוגית זו אינה "עושה את העבודה" (במערכות של לוגיקה חופשית, אגב, שבהן תחום הדיון רשאי להיות ריק, הפסוק $\exists y \exists x (x = y)$ איננו אמת לוגית).

גם הכרחנות לוגית, אם כן, אינה מסוגלת לתת תשובה לשאלת היסוד של המטאפיזיקה, ואפשר שצדק וויליאם ג'יימס כשכתב¹²²:

How comes the world to be here at all instead of the non-entity
which might be imagined in its place?... **from nothing to being**
there is no logical bridge.¹²³

ראינו, אם כן, שאף אחת מעמדות אלו, המבוססות על סוגים שונים של הכרחנות, אינה "מספקת את הסחורה", ויהיה עלינו לנסות ולהתלות בכיווני פתרון אחרים בניסיוננו לתור אחר תשובה לשאלה: "מדוע בכלל יש משהו?"

James, Some Problems of Philosophy, pp. 38-40¹²²
הדגשה שלי¹²³

על אף שהשאלה "מדוע בכלל יש משהו?", נראית מנקודת מבט קדם-תיאורטית כשאלה שהמדע צריך לענות עליה ולא הפילוסופיה, מעטים הם הפיזיקאים אשר מעיזים לגעת בנושא. להלן נבחן את הניסיונות המועטים לעשות זאת.

1.3.1 מודלים של יקום עם התחלה

אדווארד טיירון הציע את האפשרות שהעולם נוצר כתנודה קוואנטית של הריק¹²⁴, וזאת על בסיס עקרון אי-הוודאות של הייזנברג, אשר מאפשר בעקרון בריאה ספונטנית של חלקיקים אלמנטריים, ששבים ומתאינים מיד (ועל כן נקראים *חלקיקים וירטואליים*). אולם תנודה קוואנטית זקוקה לפחות למרחב-זמן מינימלי, בעל תכונות פיזיקליות מוגדרות, שמאפשרות תנודה כזאת (הפיזיקאים קוראים לזה "ריק מדומה", משום שמנקודת מבט מקרוסקופית הוא מתנהג ונראה כריק מוחלט, אך ברמה התת-אטומית הוא רוחש שדות וחלקיקים), ולכן גם אם תיאוריה כזו מציעה מסגרת תיאורטית אפשרית (ועל-אף שחוקי הפיזיקה "הנורמליים" אינם חייבים לתפוס בסינגולריות כמו זו שאפינה את המפץ הגדול, ואשר הכילה את כל היקום¹²⁵), היא בוודאי אינה מספקת כתשובה אולטימטיבית לשאלה, שכן היא מניחה את קיומו של דבר מה ראשית¹²⁶. כריס מורטנסן טוען שיתכן שהתנודה הקוואנטית והיווצרות המרחב-זמן הם בבחינת אירוע אחד¹²⁷, אולם גם בסברה כזו אין עדיין תשובה ל"מדוע", ולבעייתיות שבהכרחנות נומולוגית התייחסנו לעיל.

¹²⁴ Tyron, "Is the Universe a Vacuum Fluctuation?", pp. 222-225

¹²⁵ Hawking, "Black holes and thermodynamics", pp. 191-197

¹²⁶ Craig and Smith, *Theism, Atheism, and Big Bang Cosmology*, p. 143

¹²⁷ Mortensen, "Explaining Existence", p. 716

רוב העמדות הנטורליסטיות נוטות למודלים של יקום שלא היתה לו התחלה (כעמדתם של אריסטו וניוטון), וזאת על בסיס עקרוני. מריו בונג' (Bunge), למשל, טוען, שחוקי הטבע המוכרים דורשים שהסבר במונחים של "קודם" יהיה תמיד זמין¹²⁸, וארנסט ה. האטן סבור שהמושג של אירוע ראשוני אינו הגיוני משום שתמיד ניתן לשאול: "מה קרה קודם לכן?"¹²⁹. ברוח זו מציע קוונטין סמית' יקום שאין לו התחלה ואין לו סוף בהסתמכו על הסבר הסתברותי בדומה למודל האינדוקטיבי-סטטיסטי של המפל¹³⁰: אם הסינגולריות של חור שחור יכולה להוות בהסתברות מסוימת נקודת התחלה של יקום אחר, יתכן שגם המפץ הגדול שלנו התחיל מסינגולריות של חור שחור ביקום אחר. על בסיס רעיון זה הציע ג'ון גריבין תיאוריה אבולוציונית של יקומים¹³¹: יקומים בעל חוקי-פיזיקה שאינם מסוגלים להוליד יקומים אחרים (בדרך שהוצעה לעיל) נכחדים. יקומים שמסוגלים ליצור חורים-שחורים, שהסינגולריות שלהם מתלכדת עם הסינגולריות של תחילתו של יקום חדש, מעבירים הלאה, ליקומים חדשים אלו, את חוקיהם ואת הקבועים הפיזיקליים שלהם.

תיאוריה פיזיקלית אחרת, שמאפשרת יקום נצחי, היא תיאורית היקום הפועם (או המתנדנד)¹³², שלפיה היקום מתקיים בשרשרת מחזוריים שאין לה התחלה ואין לה סוף, כשכל מחזור מתחיל במפץ גדול (big bang) ומסתיים בגריסה גדולה (big crunch), שבה היקום שב ומתכווץ לנקודה סינגולרית, אירוע שגורם מחדש למפץ גדול¹³³.

תיאוריה נוספת אך שונה, שתואמת את עמדותיהם של בונג' והאטן, היא זו של הוקינג והארטל, שמציעים יקום בעל מרחב-זמן סגור, שבו הזמן אמנם אינו אינסופי, אך גם אין לו נקודת התחלה, וכך הוא מוכל בתוך עצמו¹³⁴.

הבעיה עם תיאוריות פיזיקליות מעין אלו היא שהן ספקולטיביות ולא מבוססות, ובכל מקרה הן אינן נותנות תשובה סופית לשאלה. הדבר דומה לניסיון להסביר את היווצרות החיים באמצעות התיאוריה שהחיים הבראשיתיים הגיעו לכדור-הארץ ממקומות אחרים ביקום באמצעות מטאורים שנשאו אתם צורות חיים פרימיטיביות. גם אם תיאוריה זו נכונה, היא עדיין

¹²⁸ Bunge, Causality, pp. 24, 240

¹²⁹ Hutten, "Methodological Remarks Concerning Cosmology", pp. 104-115

¹³⁰ Smith, "A Natural Explanation of the Existence and Laws of Our Universe", pp. 23-34

¹³¹ Gribbin, In the Beginning: The Birth of the Living Universe, pp. 217-255

¹³² Trimble, "Cosmology: Man's place in the Universe", pp. 76-86

¹³³ כיום ידוע שהיקום מאץ את קצב התפשטותו, עובדה שמקטינה את הסבירות לכוננתה של תיאוריה זו.

¹³⁴ Hawking, A Brief History of Time, p. 136

אינה מסבירה כיצד נוצרו חיים אלו מלכתחילה. כך גם כל תיאוריה המבוססת על קיומו של יקום נצחי נדרשת עדיין לענות על השאלה מדוע היקום הנצחי קיים כמכלול. סמית' עצמו מודה, שהתיאוריה שלו יכולה להסביר את קיומו של כל יקום ויקום, אך לא את עובדת קיומה של שרשרת אינסופית של יקומים¹³⁵. לכל הסבר נטורליסטי, טוען סמית', יש נקודת עצירה, ולכן הסבר כזה אינו מסוגל לתת את התשובה האולטימטיבית לשאלה.

Smith, Quentin. "A Natural Explanation of the Existence and Laws of Our Universe", p. 35¹³⁵

העמדות ההכרחניות למיניהן מנסות להראות שאי-קיומו של היקום איננו מצב אפשרי. הגישה השיוויונאית, לעומת זאת, מבססת את טיעוניה על-כך שאי-קיום הוא כן אפשרי, אולם לאפשרות זו אין עדיפות סטטיסטית על האפשרות (או על האפשרויות השונות) של קיום, ועל-כן העולם קיים לא מתוך הכרח אלא כמצב אחד מני רבים (או לפחות אחדים) שמתאפשרים סטטיסטית.

1.4.1 עקרון השיוויונאות

נוזיק טוען שתיאוריה אי-שיוויונאית, אשר מניחה שמצב מסוים הינו טבעי יותר ממצב אחר, אינה יכולה להיות יסודית, כי תמיד תישאר השאלה מדוע מצב מסוים סביר יותר ממצב אחר¹³⁷. כמו כן, לו היה קיים מצב טבעי אשר אינו דורש הסבר היה זה דווקא מצב של קיום ולא של אי-קיום, כי לו אי-קיום היה המצב הטבעי שום דבר לא יכול היה להיווצר¹³⁸. ניסוחה של שאלת היסוד כ"מדוע יש משהו במקום לא-כלום", אומר נוזיק, מניח אי-שיוויונאות (הלא-כלום סביר יותר מקיומו של דבר מה), והעובדה שכל גורם המביא לסטייה מהלא-כלום, מהווה בעצמו סטייה כזו, אשר דורשת הסבר, תביא אותנו לנסיגה אינסופית בכל ניסיון לענות על השאלה מתוך הנחת אי-שיוויונאות. שיקולים אלו מביאים את נוזיק לנקוט עמדה שיוויונאית, אשר מוציאה את ה"במקום" משאלת היסוד של המטאפיזיקה¹³⁹. בהקשר זה כותב גם ברגסון¹⁴⁰:

The presupposition that *de jure* there should be nothing, so that we must explain why *de facto* there is something, is pure illusion.

¹³⁶ זהו התרגום שבחרתי למושג **Egalitarian**.

¹³⁷ תפישה זו ניסיתי לסתור בסעיף 1.1.2, שם נימקתי מדוע הלא-כלום (או אי-קיום) הינו המצב הטבעי ביותר, שכשלעצמו אינו דורש הסבר, בעוד שכל חריגה ממנו כן דורשת הסבר.

¹³⁸ Nozick, *Philosophical Explanations*, p. 125

¹³⁹ Nozick, *Philosophical Explanations*, pp. 127-128

¹⁴⁰ Leslie, "Efforts to Explain All Existence", p. 181

על-פי הגישה השיוויונאית של נוזיק יש אופנים רבים, אולי אפילו אינסוף כאלו, שבהם העולם יכל להיות, אך רק אופן אחד שבו העולם יכל שלא להיות (כלומר, האופן שבו לא היה כלום). מכאן שהסיכוי לכך שיהיה משהו, גדול באופן משמעותי מהסיכוי שלא יהיה כלום. במידה ואכן יש אינסוף אופנים שבהם העולם יכל להיות, הרי שהסיכוי לאי-קיום העולם, שהיא רק אפשרות אחת מתוך אינסוף האפשרויות, הוא בפועל אפס (עמדה שמחזיק בה גם ואן אינוואגן¹⁴¹). נוזיק טוען שגם אם יהיה זה נכון יותר להתייחס לכל האופנים שבהם העולם יכל להיות כאל קטגוריה אחת, ואל הלא-כלום כאל קטגוריה שנייה, עדיין על-פי הגישה השיוויונאית יש סיכוי של 0.5 שיהיה משהו, כך שלקיומו של העולם (באופן זה או אחר) יש סבירות סטטיסטית. כל חלוקה אחרת לקטגוריות (מצב ביניים בין שתי האפשרויות דלעיל) תניב סיכוי גדול מ-0.5 לקיומו של משהו, וסיכוי נמוך יותר לאי-קיום מוחלט.

הבעיה העיקרית בעמדה השיוויונאית היא, שהיא מנסה להסביר את קיום העולם על בסיס העובדה שקיום זה הוא אפשרי. אך אי אפשר לענות על השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" בתשובה "כי זה אפשרי", שהרי יש לענות גם על השאלה מדוע קיומו של אותו משהו הוא בכלל אפשרי. למה הדבר דומה? לניסיון לענות על השאלה "מדוע יש חיים?" באופן הבא: מאחר שאנו יודעים שיש חיים, הרי שהייתה סבירות מסוימת להיווצרותם, אולם בוודאי היה גם איזשהו סיכוי לכך שחיים לא היו נוצרים כלל. מכאן שהתשובה לשאלה "מדוע יש חיים?" היא: על-פי העיקרון השיוויונאי כל אחת משתי אפשרויות אלו יכלה להתממש, וזכינו לכך שמבין שתיהן התממשה זו הראשונה. יתר על-כן, ניתן לטעון על-סמך ההיגיון השיוויונאי, שהיו למעשה אינסוף אפשרויות להיווצרותם של חיים (מינים שונים, למשל), אך רק אפשרות אחת לאי-היווצרותם, ועל-כן הסיכוי שחיים לא היו נוצרים כלל היה אפסי. כמובן שהסבר זה אינו מספק, משום שהשאלה "מדוע יש חיים?" מכוונת לאיזושהי מסגרת תיאורטית שתסביר כיצד חיים אפשריים בכלל (באותה מידה גם היינו מוחים לו נענינו על השאלה "מדוע יורד גשם?" בתשובה: "כי היה סיכוי מסוים שזה יקרה"). התשובה "כי זה אפשרי סטטיסטית, ובמקרה זה קרה" אינה יכולה לשמש תחליף למסגרת תיאורטית, לא בהקשר זה של שאלת היווצרות החיים, ולא בהקשר של שאלת היסוד של המטאפיזיקה.

¹⁴¹ Van Inwagen, *Ontology, Identity and Modality*, pp. 57-71

ברוח השיוויונאות מציע נוזיק תפישה מקסימליסטית שלה הוא קורא עקרון הפורות¹⁴²:
יתכן שכל האפשרויות ממומשות (כשאחת מהן היא הלא-כלום), אך הן ממומשות כעולמות
נפרדים שאין ביניהם אינטראקציה סיבתית¹⁴³. גם תפישה זו אינה עומדת בביקורת העמדה
השיוויונאית שהצעתי לעיל, אולם נוזיק, בצעד נועז במיוחד, מציע את האפשרות שעקרון הפורות
מצדיק את עצמו: עקרון זה מתקיים משום שהוא חל באחד העולמות שמתממשים¹⁴⁴! אלא שככל
סוג אחר של הוראה עצמית, גם עקרונות שמצדיקים את עצמם הם בעייתיים ופרדוקסליים. בעיה
נוספת בטיעון היא, שאם העולמות השונים אכן ממומשים, כטענתו של נוזיק, ללא אינטראקציה
סיבתית ביניהם, לא ברור כיצד עקרון שחל בעולם אחד עשוי לקחת חלק בהתממשות כל העולמות
האחרים. כמו כן, נוזיק עצמו מודה שבאותה מידה עשויים להתממש עולמות אשר בהם עקרון
הפורות אינו חל, דבר שיביא לאי-התממשותן של כל האפשרויות...

¹⁴² זהו התרגום שבחרתי למושג **Fecundity**.

¹⁴³ Nozick, *Philosophical Explanations*, p. 128-137

¹⁴⁴ Nozick, *Philosophical Explanations*, p. 131

1.5.1 הסברים טלאולוגיים במדע

הסבר **טלאולוגי** לאירוע או לתופעה הינו הסבר שכולל ציון מטרה. למשל: *שתיתי את המים כדי להרוות את צימאוני; הלב פועם כדי להזרים דם בגוף; לטורפים ניבים חדים כדי שיוכלו להמית את טרפם*. במדע הסברים טלאולוגיים מקובלים בהקשר של מערכות בעלות דרגת ארגון ומורכבות גבוהה¹⁴⁵, כמו, למשל, מערכות ביולוגיות, מערכות מכאניות ממוחשבות (*הרובוט שינה כיוון כדי שלא להיתקל בקיר*) או אף מערכות סוציולוגיות¹⁴⁶, כשסוגי ההסבר הטלאולוגיים הנפוצים ביותר הם פסיכולוגיים, אתולוגיים¹⁴⁷ ופונקציונאליים. אנשי מדע רבים (אף כי לא כולם) סבורים שהסברים טלאולוגיים ניתנים להעמדה על הסברים אחרים, למשל, סיבתיים או אבולוציוניים:

• שתיתי לא כדי להרוות את צימאוני, אלא משום שהייתי צמא, והצמא עורר בי את הרצון לשתות.

• הרובוט שינה כיוון לא כדי שלא יתקל בקיר, אלא משום שמנגנון הראיה שלו זיהה מכשול, ותוכנת ההפעלה שלו *הגיבה* על זיהוי המכשול בהתאם לקוד התכנות שלה, והעבירה למנגנון ההליכה של הרובוט הוראה לשנות כיוון, כשזה האחרון *הגיב* על ההוראה בשינוי כיוון ההליכה.

• הזיעה אינה מתאדה כדי לצנן את הגוף, אלא *נגרמת* על-ידי התנאים האטמוספריים, דבר שגורם באופן פיזיקלי לצינון הגוף, והיתרון ההישרדותי שבתהליך *הביא* במשך הזמן לגידול היחסי במספר הפרטים בעלי מנגנון הזעה, שהופיע לראשונה *בעקבות* תהליך אקראי של מוטציות.

יחד עם זאת, השימוש בשפה טלאולוגית, גם אם היא נתפשת כמטאפורית, מפשט באופן משמעותי הסברים לגבי תפקודן של מערכות מורכבות, כפי שהדבר בולט בדוגמאות לעיל.

¹⁴⁵ Nagel, Ernest, *The Structure of Science*, p. 421
¹⁴⁶ Woodfield, Andrew, "Teleological Explanations", p. 71
¹⁴⁷ **אתולוגיה** הינו מדע ההתנהגות של בעלי-החיים

אף שהיכוח על הלגיטימיות של הסברים כאלו ועל מידת היכולת להעמידם על הסברים אחרים נמשך עד היום, הרי שהסברים טלאולוגיים אינם משמשים בהקשר של תופעות או אירועים פיזיקליים וכימיים¹⁴⁸. לכן, בדומה לעמדות תיאולוגיות, גם הסברים טלאולוגיים לקיום העולם אינם עולים בקנה אחד עם תפישת המדע המודרני אשר חיבור זה מאמץ, ועל כן לא נעמיק את הדיון בהם.

1.5.2 הסברים אקסילוגיים

למעט עמדות טלאולוגיות תיאולוגיות, ההסברים השייכים לקטגוריה זו הם לרוב מבוססי ערכיות (אקסילוגיים), ומציעים, למשל, את העיקרון המטאפיזי, שקיום הינו טוב יותר או קרוב יותר לשלמות מאי-קיום, ועל-כן המצב השורר הוא של קיום ולא של אי-קיום. לעמדה זו יש מספר בעיות: ראשית, גם אם נניח שקיום הוא אכן טוב יותר או מושלם יותר מאי-קיום (דבר שכלל אינו מובן מאליו), הרי שהטענה לפיה העולם מתנהל באופן המכוון למימושם של ערכים טובים איננה קונסיסטנטית עם העולם המוכר לנו, שבו לא כל מה שראוי שיקרה גם קורה. כמו כן, למה שרק ערכים טובים או מושלמים יתממשו, ולא רוע, בורות, או כל ערך שלילי אחר? (האם בגלל שהתממשות של ערכים טובים הינו דבר טוב יותר?)

ייחוס ערכים לעולם, ותפישת העולם כמממש ערכים אלו מופעים כבר במשנותיהם של פיתגורס, אפלטון ולייבניץ (מקסימום ריבוי במקסימום אחדות¹⁴⁹), אולם תפישות אקסילוגיות מופיעות גם בפילוסופיה המודרנית. עמדה כזו, למשל, היא של ג'ון לזלי, אשר מציע שלעולם יש מטרה: הוא קיים כדי לממש את הטוב¹⁵⁰. הטוב קיים "מעבר" לעולם, אולי כאידיאה אפלטונית. לזלי מציע את האפשרות שצרכים אתיים מהווים אילוצים אשר בזכותם העולם קיים¹⁵¹. הוא אף מרחיב תפישה זו לעמדה תיאולוגית, שלפיה האל, שמכוחו נברא העולם, אינו אלא הצרכים האתיים עצמם או תוצר שלהם¹⁵². עמדה זו חורגת, כאמור, מתפישת המדע המודרני, ולזלי אינו משתית אותה על טיעונים פילוסופיים כבדי משקל אלא על אמונה דתית.

¹⁴⁸ Nagel, Ernest, *The Structure of Science*, p. 402

¹⁴⁹ לייבניץ, השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות, עמ' 66

¹⁵⁰ Leslie, "The Theory that the World Exists because it Should", pp. 286-98

¹⁵¹ Leslie, "Value and Existence", pp. 2-19

¹⁵² Leslie, "Efforts to Explain All Existence", p. 93

עמדה טלאולוגית אקסילוגית נוספת היא זו של רשר, ולפיה הטוב מסביר את עצמו¹⁵³.
רשר משתמש במונחים "ערכים קוסמיים" ו"פרוטו-חוקים"¹⁵⁴: יתכן שלנוסחאות הבסיסיות של
הפיזיקה יש פתרונות רק אם הן גוררות קיום, והפרוטו-חוקים ממקסמים ערכים קוסמיים:
פשטות, הרמוניה, אלגנטיות, אחידות וחיסכון. לגבי השאלה מדוע הפרוטו-חוקים ממקסמים
ערכים אלו מציע רשר את האפשרות שזהו עקרון שמסביר את עצמו.

פרפיט מציע את האפשרות שקיימים אינספור עולמות שונים, כל אחד מהם, גם אם אינו
מושלם (כמו, למשל, העולם שלנו), קיומו טוב מאי-קיומו¹⁵⁵. על תפישה זו ודומות לה משיב
סווינבורן, שאנחנו לא מכירים בעולם שום דבר שפועל בצורה כזו. אין שום חוק טבע שמבוסס על
"מה שטוב קורה"¹⁵⁶.

תפישה אקסילוגית אחרת רואה בתודעה ערך, ומהווה את הבסיס לעמדה הטלאולוגית
שמכונה "העיקרון האנתרופי החזק": חוקי הפיזיקה חייבים להיות כאלו שמאפשרים התפתחות
של תודעה¹⁵⁷, והעולם קיים למטרה זו.

בסך-הכל עמדות טלאולוגיות מעוררות יותר בעיות מאשר הן מתיימרות לפתור, והן אינן
מהוות כיוון פורה בניסיון לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה באופן הקונסיסטנטי עם
תובנות המדע המודרני.

Rescher, *The Riddle of Existence: an Essay in Idealistic Metaphysics* ¹⁵³

Ibid, pp. 33-53 ¹⁵⁴

Parfit, "The Puzzle of Reality: Why Does the Universe Exist?", pp. 423-427 ¹⁵⁵

Swinburne, "Response to Derek Parfit", p. 428 ¹⁵⁶

Davies, *The Accidental Universe*, pp. 118-122 ¹⁵⁷

ראינו, אם כן, שהניסיונות השונים לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה אינם מובילים לכיוונים מבטיחים: העמדות ההכרחניות אינן מצליחות לבסס את הטענה שהעולם קיים בהכרח; ההסברים הנטורליסטיים אינם שלמים, והם רחוקים מלהתקרב לתשובה אפשרית; העמדה השיוויונאית אינה עושה עבודה הסברית, והסברים טלאולוגיים אינם עולים בקנה אחד עם תפישות המדע המודרני. ההיסטוריה הכושלת של ניסיונות אלו לענות על השאלה הובילו הוגים רבים לעמדה הפסימית בדבר האפשרות בכלל לענות עליה (כפי שראינו בסעיף 1.1.3 לעיל), עמדה שגם אנשי מדע רבים, אשר אינם רואים דרך אפשרית להתמודד אתה, מאמצים ומצדיקים. יחד עם זאת, כפי שצינתי בסעיף 1.1.3, ההיסטוריה של ההתפתחות המדעית והידע האנושי מלמדת, שרבים מהדברים שבעבר נטען עליהם (ובאופן משכנע למדי) שלעולם לא נוכל לדעת אותם או להבינם, ידועים ומובנים כיום היטב (עד להופעתה של תורת האבולוציה איש לא האמין שניתן להסביר את קיומם של חיים בכלל, ואת קיומו של האדם התבוני בפרט, שלא במסגרת תיאולוגית). הידע האנושי אינו דורך על מקומו, והבנתנו את העולם הולכת וגדלה בהתמדה. על-כן אפשרי שגם על השאלה "מדוע בכלל יש משהו?", למרות כל הקשיים העקרוניים העולים ממנה, נצליח בסופו של דבר לענות. ניסיון כזה ייעשה גם בחיבור זה.

סיכום פרק 1

השאלה "מדוע בכלל יש משהו?" שהיידגר קרא לה: "שאלת היסוד של המטאפיזיקה" מעוררת פליאה, יראה ותסכול אולי יותר מכל שאלה פילוסופית אחרת. הדעת אינה סובלת לא את האפשרות שהיקום נוצר מלא-כלום ללא סיבה ראשונית, ולא את האפשרות שהיקום היה קיים מאז ומתמיד ללא סיבה טרנסצנדנטית (כלומר, חיצונית לו), עובדה שמעוררת אצל פיזיקאים ופילוסופים רבים תחושה של חוסר אונים לנוכח השאלה.

חוסר אונים זה הביא הוגים אחדים כמו אייר, ויטגנשטיין, אדווארדס, קסטנבאום וגרונבאום, וגם פיזיקאים כמו ויינברג, לטעון שהשאלה עצמה היא חסרת משמעות (במובן זה שיש בה כשל), ועל כן גם אין אפשרות לענות עליה. אולם עמדה זו ספגה ביקורת רבה, ונראה שכל שאלה מהסוג "מדוע יש x?" היא בעלת משמעות אם אכן יש x, ובכלל זה השאלה "מדוע יש משהו?". הוגים אחרים, כמו ראסל, סמית', פרפיט, סמארט ופלמינג, ומדענים כמו לובל, דייויס ופונמפרומה טענו שהשאלה אמנם לגיטימית, אך מסיבות עקרוניות (בין אם אונטולוגיות או אפיסטמולוגיות) לעולם לא נוכל לענות עליה. נראה שקשה להצדיק את העמדה שלהיות העולם פשוט אין הסבר, שכן דווקא אי-קיום נתפש כמצב טבעי שאינו דורש הסבר, ואילו ניסיון העבר מלמד אותנו שמה שבתקופה מסוימת נחשב לבלתי-אפשרי הופך עם השנים לא פעם לאפשרי ואפילו למובן מאליו. על-כן גם בהקשר זה מוצדק להיות אופטימי.

ניסיונות אחדים לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה מתבססים על סוגים שונים של הכרח: הכרח תיאולוגי (האל קיים בהכרח והוא זה שברא את העולם), הכרח מטאפיזי (על בסיס עקרונות ותפישות מטאפיזיים), הכרח נומולוגי (קיומו של היקום הינו חוק טבע), הכרח אנליטי (הוכחת קיומו של העולם באמצעות ניתוח מושגי) והכרח לוגי (הוכחת קיומו של העולם באמצעות הלוגיקה). אף אחד מניסיונות אלו אינו חף מכשלים, כך שנראה שלפחות סוגים אלו של הכרחנות אינם מסוגלים לענות באופן מספק על השאלה "למה בכלל יש משהו?".

גם הניסיונות לתת לשאלה תשובה פיזיקלית, כמו אלו של טיירון (העולם נוצר כתוצאה מתנודה קוואנטית של הריק), סמית' (שרשרת אינסופית של מפצים גדולים), גריבין (אבולוציה של יקומים) והוקינג (יקום בעל מרחב-זמן סגור) אינם "מספקים את הסחורה". הבעיה עם תיאוריות

פיזיקליות מעין אלו היא שהן אינן מבוססות, ומאחר שהן תמיד מניחות את קיומו של דבר מה ראשוני ובלתי מוסבר, הן אינן נותנות תשובה סופית לשאלה.

עמדה מעניינת אחרת היא העמדה השיוויונאית של נוזיק וואן אינוואגן, שלפיה אי-קיום איננו מצב טבעי יותר מקיום, ולכל אחת מאפשרויות אלו יש הסתברות מסוימת. מכאן שעצם קיומו של העולם אינו אלא תוצאה של מקריות סטטיסטית. עמדה זו לוקה בכשלים רבים, ואינה מסוגלת להשיב על שאלת היסוד של המטאפיזיקה יותר מאשר על השאלה "מדוע יש חיים?".

לבסוף דנו בעמדות טלאולוגיות אקסילוגיות, שרווחו בעיקר בעבר (פיתגורס, אפלטון ולייבניץ), אף כי אחדות מהן (כמו אלה של לזלי, רשר ופרפיט) מוצעות גם היום כתשובה אפשרית לשאלת היסוד של המטאפיזיקה. אולם עמדות אלו בהקשר של תופעות פיזיקליות אינן עולות בקנה אחד עם תפישת המדע המודרני, והן מעוררות יותר בעיות מאשר הן מתיימרות לפתור.

אנו נשארים, אם-כן, חסרי אונים נוכח "השאלה האפלה ביותר בכל הפילוסופיה", כפי שכינה אותה וויליאם גיימס, ונראה שהקשיים לענות עליה הם לא רק עניין של מגבלות אמפיריות (כמו, למשל, השאלה אם יש חיים במערכות כוכבים אחרות), אלא עקרוניים. קשיים אלו יוצרים משבר הכרתי, ורומזים, בהעדר כל מסגרת תיאורטית לתשובה אפשרית, שכל פתרון סביר, התואם את תפישת המדע המודרני, ואשר יינתן אי-פעם לבעיה, חייב להיות רדיקלי באופיו.

וכזה הוא הפתרון המוצע בחיבור זה.

פרק 2

על אפלטוניזם ביחס למבנים מתמטיים - העמדה הסטרוקטורליסטית

המושג **מבנה מתמטי** הינו מושג חדש יחסית בנוף הפילוסופיה של המתמטיקה, אולם כוחו ההסברי ובעיקר העמדה האפלטוניסטית שמתמטיקאים רבים מאמצים לגביו הפכו אותו למושג מרכזי וחשוב בתחום.

ניצנים לתפישה סטרוקטורליסטית של המתמטיקה ניתן למצוא כבר אצל דדקינד והילברט בסוף המאה ה-19¹⁵⁸, אולם חלוציו המודרניים הם בנאסרף (אמצע שנות ה-60) ורזניק (תחילת שנות ה-80)¹⁵⁹. פול בנאסרף, מונע על-ידי הרצון לפתור בעיה אפיסטמולוגית, הציג חלופה לתפישתו של פרגה את המספרים כאובייקטים, שלפיה ניתן להבין מספרים על-פי היחסים שהם מקיימים בינם לבין עצמם במבנה מופשט, ולא על-פי תכונות אינהרנטיות שלהם¹⁶⁰:

Objects do not do the job of numbers singly; the whole system performs the job or nothing does... numbers are not objects at all, because in giving the properties (that is, necessary and sufficient) of numbers you merely characterize an *abstract structure*¹⁶¹ - and the distinction lies in the fact that the 'elements' of the structure have no properties other than those relating them to other 'elements' of the same structure.

וכך מתאר מייקל רזניק את תפישת הסטרוקטורליזם שלו, שלפיה משמעותם של אובייקטים מתמטיים נגזרת רק ממקומם במבנה, ואין להם תכונות או מבנה פנימי משלהם, וגם לא קיום עצמאי מחוץ למבנה¹⁶²:

¹⁵⁸ Maddy, *Realism in Mathematics*, p. 170

¹⁵⁹ Detlefsen, "Philosophy of mathematics in the twentieth century", pp. 104-105

¹⁶⁰ Benacerraf, "What Numbers Could Not Be", pp. 290-291

¹⁶¹ הדגשה במקור

¹⁶² Resnik, "Mathematics as a Science of Patterns: Ontology and Reference", p. 530

In mathematics, I claim, we do not have objects with an 'internal' composition arranged in structures, we have only structures. The objects of mathematics, that is, the entities which our mathematical constants and quantifier denote, are structureless points in structures. As positions in structures, they have no identity or features outside a structure.

בפרק זה אציג את המושג "מבנה מתמטי", את העמדה הסטרוקטורליסטית (ריאליזם לגבי מבנים מתמטיים) ואת חשיבותה לחיבור זה.

2.1.1 מערכת

לאוסף אובייקטים (סופי או אינסופי) המקיימים ביניהם יחסים מסוימים מקובל לקרוא **מערכת**¹⁶³. כך, למשל, ניתן להגדיר מערכת משפחתית, שהאובייקטים שלה הם קבוצה מסוימת של בני-אדם (לא כולם בהכרח בני אותה משפחה), והיחסים המוגדרים בה הם יחסי משפחה: *בעל*, *רעיה*, *בן*, *אחות*, *דוד* וכו'. יחסים אלו הם דו-מקומיים (למשל, x היא אחות של y), אולם ניתן להגדיר על האובייקטים במערכת גם יחסים תלת-מקומיים ויותר (כמו: *הוריו* של x הם y ו- z) (ואף תכונות (x הוא זכר, y היא נקבה וכו'). לשם מניעת סרבול אנו נשתמש להלן במושג "יחס" במובן כללי יותר, ונדבר על יחס η מקומי בעבור $1 \geq \eta$ (בדרך כלל השימוש במושג יחס חד-מקומי דורש הבהרה, אבל הוא מקובל בספרות כאשר יש צורך בהרחבת המושג למספר כלשהו של מקומות^{164,165}). אם כן, לגבי כל יחס η מקומי המוגדר במערכת, כל η אובייקטים של המערכת יכולים לקיים או שלא לקיים אותו.

אף שאין הכרח שמערך היחסים בין האובייקטים במערכת כלשהי יקיים איזושהי חוקיות כללית, הרי שבמערכות רבות, וביניהן במערכת משפחתית כדוגמת זו שהוצגה לעיל, האובייקטים מקיימים או לא מקיימים את יחסי המערכת על-פי איזושהי חוקיות האופיינית לה. למשל, במערכת משפחתית, היחסים:

$Mother(x, y)$ - x היא אמא של y

$Daughter(x, y)$ - x היא הבת של y

$Son(x, y)$ - x הוא הבן של y

$Brother(x, y)$ - x הוא אח של y

¹⁶³ Shapiro, Philosophy of Mathematics, pp. 73-74

¹⁶⁴ Howson, Logic with Trees, p. 68

¹⁶⁵ Chihara, A Structural Account of Mathematics, p. 51

מקיימים ביניהם (בין השאר) את הקשרים¹⁶⁶:

$$\forall x \forall y (Mother(x, y) \rightarrow (Daughter(y, x) \vee Son(y, x))) \bullet$$

(אם x היא אמא של y אז y הוא הבת או הבן של x)

$$\forall x \forall y (\exists z (Son(x, z) \wedge (Daughter(y, z) \vee Son(y, z))) \rightarrow Brother(x, y)) \bullet$$

(אם x הוא הבן של z כלשהו, ו-y הוא הבן או הבת של z, אז x הוא אח של y)

$$\forall x \forall y (Mother(x, y) \rightarrow \neg Daughter(x, y)) \bullet$$

(אם x היא אמא של y אז היא אינה הבת שלה)

חוקיות זו נובעת ממערך היחסים שהאובייקטים של מערכת משפחתית מקיימים בינם לבין עצמם, ולפעמים נוח להשתמש בה כדי לאפיין את יחסי המערכת: "סבתא" היא אמא של אמא או אמא של אבא, "דוד" הוא אח של אמא או אח של אבא, "אחיין" הוא הבן של האח או הבן של האחות, וכן הלאה.

2.1.2 מבנה

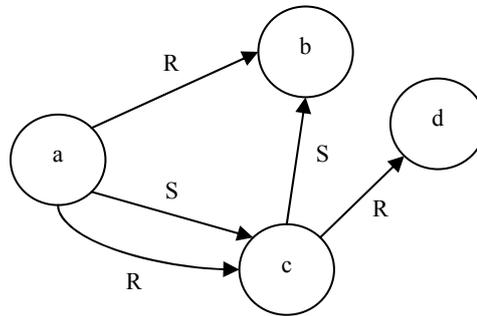
מבנה הינו יציר מופשט, שמורכב מאוסף של אובייקטים מופשטים, המקיימים ביניהם אוסף של יחסים מופשטים, ואשר אין להם שום תכונה נוספת מעבר להיותם מקיימים מערכת יחסים זו. לאובייקטים של מבנה אין שום מבנה¹⁶⁷ פנימי או קיום בנפרד מהמבנה עצמו¹⁶⁸. נגדיר כדוגמה את מבנה E, המורכב מארבעה אובייקטים: a, b, c ו-d, ומשני יחסים דו-מקומיים R ו-S, כך שמתקיים: Rab, Rac, Red, Sac ו-Scb (בלבד). נוח לתאר מבנה באמצעות תורת המודלים, ובתיאור כזה יוגדר תחום הקיום של מבנה E כ- $D = \{a, b, c, d\}$, והיחסים R

¹⁶⁶ על-פי הגדרות ביולוגיות, חברתיות או משפטיות

¹⁶⁷ במובן הסטנדרטי של המונח, לא זה המוגדר בסעיף זה
¹⁶⁸ Shapiro, Philosophy of Mathematics, pp. 71-108

ו- S יוגדרו כ- $R = \{ \langle a, b \rangle, \langle a, c \rangle, \langle c, d \rangle \}$ ו- $S = \{ \langle a, c \rangle, \langle c, b \rangle \}$. כאשר המבנה אינו

מורכב מדי אפשר להציגו גם באופן גרפי. את המבנה E, למשל, ניתן לייצג באמצעות התרשים:



האובייקטים a, b, c ו- d והיחסים R ו- S של מבנה E הם מופשטים במובן זה שאין הם נושאים איזושהי משמעות (כלומר, לא ניתן לומר עליהם דבר) מעבר להיותם מקיימים את מערך היחסים כפי שהוגדר לעיל, ואשר מכונן את המבנה. לאובייקטים אין מבנה פנימי משלהם (שכן אז ניתן היה לומר עליהם משהו נוסף) או קיום מחוץ למבנה E. השמות שנבחרו לאובייקטים וליחסים הם שרירותיים וניתן היה לבחור במקומם שמות אחרים לתיאור אותו מבנה.

מהגדרת המושגים "מבנה" ו"מערכת" נובע שניתן לקבל מבנה על-ידי הפשטה של מערכת, כלומר, על-ידי ניתוק האובייקטים והיחסים שלה מכל משמעות. כך, למשל, המבנה של מערכת משפחתית כלשהי (כדוגמת זו שהוצגה בסעיף 2.1.1 לעיל) יכול ללואוסף אובייקטים $\{O_i\}$, שמספרם כמספר האובייקטים במערכת (כל אובייקט מתאים לאדם מסויים במערכת המשפחתית), ואוסף יחסים $\{R_i\}$, שמספרם כמספר היחסים במערכת (כל יחס במערכת מתאים ליחס מקביל במבנה) כך, שארבעה מהיחסים הדו-מקומיים, נאמר: R_1, R_2, R_3 ו- R_4 , יקיימו, בין השאר, את החוקיות הבאה¹⁶⁹:

$$\forall i \forall j \left(R_1(O_i, O_j) \rightarrow \left(R_2(O_j, O_i) \vee R_3(O_j, O_i) \right) \right)$$

$$\forall i \forall j \left(\exists k \left(R_3(O_i, O_k) \wedge \left(R_2(O_j, O_k) \vee R_3(O_j, O_k) \right) \right) \rightarrow R_4(O_i, O_j) \right)$$

$$\forall i \forall j \left(R_1(O_i, O_j) \rightarrow \neg R_2(O_i, O_j) \right)$$

¹⁶⁹ במבנים מורכבים רבים, כמו גם במבנה זה, פירוט האובייקטים הספציפיים המקיימים את היחסים השונים היא מלאכה מייגע (או אף בלתי אפשרית), אם מספר האובייקטים במבנה הוא אינסופי, ואינה תורמת דבר לדיון. לעומת זאת הצגת חוקיות המבנה משקפת היטב את אופיו.

אמנם חוקיותו של מבנה כזה (שכאמור נובעת ממערך היחסים שהאובייקטים שלו מקיימים בינם לבין עצמם) מאפשרת לראות ביחסים המוגדרים בו הפשטה של יחסי המשפחה במערכת המשפחתית (באשר R_1 מייצג את היחס אמא של, R_2 את היחס הבת של וכו'), אולם אין לאוסף היחסים $\{R_i\}$ או לאוסף האובייקטים $\{O_i\}$ משמעות אינהרנטית משלהם.

להלן מספר דוגמאות נוספות למבנים (שכפי שנראה בהמשך ניתן לכנותם **מבנים**

מתמטיים):

א. האריתמטיקה של פיאנו

מרכיביו של מבנה זה (או האלמנטים שלו) הם:

1. אינסוף אובייקטים

2. יחס דו-מקומי S שניתן לכנותו עוקב

והוא מקיים (בין השאר) את החוקיות הבאה:

• $\exists x \forall y (\neg Sxy \wedge \forall z \forall w (\neg Szw \rightarrow z = x))$ (בדיוק אובייקט אחד אינו עוקב של אף

אובייקט. לאובייקט זה מקובל לקרוא '1' או '0')

• $\forall x \exists y (Sxy \wedge \forall z (Sxz \rightarrow z = y))$ (לכל אובייקט יש בדיוק עוקב אחד)

• $\forall x \forall y \forall z ((Sxy \wedge Sxz) \rightarrow z = y)$ (כל אובייקט הינו העוקב של לכל היותר אובייקט

אחד)

• מתקיים $(\forall x (\forall y \neg Sxy \rightarrow Px) \wedge \forall x \forall y ((\Psi x \wedge Sxy) \rightarrow \Psi y)) \rightarrow \forall x \Psi x$ לכל נוסחה

Ψx עם משתנה חופשי אחד (עקרון האינדוקציה¹⁷⁰)

¹⁷⁰ את עקרון האינדוקציה ניתן לבטא גם באמצעות לוגיקה מסדר שני

מבנה זה יכול לייצג את מערכת המספרים הטבעיים, את מערכת המספרים הזוגיים החיוביים ועוד¹⁷¹. חשוב לראות שאף שהמספרים הזוגיים משותפים לשתי מערכות אלו (זו של המספרים הטבעיים וזו של המספרים הזוגיים), לכל אחד מהם יש תפקיד שונה בכל אחת מהמערכות. המספר 2, למשל, מקיים במערכת הראשונה את יחס העקב עם המספר 1, שהוא האובייקט שאינו עוקב של אף אובייקט אחר, ואילו במערכת השנייה המספר 2 הוא בעצמו האובייקט שאינו עוקב של אף אובייקט אחר. לעתים אף נוח להשתמש במספרים הטבעיים כשמות לאובייקטים של המבנה עצמו (ולא רק לאובייקטים של המערכות השונות), ואז המספר 2 (כשם של אובייקט) מורה במבנה זה על האובייקט שהינו העוקב של האובייקט שאינו עוקב של אף אובייקט אחר (ואשר המספר 1 מורה עליו¹⁷²).

מבנה זה ניתן להרחבה על-ידי הגדרה של פעולות חיבור וקבל באמצעות הוספה של היחסים התלת-מקומיים $Axyz$ ו- $Mxyz$ ($z = x + y$) למבנה. יחסים אלו מקיימים את הקשרים הבאים¹⁷³:

פעולת החיבור

• $\forall w (\forall z \neg Swz \rightarrow \forall x \forall y (Sxy \rightarrow Axwy))$ (באשר $x + 1 = x'$ הוא העוקב של x ו-1

הוא האובייקט שאינו עוקב של אף אובייקט אחר)

• $\forall x \forall y \forall z (Axyz \rightarrow \forall u \forall v ((Suy \wedge Svz) \rightarrow Axuv))$ (באשר $x + y' = [x + y]$ הוא

העוקב של y ו- $[x + y]$ הוא העוקב של $x + y$)

פעולת הכפל

• $\forall x (\forall y \neg Sxy \rightarrow \forall y Myxy)$ (באשר $x \cdot 1 = x$ הוא האובייקט שאינו עוקב של אף

אובייקט אחר)

• $\forall x \forall y \forall z (Mxyz \rightarrow \forall u \forall v ((Azxv \wedge Suy) \rightarrow Mxuv))$ (באשר $x \cdot y' = x \cdot y + x$ הוא

העוקב של y)

¹⁷¹ למרות שהשימוש הנפוץ ביותר של מבנה זה הוא במתמטיקה (ובפרט בתורת המספרים), אין מניעה ליישמו גם מחוץ לתחום זה, למשל, לאפיון תור ללא הגבלת אורך במבנה נתונים, או לתיאור טופולוגיה של זמן בדיד, שיש לו התחלה אך אין לו סוף.

¹⁷² ואפשר גם להתחיל מ-0, כפי שעשה פרגה.

¹⁷³ Landau, Foundations of Analysis, pp. 1-18

את ההגדרות של פעולות החיבור והכפל ניתן היה, כמובן, לפשט על-ידי

1. הגדרה של מושג הפונקציה, אשר ניתן להעמדה על מושג היחס¹⁷⁴, והגדרת פעולות החיבור והכפל כפונקציות.
2. הגדרת פונקצית עוקב על בסיס יחס העוקב.
3. שימוש בשם "1" להוראה על האובייקט שאינו עוקב של אף אובייקט אחר.

אמצעים אלו אכן מקובלים בספרות לפישוט תיאור המבנה, אולם חשוב לראות שאת העושר של המבנה (במקרה זה: התוספת של פעולות החיבור והכפל) ניתן לקבל באמצעות הגדרה של יחסים בין האובייקטים, המקיימים חוקיות מוגדרת.

ב. הגיאומטריה

דוגמה נוספת היא המבנה המופשט מכל הקשר לשוני או אינטואיטיבי שהגדיר גרסמן, ואשר מייצג את הגיאומטריה האוקלידית¹⁷⁵. כל קשר המתקיים בין יחסים מסוימים במבנה זה ניתן להפוך למשפט גיאומטרי על-ידי הכנסת תוכן מרחבי לאלמנטים שלו: נקודה, ישר, מישור, חותך, ניצב וכו' (אף שהגיאומטריה הקלאסית היא מופשטת במובן זה שמושאייה אינם קונקרטיים, היא עדיין עוסקת בתכנים. לעומת זאת האלמנטים של מבנים, כלומר, האובייקטים והיחסים שלהם, מופשטים במובן זה שהם חסרי כל משמעות).

כך, למשל, ניתן לנסח את אקסיומת המקבילים במבנה של הגיאומטריה האוקלידית (בפורמליזם מודרני):

$$\forall x \forall y ((Lx \wedge Py \wedge \neg Oyx) \rightarrow \exists z (Lz \wedge Oyz \wedge \neg \exists w (Pw \wedge Owz \wedge Owx) \wedge \forall u ((Lu \wedge Oyu \wedge \neg \exists w (Pw \wedge Owu \wedge Owx)) \rightarrow u = z)))$$

¹⁷⁴ Parsons, "The Structuralist view of Mathematical Objects", p. 274
¹⁷⁵ Grassmann, Gessammelte Matematische und Physicalische, Werke 1

האובייקטים והיחסים במבנה זה הם כאמור נטולי תוכן, אולם האינטרפרטציה: P - "נקודה", L - "ישר" ו-O - "מונח על" תיתן לנו את אקסיומת המקבילים של הגיאומטריה האוקלידית (כלומר, של המערכת עצמה, שתכניה הם מרחביים).

דבר דומה עשה הילברט כשהשלים את אקסיומות הגיאומטריה האוקלידית (אשר גרסתה הקלאסית מסתמכת על לא מעט הנחות מובלעות), וניסח אותם כאוסף של פסוקים לוגיים, מנותקים אף הם מכל משמעות מרחבית¹⁷⁶. הילברט טען שהיכולת לגזור משפטים מאקסיומות הגיאומטריה (ומאקסיומות בכלל) אל לה להסתמך על האינטרפרטציה המרחבית (או אינטרפרטציה אחרת כלשהי) של האובייקטים והיחסים שהאקסיומות עושות בהם שימוש¹⁷⁷:

One should always be able to say, instead of 'points, lines, and planes', 'tables, chairs and beer mugs'.

פול ברנייס מתאר את עבודתו של הילברט¹⁷⁸:

... not as a system of statements about a subject matter but as a system of conditions for what might be called a relational structure.

ויאן מולר מתאר את אקסיומות הגיאומטריה של הילברט כ"מבניות" באופיין, ואת הגיאומטריה שלו כ"חקר של מבנה"¹⁷⁹.

האריתמטיקה של פיאנו והגיאומטריה הן רק שתי דוגמאות מייצגות מהעושר הרב של מבנים שהמתמטיקה עושה בהם שימוש. למבנים מופשטים כאלו יש חשיבות רבה לא רק במתמטיקה תיאורטית, אלא בכל תחום שבו משתמשים בכלים מתמטיים לחקר מערכות (למשל: פיזיקה, כימיה, ביולוגיה ואפילו סוציולוגיה וכלכלה), שכן השימוש במתמטיקה להבנה של מערכת ולניבוי התנהגותה מבוסס על הכרת מארג היחסים בין האובייקטים השונים והחוקיות

Hilbert, Foundations of Geometry¹⁷⁶

Gray, Worlds Out of Nothing: A Course in the History of Geometry in the 19th century, p. 254¹⁷⁷

Bernays, Paul. "Hilbert, David", p. 497¹⁷⁸

Mueller, Philosophy of Mathematics and Deductive Structure in Euclid's Elements, p. 9¹⁷⁹

שיחסים אלו מקיימים, ולא על אופי האובייקטים או על משמעות היחסים שביניהם במערכת הספציפית.

על חשיבותם הבלעדית של היחסים בין אובייקטים במתמטיקה ובפיזיקה כתב גם ראסל¹⁸⁰:

What matters in mathematics, and to a very great extent in physical science, is not the intrinsic nature of our terms, but the logical nature of their inter-relations.

הערה:

מאחר שהמושגים שהתיאוריה הסטרוקטורליסטית עושה בהם שימוש הם מושגים שבתיאוריות אחרות משמשים לעתים במשמעויות שונות מעט, חשוב לשים לב שהמושג "מבנה" משמש לעתים בהקשרים שונים במתמטיקה דווקא לציון מה שקראנו לו לעיל "מערכת". בכל אופן, בחיבור זה אנו נקפיד על השימוש במושגים אלו באופן שהוגדרו לעיל, אלא אם כן נציין זאת במפורש או שהדבר יובן מההקשר (המושג מערכת אקסיומטית, למשל).

2.1.3 מודל, הדגמה, ייצוג והפשטה

אנו נאמר שמערכת מסוימת **מדגימה** את המבנה המתקבל מהפשטת האובייקטים והיחסים שלה מכל תוכן (או במינוח שונה מעט: המערכת מהווה **מודל** של המבנה), ושהאלמנטים (אובייקטים ויחסים) המופשטים של המבנה מודגמים על-ידי האלמנטים השונים של המערכת (כך, למשל, היחס R_1 במבנה של מערכת משפחתית כפי שהוצג בסעיף 2.1.2 מודגם על ידי היחס אמא של במערכת המשפחתית עצמה, שהיא מודל של מבנה זה). כמו כן אנו נאמר שמבנה **מייצג** את המערכת שמדגימה אותו (או מהווה **הפשטה** שלה).

Russell, Introduction to Mathematical Philosophy, p. 59¹⁸⁰

חשוב לראות בהקשר זה, שלאוסף האובייקטים והיחסים של מערכת, בניגוד לאלו של מבנה מופשט, יש תוכן. כך, למשל, במערכת משפחתית, המהווה מודל ביולוגי-חברתי של המבנה המופשט המייצג אותה, כל אובייקט הוא בן-אדם (על כל המשתמע מכך), וליחס אמא של, המדגים את היחס המופשט R_1 , יש משמעות ביולוגית (ואולי גם חברתית או משפטית, לפי הצורך). באופן דומה יש משמעות גם לשאר היחסים במערכת זו, בין אם ביולוגית, חברתית או אחרת כלשהי. לעומת זאת האובייקטים והיחסים של המבנה עצמו הם נטולי תוכן.

כדוגמה נוספת שממחישה מושגים אלו נבחן מבנה בעל מספר מסוים של אובייקטים ויחס

דו-מקומי T , שמתקיימת בו החוקיות הבאה:

$$1. \quad \forall x \neg Txx$$

$$2. \quad \forall x \forall y \forall z ((Txy \wedge Tyz) \rightarrow Txz)$$

$$3. \quad \forall x \forall y (Txy \vee Tyx \vee x=y)$$

מודל פשוט (אך לא יחיד) למבנה זה הינה קבוצה כלשהי של אנשים, שמספרם כמספר האובייקטים במבנה, ואשר הם, האנשים, שונים בגובהם זה מזה, כאשר היחס המבני Txy מודגם במודל זה על-ידי היחס "גבוה מ-".

באופן דומה קבוצת המספרים הטבעיים היא מודל (וכפי שראינו, לא היחיד) של האריתמטיקה של פיאנו, וקבוצה זו בתוספת פעולות החיבור והכפל היא מודל של המבנה המורחב שהגדרנו, כשהיחסים התלת-מקומיים A ו- M מייצגים פעולות אריתמטיות אלו. כך גם המרחב הממשי הינו מודל של מבנה הגיאומטריה האוקלידית (או, במידה והמרחב הממשי איננו אוקלידי במהותו, הריהו מודל של איזשהו מבנה גיאומטרי לא-אוקלידי).

כך הבהיר פאדואה את תפקידם של מבנים במתמטיקה, ואת הקשר בינם לבין המערכות

שהם מייצגים¹⁸¹:

During the period of elaboration of any deductive theory we choose the ideas to be represented by the undefined symbols and the facts to be stated by the unproved propositions; but, when we

¹⁸¹ Padoa, "Logical Introduction to Any Deductive Theory", pp. 120-121

begin to formulate the theory, we can imagine that the undefined symbols are completely devoid of meaning and that the unproved propositions (instead of stating facts, that is, relations, between the ideas represented by the undefined symbols) are simply conditions imposed upon the undefined symbols.

Then, the system of ideas that we have initially chosen is simply one interpretation of the system of undefined symbols; but from the deductive point of view this interpretation can be ignored by the reader, who is free to replace it in his mind by another interpretation that satisfies the conditions stated by the unproved propositions...

מהנאמר לעיל נובעות גם המסקנות הבאות :

1. לכל מערכת יש מבנה מייצג, אשר מתקבל על-ידי ניתוק¹⁸² הסימנים המייצגים את האלמנטים (האובייקטים והיחסים) של המערכת ממשמעותם (באופן מעשי אנו נזקקים לשם כך לתיאור הפורמלי¹⁸³ של המערכת, אולם מבנה כזה קיים, כפי שנובע מהעמדה הסטרוקטורליסטית שמתוארת בסעיף 2.2 להלן, גם אם התיאור המלא אינו בידינו בפועל).

2. מבנה אחד יכול לייצג מספר מערכות, כלומר, למערכות שונות עשוי להיות מבנה משותף, כשההבדל היחיד בין מערכות אלו הוא במשמעות האובייקטים והיחסים שלהן (את חשיבותה של עובדה זו נראה בסעיף 2.1.7 להלן). כך, למשל, מבנה של מערכת משפחתית משמש לעתים גם לייצוג מערכות היררכיות דמויות עץ-משפחה, כמו מבנה נתונים ממוחשב לאחסון קבצים או יחסי כפיפות בארגון גדול¹⁸⁴.

¹⁸² במונח הכרתי.

¹⁸³ מושג שיוסבר בסעיף 2.1.5 להלן.

¹⁸⁴ לפעמים נוח לראות מבנה כמחלקת השקילות של כל המערכות המדגימות אותו.

לגבי השאלה אילו מבנים ראויים להיקרא **מבנים מתמטיים** ואילו לא קיימות מספר

עמדות¹⁸⁵:

העמדה ההוליסטית גורסת שאין למעשה הבדל אונטולוגי בין מבנים שמקובל לקרוא להם מתמטיים (כדוגמת האריתמטיקה של פיאנו והגיאומטריות השונות) לבין מבנים אחרים שאינם זוכים להיקרא כך (מבנה של מערכת משפחתית, למשל). על-פי עמדה זו הטעם היחיד לכך שמבנים מסוימים זוכים להיקרא מתמטיים היא העובדה שמתמטיקאים מגלים בהם עניין ועוסקים בהם (אם בשל מורכבותם המאפשרת לגלות בהם משפטים מעניינים ואם בשל צרכים מעשיים¹⁸⁶). לו מתמטיקאים היו מגלים עניין במבנים של מערכות משפחתיות, למשל, או במבנה של משחק שח, גם מבנים אלו היו זוכים להיכלל תחת הכותרת "מבנים מתמטיים". על-כן, אין מניעה, על-פי העמדה ההוליסטית, לראות כל מבנה מופשט כמתמטי.

עמדה אחרת גורסת שמבנים מתמטיים הם מבנים אשר החוקיות המאפיינת אותם מאפשרת חקירה דדוקטיבית עשירה שלהם. האריתמטיקה של פיאנו והגיאומטריה הן דוגמאות מצוינות לכך, אולם על-פי עמדה זו גם מבנים אחרים, שמתמטיקאים אינם מגלים בהם עניין, אך עונים על קריטריון זה, ראויים להיקרא "מתמטיים" (מבנה שמייצג משחק שח, למשל). אמנם כל מבנה ניתן לחקור דדוקטיבית במידה זו או אחרת (אפילו במבנה E הפשוט מסעיף 2.1.2 לעיל ניתן, למשל, להסיק מהאסימטריה של היחס R ומ- Rab ו- $-Rba$), אולם יש מבנים שמחוקיותם הבסיסית ניתן לקבל עושר רב של משפטים, ובכך הם נבדלים מהמבנים ה"לא מעניינים", מה שמעניק להם על-פי עמדה זו את הזכות להיקרא "מתמטיים" (מקובל לראות קריטריון זה כאפיסטמולוגי¹⁸⁷, אף שחוקיותו של מבנה היא פן אונטולוגי שלו). מאחר ש"עושר" הוא מושג עמום, יהיו מן הסתם מבנים גבוליים, שלא יהיה די בקריטריון זה כדי לקבוע אם הם "מתמטיים" או לא, ואם נרצה להכריע לגביהם נצטרך לאמץ עבורם עמדה אחרת כלשהי.

עמדה שלישית גורסת שמבנה נחשב למתמטי אם ורק אם הוא מודגם על-ידי איזושהי מערכת מתמטית (והשאלה מה מייחד מערכת כמתמטית היא שאלה בפני עצמה). כך, למשל, האריתמטיקה והגיאומטריה הן מערכות מתמטיות, ועל-כן גם המבנים המייצגים אותם נחשבים

¹⁸⁵ Shapiro, Philosophy of Mathematics, pp. 97-106

¹⁸⁶ טופולוגיה של קשרים, למשל, הינו תחום שמתמטיקאים התחילו לגלות בו עניין בעקבות פיתוחה של תורת המיתרים, העושה בה שימוש

¹⁸⁷ Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 98

בעצמם למתמטיים. לעומת זאת, מערכת משפחתית ומשחק שח אינם מערכות מתמטיות, ועל-כן גם המבנים המייצגים אותם אינם כאלו (בין אם חוקיותם מאפשרת חקירה דדוקטיבית עשירה שלהם או לא). מאחר שמבנה יכול להיות מודגם על-ידי יותר מאשר מערכת אחת, הרי שדי במודל מתמטי אחד למבנה מסוים, כדי שזה יהיה ראוי להיקרא "מבנה מתמטי".

בחיבור זה אנו נאמץ את העמדה השניה לעיל, ונכנה בשם "מבנים מתמטיים" את אותם מבנים מופשטים אשר חוקיותם מאפשרת חקירה דדוקטיבית-אפריורית עשירה שלהם. בחירה זו אינה מהותית לתזה הפילוסופית שמוצגת בחיבור זה (והעמדה יכולה להיחשב לאונטולוגית או לאפיסטמולוגית), אך יש לה השפעה על המינוח שהחיבור עושה בו שימוש בפרק זה ובפרקים הבאים.

כמו כן חשוב להבהיר, שמבנים מתמטיים רבים מייצגים מערכות שאינן בעלות אופי מספרי או חישובי דווקא (למשל, **מבנים טופולוגיים**), והדבר בולט במיוחד בענפים שונים של המתמטיקה המודרנית (בתורת החבורות, למשל), שבהם העיסוק באובייקטים מופשטים לא מספריים הינו דבר שבשגרה¹⁸⁸ (על-פי שפירו המתמטיקה אינה אלא מדע המבנים¹⁸⁹).

הערה: המונח **מבנה מתמטי טהור** משמש אותנו בחיבור זה רק לצורך הדגשה שמדובר במבנה מופשט ממש, ולא במערכת בעלת אלמנטים נושאי משמעות.

2.1.5 תיאור פורמלי

כפי שראינו לעיל (בסעיפים 2.1.1, 2.1.2 ו- 2.1.3) ניתן לתאר מערכות ומבנים באמצעי צורני (למשל, משוואות או פסוקים לוגיים), שכולל סימנים שונים, המנותקים בעצמם ממשמעות כלשהי, ואשר מייצגים את האובייקטים השונים ואת היחסים המבניים, כשרישומם מסתמך על כללי תחביר מוגדרים היטב. אמצעי צורני זה הינו ה**תיאור הפורמלי** של מערכות ומבנים אלו (כשתיאורו הפורמלי של מבנה אשר נחשב למבנה מתמטי מכונה מן הסתם **תיאור מתמטי**).

Hellman, Mathematics Without Numbers¹⁸⁸
Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 75¹⁸⁹

חשוב להדגיש שהתיאור הפורמלי של מבנה איננו המבנה עצמו, אלא אמצעי לשוני אפיסטמי¹⁹⁰, שמאפשר לנו לתאר אותו (או את המערכות שמדגימות אותו), ללמוד את חוקיותו ולנבא את התנהגותו במגבלות הכלים המתמטיים העומדים לרשותנו¹⁹¹. במובן מסוים התיאור הפורמלי הינו כלי הוראה (במובן reference) אל תוך המבנה: אל האובייקטים שבו, היחסים המוגדרים עליהם והחוקיות שהוא מקיים.

תיאורו הפורמלי של מבנה הוא כמובן גם תיאורן הפורמלי של המערכות המדגימות אותו (אם יש כאלו), ואף להפך: תיאורה הפורמלי של מערכת כלשהי מהווה גם את תיאורו הפורמלי של המבנה המופשט המייצג אותה. הדבר נובע מהעובדה, שהתיאור הפורמלי עצמו מנותק מכל משמעות, ורק קישורו (ההכרתי, מן הסתם) למערכת ספציפית נוסך תוכן בסימנים שבהם הוא עושה שימוש.

2.1.6 מערכת אקסיומטית

חשוב להבחין בין המבנה עצמו למערכת¹⁹² אקסיומטית שמשמשת לחקירתו. השימוש במערכת אקסיומטית לחקר מבנים נפוץ מאוד במתמטיקה, אבל בדומה לנאמר בסעיף 2.1.5 לעיל לגבי תיאור פורמלי, גם מערכת כזו היא כלי אפיסטמי: זהו אוסף סופי¹⁹³ של קשרים (שוב: משוואות, פסוקים לוגיים וכו') המתקיימים במבנה, שאידיאלית אינם ניתנים לגזירה זה מזה, ואשר באמצעותם ניתן לגזור קשרים נוספים (משפטים) המתקיימים בו. במידה וכל הקשרים שמערך היחסים של המבנה מקיים ניתנים לגזירה מאוסף האקסיומות, אנו אומרים על המערכת האקסיומטית שהיא **שלמה** (אנו יודעים, למשל, על-בסיס משפט אי-השלמות הראשון של גדל, שלמבנה האריתמטיקה של פיאנו המורחב, כלומר, זה הכולל חיבור וכפל, אין מערכת אקסיומטית שלמה: אין אוסף סופי של אקסיומות אשר מהן ניתן לגזור את חוקיות המבנה בשלמותה). אם כן, מערכת אקסיומטית היא אמצעי אפיסטמולוגי לחקר המבנה, ואין לבלבל בינה לבין המבנה עצמו.

¹⁹⁰ Shapiro, Philosophy of Mathematic, p. 137

¹⁹¹ הן מגבלות מעשיות הנובעות ממצב הידע המתמטי בעת החקירה והן מגבלות עקרוניות כמו, למשל, זו שעולה ממשפט אי-השלמות הראשון של גדל.

¹⁹² כאן המושג "מערכת" משמש, כמקובל, במשמעות שונה מאשר זו שהוגדרה בסעיף 2.1.1 לעיל.

¹⁹³ ממספר סופי של אקסיומות תבניתיות/רקורסיביות ניתן כמובן לקבל מספר אינסופי של אקסיומות פרטניות.

לעתים מערכת אקסיומטית משמשת להגדרה של מבנה (עדיין כאמצעי אפיסטמולוגי), בעיקר אם אנו נעדרים תפישה אינטואיטיבית או אחרת כלשהי של המבנה המוגדר¹⁹⁴. אולם על-פי התפישה הריאליסטית לגבי מבנים (שעליה נרחיב את הדיבור בסעיף 2.2 להלן), מערכת אקסיומטית כזו אינה "מייצרת" מבנה חדש, אלא רק מתארת מבנה קיים (לפחות אחד, ובתנאי שהמערכת האקסיומטית קונסיסטנטית. אם המערכת אינה קונסיסטנטית היא אינה מתארת אף מבנה. על נושא הקונסיסטנטיות נרחיב בסעיף 2.2.2 להלן).

2.1.7 איזומורפיזם

שתי מערכות הן **איזומורפיות** אם ורק אם קיימת התאמה חד-חד ערכית¹⁹⁵ בין האובייקטים והיחסים של מערכת אחת לאובייקטים והיחסים של המערכת האחרת כך, שההתאמה משמרת גם את מארג היחסים בין האובייקטים השונים¹⁹⁶ (ומכאן שגם את החוקיות שמתקיימת במערכת). ובניסוח פורמלי:

שתי מערכות Σ_1 ו- Σ_2 הן איזומורפיות זו לזו אם ורק אם עבור $i, j \in \{1, 2\}$ לכל $a_1, a_2, \dots, a_n \in \Sigma_i$ (באשר a_1, a_2, \dots, a_n הם אובייקטים ו- R^n הוא יחס n מקומי, $n \geq 1$) ו- $b_1, b_2, \dots, b_n \in \Sigma_j$ (באשר b_1, b_2, \dots, b_n הם אובייקטים), אם קיימת ההתאמה $a_1 \rightarrow b_1, a_2 \rightarrow b_2, \dots, a_n \rightarrow b_n$ ומתקיים $R^n(a_1, a_2, \dots, a_n)$ אז $\exists S^n \in \Sigma_j$ (באשר S^n הוא יחס n מקומי) כך, שמתקיימת ההתאמה $R^n \rightarrow S^n$ ומתקיים $S^n(b_1, b_2, \dots, b_n)$.

מהגדרת האיזומורפיזם נובעות המסקנות הבאות:

1. איזומורפיזם הוא יחס שקילות, כלומר, הוא מקיים¹⁹⁷:

1.1. רפלקסיביות - כל מערכת היא איזומורפית לעצמה.

¹⁹⁴ Mueller, Philosophy of Mathematics and Deductive Structure in Euclid's Elements, p. 10

¹⁹⁵ כלומר, מיפוי חד-חד ערכי ועל

¹⁹⁶ Shapiro, Philosophy of Mathematics, pp. 71-108

¹⁹⁷ ההוכחה היא פשוטה, ואינה חשובה לענייננו.

1.2. סימטריה – לכל שתי מערכות Σ_1 ו- Σ_2 , אם מערכת Σ_1 איזומורפית

למערכת Σ_2 , אז גם מערכת Σ_2 איזומורפית למערכת Σ_1 .

1.3. טרנזיטיביות - לכל שלוש מערכות Σ_1 , Σ_2 ו- Σ_3 , אם מערכת Σ_1 איזומורפית

למערכת Σ_2 , ומערכת Σ_2 איזומורפית למערכת Σ_3 , אז גם מערכת Σ_1

איזומורפית למערכת Σ_3 .

2. אם ידוע לנו על שתי מערכות שהן איזומורפיות אנו יכולים להסיק לגבי החוקיות של

אחת מהן על-סמך היכרותנו את חוקיותה של האחרת (דוגמה לכך היא תורת

היחסות הכללית של איינשטיין, אשר קובעת איזומורפיזם בין מערכת גיאומטרית

של מרחב-זמן עקום לבין המערכת הפיזיקלית הכוללת את תופעת הכבידה¹⁹⁸.

כתוצאה מהאיזומורפיזם כל ניבוי בתורת-היחסות נובע מניתוח מתמטי של

גיאומטריה זו).

3. כל מערכת היא איזומורפית למבנה שהיא מדגימה, משום שעל-פי הגדרה קיימת

התאמה מלאה בין האלמנטים (האובייקטים והיחסים) של שניהם (אלו של המבנה

פשוט מנותקים מכל משמעות), ועל כן ניתן ללמוד על מערכת נתונה גם מתוך חקירת

המבנה המופשט שלה.

4. קיימת זהות בין שני מבנים איזומורפיים. הדבר נובע מהעובדה ששני המבנים

מנותקים מכל משמעות, והם מוגדרים רק על-ידי מערך היחסים בין האובייקטים

השונים שלהם, על-כן התאמה מלאה בין האובייקטים והיחסים שלהם גוררת בהכרח

את זהותם, שכן אין שום דבר שמבדיל ביניהם. למעשה, במתמטיקה מקובל שיחס

הזהות בין מבנים הוא יחס האיזומורפיזם.

5. שתי מערכות איזומורפיות מדגימות אותו מבנה. נובע ממסקנות 1, 3 ו-4 לעיל: אם

מערכת Σ_1 כלשהי איזומורפית למערכת Σ_2 אחרת כלשהי, הרי שמאחר וכל אחת

מהן איזומורפית למבנה שהיא מדגימה (מסקנה 3 לעיל), גם מבנים אלו איזומורפיים

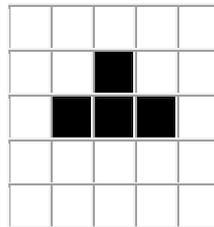
ביניהם (נובע ממסקנות 1.2 ו-1.3 לעיל), ועל כן הם זהים (נובע ממסקנה 4 לעיל).

האיזומורפיזם הוא, אם כן, **משמר מבנה**.

Reichenbach, The Philosophy of Space & Time¹⁹⁸

מרבית המבנים המתמטיים שאנו מכירים (זה שבבסיס הגיאומטריה האוקלידית, למשל) הם סטטיים, כלומר, לא מוגדרים עליהם שינויים אפשריים במספר האובייקטים או במערך היחסים שביניהם. אולם ניתן להרחיב את ההגדרה של מבנה מתמטי כך, שתאפשר גם שינויים כאלו (שנקראים **פעולות**), והתוצאה היא **מבנים מתמטיים דינמיים**¹⁹⁹. דוגמאות אחדות למבנים דינמיים הם מכונת טיורינג (כמושג מופשט), משחק שח (שוב, כאוסף מצבים מופשט), תהליך דדוקטיבי, ומבנה נתונים המשתנה תחת אלגוריתם נתון (גם כאן אין צורך בהרצה בפועל של האלגוריתם על מחשב, שכן מדובר במבנה מופשט. הרצת האלגוריתם בפועל רק מדגימה מבנה דינמי זה).

להמחשת המושג מבנה דינמי נבחן את "משחק החיים" הקלאסי של קונוויי²⁰⁰, שהיא הדמיית מחשב לאבולוציה מבנית: סריג דו-ממדי אינסופי מורכב ממשבצות שיכולות להיות באחד משני מצבים: או ש"יש בהן חיים" או ש"אין בהן חיים". לאחר בחירה של מצב התחלתי כלשהו, למשל המצב הבא (משבצת שיש בה חיים מסומנת בשחור):



הסריג עובר סדרת מצבים כך, שהמצב הבא של כל משבצת נקבע הן על-ידי מצבה הנוכחי והן על-ידי המצב הנוכחי של 8 המשבצות המקיפות אותה, וזאת בהתאם לכללים הבאים²⁰¹:

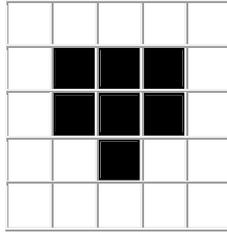
1. משבצת שיש בה חיים משנה את מצבה אם ורק אם היא נוגעת בפחות מ-2 משבצות שיש בהן חיים (מוות מבדידות) או ביותר מ-3 משבצות כאלו (פיצוץ אוכלוסין).
2. משבצת שאין בה חיים משנה את מצבה אם ורק אם היא נוגעת ב-3 משבצות שיש בהן חיים (התרבות).

¹⁹⁹ Shapiro, *Philosophy of Mathematics*, pp. 193-198

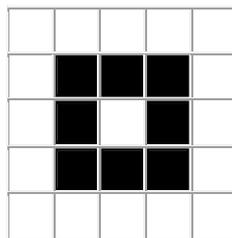
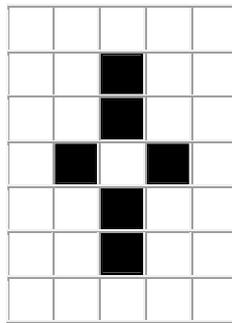
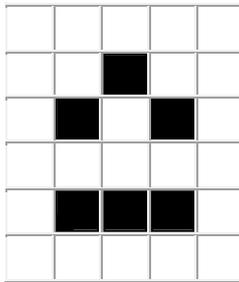
²⁰⁰ Gardner, "Mathematical Games", pp. 120-123

²⁰¹ בעקרון ניתן לבחור גם כללים אחרים, אך אלו הם הכללים במשחק החיים המקורי.

בהתאם לכללים אלו יעבור הסריג מהמצב ההתחלתי למצב הזה :



ואחרי זה ימשיך (בהתאם לאותם כללים) בסדרת המצבים הבאים :



במשחק פשוט זה גלומות הרבה אפשרויות מעניינות, אך על-כך נרחיב את הדיבור בהמשך. בינתיים נראה כיצד ניתן להתייחס למשחק כאל מבנה דינמי. ובכן, מרכיביו של המבנה הדינמי שמייצג את משחק החיים (ושתואר לעיל כמערכת דינמית) הם:

- אינסוף אובייקטים (משבצות הסריג)
- יחס דו-מקומי סימטרי T (שניתן לכנותו נוגע)
- יחס חד-מקומי L (שניתן לכנותו יש בה חיים במצב הנוכחי)
- יחס חד-מקומי N (שניתן לכנותו יהיו בה חיים במצב הבא)

מבנה זה מקיים אוסף קשרים שמבטא את כללי המשחק (ואת תנאי ההתחלה). למשל:

$$\forall x \left(Lx \rightarrow \left(\forall y \forall z \left((Axy \wedge Ly \wedge Axz \wedge Lz) \rightarrow y = z \right) \rightarrow \neg Nx \right) \right) \bullet$$

(משבצת שיש בה חיים ונוגעת בפחות מ-2 משבצות שיש בהן חיים, משנה את

מצבה)

$$\forall x \left(\neg Lx \rightarrow \left(\forall y \forall z \forall w \left((Axy \wedge Ly \wedge Axz \wedge Lz \wedge Axw \wedge Lw) \rightarrow y = z \vee y = w \vee z = w \right) \rightarrow \neg Nx \right) \right) \bullet$$

(משבצת שאין בה חיים ונוגעת בפחות מ-3 משבצות שיש בהן חיים, אינה משנה

מצב)

וכו'.

מצבו ההתחלתי של הסריג נקבע באמצעות אוסף ייחודי של כללים (ועל-כן כל סדרת מצבים, אשר מתחילה ממצב התחלתי שונה, מדגימה מבנה דינמי שונה). חשוב להדגיש שהמבנה עצמו איננו ההצגה הגרפית של המצבים או כל אמצעי אחר שמשמש להדגמתם (המעגלים החשמליים שמריצים את תוכנת המחשב, למשל), אלא ההפשטה של מודלים אלו.

הדינמיות של מבנים (ושל מערכות) מאין אלו מתבטאת בכך שתיאורם כולל מעבר ממצב למצב (פעולות), אולם ניתן לראות את סדרת המצבים של הסריג הדו-ממדי כסריג תלת ממדי אחד, ולהתייחס אליו כאל מבנה סטטי, שבמקום היחסים L ו-N הוא כולל אוסף של יחסים חד-מקומיים L_i (שניתן לכנותם "יש בה חיים בשלב i"), כך שבהגדרת הכללים אם L_k מחליף את L

לכל $k \geq 0$, אז L_{k+1} מחליף את N , והמצב ההתחלתי מוגדר על-ידי אוסף כללים לגבי L_0 . אפשרות נוספת היא להשתמש ביחס הדו-מקומי Lxy שניתן לכנותו "בשלב x יש חיים במשבצת y " (למעשה, מערכות דינמיות רבות ניתנות לייצוג גם על-ידי מבנה סטטי²⁰², ולכן למבנים מסוימים יכולים להיות הן מודלים סטטיים והן מודלים דינמיים).

Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 197²⁰²

2.2.1 סוגים של ריאליזם

מקובל לדבר על שני סוגים של **ריאליזם מתמטי**²⁰³: הראשון הוא ריאליזם לגבי האונטולוגיה של אובייקטים מתמטיים, שנקרא גם **אפלטוניזם**, ושעל-פיו קיומם של אובייקטים מתמטיים אינו מותנה בהכרה תבונית שתהגה אותם, והשני הוא ריאליזם לגבי ערכי-אמת, אשר נקרא פשוט **ריאליזם**, ולפיו כל טענה מתמטית היא בהכרח אמיתית או שקרית, בלי קשר ליכולתנו (או אי יכולתנו) לדעת את ערך-האמת שלה.

ריאליזם מתמטי אינה התפישה היחידה הרווחת בפילוסופיה של המתמטיקה, אולם היא מהווה בה זרם מרכזי²⁰⁴. גדל, למשל, היה אפלטוניסט (ואף טען שהדבר היווה גורם משמעותי בגילוי משפט השלמות של הלוגיקה מסדר ראשון ומשפטי אי-השלמות של האריתמטיקה²⁰⁵). כך, למשל, הוא כתב על אובייקטים מתמטיים²⁰⁶:

It seems to me that the assumption of such objects is quite as legitimate as the assumption of physical bodies and there is quite as much reason to believe in their existence.

והמתמטיקאי ג. ה. הארדי כתב²⁰⁷ (הדגשות במקור):

I believe that mathematical reality lies outside us, that our function is to discover and *observe* it, and that the theorems which we prove, and which we describe grandiloquently as our 'creations', are simply our notes of our observations. This view has been held, in one form or another, by many philosophers of

Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 37²⁰³

Fisher, On The Philosophy of Logic, p. 125²⁰⁴

Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 31²⁰⁵

Gödel, Russell's Mathematical Logic, p. 456²⁰⁶

Hardy, A Mathematician's Apology²⁰⁷

high reputation from Plato onwards... 317 is a prime, not because we think so, or because our minds are shaped in one way or another, but *because it is so*, because mathematical reality is built that way.

סטרוקטורליזם מתמטי הינה עמדה ריאליסטית-אפלטוניסטית לגבי מבנים מתמטיים²⁰⁸, כלומר, היא מייחסת למבנים מתמטיים קיום שאינו מותנה בהגייתם על-ידי תבניות כלשהי, כשלכל טענה על האופן שבו האובייקטים במבנה מקיימים את מערך היחסים היא מייחסת ערך-אמת מוגדר (מבנה הגיאומטריה האוקלידית, למשל, היה קיים, ומשפט פיתגורס היה אמיתי בו, גם לולא היתה מתפתחת ביקום תבניות שהיתה הוגה את המבנה ומגלה את המשפט, וגם אם המרחב הממשי איננו אוקלידי במהותו, או אפילו אם כלל לא היה קיים יקום פיזיקלי). לאובייקטים שמכוננים את המבנה (יחד עם היחסים המוגדרים בו) אין קיום עצמאי בנפרד מהמבנה כולו²⁰⁹. כמו כן הם עצמם חסרי כל תוכן או מבנה פנימי²¹⁰, ומהותם מתמצית בתפקיד שהם ממלאים במבנה, ואשר נקבע על-פי האופן שבו הם משתתפים במארג היחסים שבו²¹¹. במסגרת הסטרוקטורליזם המתמטי מקובלת החלוקה לשתי עמדות:

1. **ריאליזם ante rem**, שלפיו קיומם של מבנים אף אינו תלוי בקיומן של מערכות קונקרטיות שמדגימות אותו (בדומה לתפישה האפלטוניסטית, שטוענת בזכות קיומם של כוללים, גם אם אין הם ממומשים²¹²). כלומר, כל המבנים האפשריים קיימים, גם אלו שמודגמים על-ידי איזושהי מערכת קונקרטית (אחת או יותר), וגם אלו שאין להם מודלים קונקרטיים (לכל מבנה יש מודל של קבוצות על-פי תורת המודלים, אולם האובייקטים והיחסים במודלים אלו אינם קונקרטיים, ועל-כן עדיין מדובר בריאליזם ante rem).
2. **ריאליזם in re**, שלפיו קיומו של כל מבנה הוא מתוקף קיומה של מערכת שמדגימה אותו (בדומה לעמדה האריסטוטלית, שגורסת שכולל כלשהו קיים רק מתוקף היותו ממומש²¹³).

²⁰⁸ Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 183

²⁰⁹ Resnik, "Mathematics as a Science of Patterns: Ontology and Reference"

²¹⁰ Maddy, Realism in Mathematics, p. 171

²¹¹ Davis and Hersh, The Mathematical Experience, p. 142

²¹² Chihara, A Structural Account of Mathematics, p. 68

²¹³ Ibid, p. 69

אי-לכך קיימים רק אותם מבנים שהם הפשטה של מערכת כלשהי, בדיוק כמו שגוון מסויים של צבע קיים רק אם הוא ממומש בפועל, אך לא אם הוא אפשרי תיאורטית מבלי להיות בפועל צבע של משהו (על-פי עמדה זו גוונים חדשים שנכנסים לבקרים לשימוש בעולם האופנה, ואשר אינם מופיעים בטבע, לא היו קיימים לפני שהחל השימוש בהם).

מבין שתי עמדות אלו עמדת הריאליזם ante rem היא העמדה הסטרוקטורליסטית המקובלת יותר²¹⁴ והיא זו שנסתמך עליה בחיבור זה.

2.2.2 קונסיסטנטיות

על-פי הגדרת מושג המבנה, לגבי כל יחס η מקומי בו, כל η אובייקטים של המבנה - או שהם מקיימים אותו או שלא, ועל-כן לכל מבנה יש מודל של קבוצות על-פי תורת המודלים (כפי שצוין בסעיף 2.2.1 לעיל). מזה נובע שמערכת אקסיומטית שמצליחה להגדיר מבנה היא בהכרח קונסיסטנטית. העמדה הסטרוקטורליסטית מאמצת גם את הכיוון ההפוך, כלומר, היא רואה בהצלחתנו להגדיר מבנה באופן קונסיסטנטי תנאי מספיק לקיומו²¹⁵. ניצנים לכך אנו מוצאים עוד אצל הילברט בנאום שנשא בכנס המתמטיקה הבינלאומי השני בפריז בשנת 1900, שבה הוא הציג את רשימת הבעיות המתמטיות החשובות הלא-פתורות, כשהבעיה השנייה ברשימה היתה בעיית העקביות במתמטיקה²¹⁶:

If contradictory attributes are assigned to a concept, I say, that mathematically the concept does not exist. So, for example, a real number whose square is -1 does not exist mathematically. but if it can be proved that the attributes assigned to the concept can never lead to a contradiction by the application of a finite number of logical inferences, I say that the mathematical

²¹⁴ Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 11

²¹⁵ Chihara, A Structural Account of Mathematics, p. 47

²¹⁶ Calinger, Classics of Mathematics, p. 662

existence of the concept.... is thereby proved. In the case before us, where we are concerned with the axioms of real numbers in arithmetic, the proof of the consistency of the axioms is at the same time the proof of the mathematical existence of the complete system of real numbers or of the continuum.

הילברט עצמו הוכיח את עקביות מערכת האקסיומות הגיאומטריות שלו באמצעות בניית מודל לאקסיומות אלו על בסיס מערכת המספרים הממשיים²¹⁷.
גם מתמטיקאים בולטים אחרים אמצו את העמדה שקונסיסטנטיות גוררת קיום²¹⁸. כך, למשל, טען פואנקרה²¹⁹:

The word 'existence' has not the same meaning when it refers to a mathematical entity as when it refers to a material object. A mathematical entity exists provided there is no contradiction implied in its definition...

מזה נובע שכל מערכת אקסיומטית קונסיסטנטית שאנו מעלים בדעתנו חושפת בפנינו מבנה קיים, אולם על-פי העמדה הסטרוקטורליסטית כל המבנים קיימים (אפלטונית), בין אם מצאנו מערכות אקסיומטיות קונסיסטנטיות שמצליחות לתאר אותם בשלמות, ובין אם לאו (כולל מבנים שבאופן עקרוני אינם ניתנים לתיאור שלם באמצעות מערכת אקסיומטית, כמו, למשל, האריתמטיקה של פיאנו²²⁰).

אגב, פרגה התנגד לעמדתו של הילברט שקונסיסטנטיות מבטיחה קיום, ולא התלהב מהאפשרות שאם נצליח להגדיר מערכת קונסיסטנטית שאחד האלמנטים שבה הוא אלוהים, נאלץ להסיק מכך שאלוהים קיים²²¹, למשל:

²¹⁷ Hilbert, Foundations of Geometry, pp. 28-29

²¹⁸ Chihara, A Structural Account of Mathematics, p. 17

²¹⁹ Poincaré, Science and Hypothesis, p. 44

²²⁰ כפי שנובע ממשפט אי-השלמות השני של גדל

²²¹ Frege, On the Foundations of Geometry, p. 36

1. כל אל הוא כל-יכול

2. יש לפחות אל אחד

אולם פרגה לא עמד על-כך שעל-פי עמדה זו קונסיסטנטיות היא תנאי מספיק לקיומו של מבנה, לא לקיומה של מערכת. מאחר והאלמנטים של מבנה הם חסרי תוכן, הרי ש"אלוהים", שהינו מושג נושא משמעות, אינו יכול להיות אובייקט שלו. ניתן אמנם להגדיר מבנה (או מחלקה של מבנים) שמקיים (מקיימים) את התנאים הבאים:

$$1. \forall x(Gx \rightarrow Ix)$$

$$2. \exists xGx$$

אולם היחסים החד-מקומיים (כלומר, התכונות) G ו-I, שעשויים לייצג את "להיות אלוהים" ו"להיות כל-יכול" הם נטולי כל משמעות במבנה כזה. מקונסיסטנטיות, אם כן, ניתן להסיק קיום של מבנה (ושל מודל בתורת המודלים), לא של מערכת קונקרטיית. וגם אם למבנה יש מודלים קונקרטיים, הרי ש-G אינו חייב להיות מודגם בהם על-ידי התכונה "להיות אלוהים".

2.2.3 חיוניותה של העמדה הסטרוקטורליסטית לחיבור זה

בחיבור זה אנו מאמצים את העמדה הסטרוקטורליסטית על-בסיס ריאליזם ante rem (שהינה, כאמור, העמדה הסטרוקטורליסטית המקובלת ביותר²²², ואשר תומכיה הבולטים הם: פול בנאסרף²²³, ג'פרי הלמן²²⁴, מייקל רזניק²²⁵ וסטיוארט שפירו²²⁶): מבנים מתמטיים על החוקיות המאפיינת אותם קיימים באופן בלתי תלוי בקיומה של הכרה כלשהי או בקיומו של עולם פיזיקלי. כשאנו מגדירים מבנה אנו לא ממציאים אותו אלא מתארים אותו, ונעזרים בתיאורו הפורמלי, שכאמור אינו אלא אמצעי לשוני אפיסטמי, כדי לתאר אותו וכדי לחקור את

²²² Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 11

²²³ Benacerraf, "What Numbers Could Not Be"

²²⁴ Hellman, Mathematics Without Numbers

²²⁵ Resnik, Mathematics as a Science of Patterns

²²⁶ Shapiro, Philosophy of Mathematics

חוקיותו²²⁷ (כדי להסיר ספק, קיום זה של מבנים איננו פיזיקלי אלא אפלטוני, דהיינו מחוץ למרחב ולזמן הפיזיקליים).

התמונה המטאפיזית שאפרוש בפרק הבא מסתמכת על קיומם של מבנים מתמטיים אשר אינו תלוי בקיומה של הכרה תבונית או בקיומו של יקום פיזיקלי, והסטרוקטורליזם המתמטי נראה כאופציה הטובה ביותר למלא תפקיד זה²²⁸. ההבנה שמשפט פיתגורס, למשל, הינו אמיתי²²⁹ במבנה שמודגם על-ידי הגיאומטריה האוקלידית, ושאמת זו, כמו קיומו של המבנה עצמו, אינה תלויה לא בידיעתנו אותה, לא בהיותו של המרחב הממשי אוקלידי, ואפילו לא בעצם קיומו של היקום, הינה הבנה שתעמוד בבסיס התמונה המטאפיזית שלנו, אשר תוצג בפרק הבא.

²²⁷ Davis and Reuben, *The Mathematical Experience*, p. 318

²²⁸ לו הייתה עומדת לרשותנו הגדרה שונה של מבנה מתמטי (אולי על בסיס תורת הקטגוריות, למשל), אשר הייתה מספקת עמדה ריאליסטית קוהרנטית, היינו יכולים להשתמש בה באותה מידה.

²²⁹ במובן של טענה על אודות מערך האובייקטים והיחסים במבנה

סיכום פרק 2

על-פי התפישה הסטרוקטורליסטית במתמטיקה, מבנה מתמטי (סטטי או דינמי) הינו יציר מופשט, אשר כולל אוסף של אובייקטים מופשטים וחסרי מבנה פנימי, המקיימים ביניהם אוסף של יחסים מופשטים. מבנה מופשט כזה עשוי לייצג מערכת כלשהי, שמערך היחסים בין האלמנטים שלה איזומורפי לזה של המבנה. מערכת כזו, בהיותה בעלת תוכן מוגדר, מהווה מודל שלו. למבנה ולמודלים שלו יש תיאור פורמלי משותף - אמצעי לשוני אפיסטמי שמאפשר לנו לתאר אותם ולחקור את תכונותיהם.

העמדה הסטרוקטורליסטית, שרבים תומכיה, הינה העמדה הריאליסטית-אפלטוניסטית ante rem לגבי מבנים מתמטיים, שעל-פיה קיומם של מבנים מתמטיים אינו מותנה בהכרח תבונית או בקיומם של מודלים קונקרטיים למבנים אלו. ניתן להגדיר מבנה באמצעות מערכת אקסיומטית קונסיסטנטית, אולם הגדרה כזו היא בבחינת תיאור של מבנה קיים, ולא המצאה של המבנה.

התמונה המטאפיזית שאפרוש להלן תשתמש בעמדת הסטרוקטורליזם המתמטי על-בסיס ריאליזם ante rem כהנחת יסוד.

פרק 3

על הממשות כמבנה מתמטי - הצגת התמונה המטאפיזית

פרק 1 הסתיים בפסימיות מה לגבי האפשרות לענות על השאלה "מדוע בכלל יש משהו?", וזאת לאחר שפסלנו את הניסיונות השונים שנעשו לכך על-ידי הוגים שונים. אולם בפרק הנוכחי אראה שלא כל האפשרויות הנטורליסטיות מוצו (חיבור זה מאמץ, כאמור, עמדה נטורליסטית בנושא), ושיש ברשותנו כלי נוסף, התואם את תפישות המדע המודרני, ושהשימוש בו עשוי לשפוך אור על הנושא. על בסיס כלי זה אציג את התזה המרכזית של החיבור, ואראה כיצד היא עשויה לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה. תזה זו היא אנטי-אינטואיטיבית ורדיקלית במהותה (אולם בעיות יוצאות דופן נדרשות לעתים לפתרונות יוצאי דופן), ועל-כן אקדיש חלק נכבד מפרק זה כדי לענות על קשיים והתנגדויות שהיא עשויה לעורר. טענתי המרכזית תהיה, שתזה זו, למרות היותה נוגדת את תפישת הממשות האינטואיטיבית שלנו, היא קוהרנטית, ובשל כוחה ההסברי (תשובה מתקבלת על הדעת ל"שאלה האפלה ביותר בכל הפילוסופיה"²³⁰, כמו גם תשובות אפשריות למספר תעלומות מטאפיזיות נוספות שאציג בפרק 4), מכוננת עמדה מטאפיזית סבירה.

James, Some Problems of Philosophy, p. 46²³⁰

3.1 אילו אופציות עוד פתוחות בפנינו?

מאחר וחיבור זה מאמץ עמדה פילוסופית נטורליסטית, עולה השאלה מה יחשב להסבר קביל, התואם את תפישות המדע המודרני, בהקשר לשאלת היסוד של המטאפיזיקה? בסעיף זה אסכם את העמדות שהצגתי בפרק 1 לגבי מושג ההסבר, ואציג את החלופות שעדיין פתוחות בפנינו.

3.1.1 סיכום מצב

העמדה שחיבור זה מאמץ, ואשר הוצגה בסעיף 1.1.1, היא, שניתן לדרוש הסבר לכל טענה אמיתית מבלי שהדבר ייחשב לכשל. מאחר וזוהי עובדה ש"יש משהו", הרי שיש גם הצדקה לשאול "מדוע בכלל יש משהו?". על בסיס קביעה זו טענתי שניתן לצפות לשרשרת אינסופית של שאלות "מדוע" (שאלת "מדוע" נוספת על כל הסבר שניתן), אולם מאחר ואין מניעה שגם שרשרת התשובות תהיה אינסופית, אנו עדיין נצפה שלכל שאלה בשרשרת תהיה תשובה (גם אם ממגבלות אפיסטמיות היא לא תמיד תהיה זמינה לנו). כמו כן טענתי, שבשרשרת ההסברים עשויה להימצא חוליה שהתשובה המוצעת בה היא: "כי זהו מצב טבעי, מבחינה זו שדווקא כל מצב אחר היה דורש הסבר". בסעיף 1.1.2 טענתי שקיומו של העולם (כלומר, העובדה שקיים משהו) אינו יכול להיחשב ל"מצב טבעי", ודווקא מצב של העדר כל היה עשוי להיות כזה: כל הסבר הוא הסבר למשהו, ואם אין משהו גם אין מה להסביר (כאמור, עדיין ניתן לשאול מדוע כל הסבר הוא הסבר למשהו ולהמשיך את הדיון במושג ההסבר, אולם, כפי שראינו, היותה של שרשרת שאלות ה"מדוע" אינסופית אינה מהווה מכשלה למתן הסברים מספקים).

מאחר והעובדה שקיים משהו, עובדה שעל אודותיה אנו תוהים כאן, הינה עובדה בעולם הפיזיקלי, מצטמצם טווח ההסברים האפשריים לכאלו אשר עשויים לשפוך אור על תופעות פיזיקליות. כך, למשל, הסברים פסיכולוגיים או טלאולוגיים²³¹ (המייחסים רצון או כוונה ליצורים חיים), ואשר עשויים לשמש כהסברים מדעיים בתחומים כמו פסיכולוגיה או ביולוגיה, אינם רלוונטיים לענייננו. כמו כן, נראה שהסברים מבוססי הכרח, אשר מקובלים בלוגיקה, במתמטיקה ובהקשר של הגדרות לשוניות, גם הם אינם יכולים לשמש כהסבר לקיומו של היקום (כפי

²³¹ הכרחנות טלאולוגית, שנבחנה בסעיף 1.5, הינה על בסיס אקסילוגי, שאינו תואם עמדות מדעיות מודרניות.

שהראיתי בסעיף 1.2). ראינו גם (בסעיפים 1.1 ו-1.3) שהסברים סיבתיים, אשר הינם לחם חוקו של המדע, אינם יכולים "לעשות את העבודה" בהקשר זה, שכן הדרישה להסבר סיבתי אולטימטיבי מציב אותנו בפני הטרילמה של נוזיק (סעיף 1.1.3), שלפיה אין במרחב האפשרויות אף תשובה מתקבלת על הדעת (ואשר על-כן גורמת למשבר הכרתי)²³²:

1. היקום נוצר ולאירוע ההיווצרות היתה סיבה ראשונית - הסבר כזה איננו שלם, שכן לא-כלום מוחלט אינו יכול לספק סיבה ראשונית.

2. היקום נוצר ללא סיבה - היווצרותו הסתמית מאין מוחלט של יקום עצום מימדים ושוקק פעילות אינה מתקבלת על הדעת.

3. היקום קיים מאז ומתמיד - אין הסבר לקיומו של המרחב-זמן כולו על תכולתו.

העמדות הנטורליסטיות שנבחנו בסעיף 1.3 אכן מכוסות על-ידי טרילמה זו, ונראה שאינן מסוגלות לתת תשובה מספקת לשאלה.

סוג אחר של הסבר אשר המדע עושה בו שימוש הינו הסבר מבוסס הסתברות. התשובה לשאלה "מדוע איני מצליח לזכות בפרס הגדול בהגרלת הלוטו?" תהיה מן הסתם מבוססת על סוג זה של הסבר, ובסעיף 1.4 הראיתי מדוע הסבר כזה איננו מספק כתשובה לשאלת היסוד של המטאפיזיקה (הביקורת על העמדה השיוויונאית). בסוג אחר של הסבר מבוסס הסתברות נעשה שימוש בתורת הקוואנטים, אולם בסעיף 1.2.3 הראיתי מדוע גם הסבר כזה אינו מספק בהקשר זה.

אילו סוגי הסבר מדעיים, אם כן, עומדים עוד לרשותנו?

3.1.2 צמצום תיאוריות

ובכן, אחד מסוגי ההסבר שהמדע עושה בו שימוש רב, ובעיני פיזיקאים רבים אף מהווה הסבר מלא לתופעות מכל סוג שהוא (כולל ביולוגיות ופסיכולוגיות), הינו הסבר המבוסס על העמדתו של תחום ידע אחד (שלהלן ייקרא **שניוני**) על תחום ידע אחר (להלן **ראשוני**).

Nozick, Philosophical Explanations, p. 137²³²

העמדה של תחום ידע אחד על תחום ידע אחר נעשית באופן אידיאלי על-ידי **רדוקציה**, שהינה גזירה לוגית-מתמטית של חוקי התחום השניוני מהחוקים השולטים בתחום הראשוני²³³ (גזירה כזו מהווה במושגים של המפל **הסבר דוקטיבי-נומולוגי**, סוג הסבר שהמדע צריך לשאוף אליו). רדוקציה כזו נדרשת גם להגדרת מושגי התחום השניוני על בסיס אלו שבשימוש בתחום הראשוני.

דוגמה פשוטה לרדוקציה היא גזירת המכניקה של גוף קשיח מהמכניקה של גופים נקודתיים²³⁴. מושגים בסיסיים במכניקה של גוף קשיח, כמו *מהירות זוויתית*, *תאוצה זוויתית*, *מומנט*, *מומנט התמד*, *אנרגיה סיבובית* *תנע זוויתי*, כולם מוגדרים באמצעות מושגים הנמצאים בשימוש במכניקה של גופים נקודתיים, וחוקים כגון $\Gamma = I\alpha$ (באשר α היא התאוצה הזוויתית, I מומנט ההתמד ו- Γ המומנט), המאפיינים תנועה סיבובית של גוף, נגזרים מחוקי יסוד כמו $F = ma$ (החוק השני של ניוטון)²³⁵.

באותם מקרים, שבהם תחום הידע השניוני כולל מושגים אשר אינם מוגדרים באמצעות מושגים מהתחום הידע הראשוני, יש להניח התאמה בין המושגים הרלוונטיים של שני תחומי הידע כדי לאפשר את גזירת שאר המרכיבים. כך, למשל, ברדוקציה של התרמודינמיקה למכניקה נדרשת התאמה בין מושג *הטמפרטורה* (בתרמודינמיקה) למושג *האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות* (במכניקה), וזאת משום שמושג זה הינו מושג יסוד בתרמודינמיקה, ואינו מוגדר באמצעות מושגים מתחום המכניקה. על בסיס התאמה זו ניתן להסביר את כל תופעות התרמודינמיקה באמצעות חוקי המכניקה.

הסבר כזה, המבוסס על רדוקציה באמצעות התאמת מושגים (שהינה למעשה קביעת זהות בין מושאי ההוראה של מושגים אלו), נקרא **explanation by identification**²³⁶. הסבר מסוג זה, אף כי הוא משתלב היטב במסגרת של הסברים סיבתיים, בעצמו איננו הסבר סיבתי: הטמפרטורה של גוף אינה נגרמת על-ידי האנרגיה הקינטית של מולקולות, אלא היא בעצמה האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות (אמנם האנרגיה של מולקולות היא זו שגורמת

²³³ Nagel, The Structure of Science, pp. 336-397

²³⁴ אף כי יהיו כאלו שיעדיפו לראות במכניקה של גוף קשיח לא יותר מאשר הרחבה של המכניקה של גופים נקודתיים, וזאת משום ששני תחומים אלו מעולם לא נחשבו לענפי מדע שונים.

²³⁵ מאור, מכניקה, יחידה 8

²³⁶ Newton-Smith, W.H. "Explanation", p. 130

לכספית במדחום להתפשט ולמים לרתוח, אבל באותה מידה ניתן לומר שהטמפרטורה בחדר היא זו שגורמת לעליית הכספית במדחום, ושטמפרטורת המים היא זו שמביאה את המים לרתיחה).

תפישה נוספת לרדוקציה הוצגה על-ידי אופנהיים ופאטנס²³⁷, שהציעו מיון של אובייקטים לפי רמות: חלקיקים אלמנטריים, אטומים, מולקולות, תאים חיים, אורגניזמים רב-תאיים וקבוצות חברתיות, כאשר כל רמה נחשבת לתחום ידע נפרד. האובייקטים של כל אחת מהרמות הם מבנים המורכבים מהאובייקטים של הרמה שמתחתיה, והחוקים החלים על אובייקטים אלו נגזרים מהחוקים החלים על האובייקטים שמרכיבים אותם.

תפישה קיצונית יותר היא **הרדוקציה האלימינטיביסטית**, אשר שואפת להגיע באמצעות גזירה מלאה לביטול הצורך בתחומי ידע שלמים (למשל, להביע מצבים מנטליים כמו תחושות, האמנות ורגשות באמצעות מונחים מתחום הנורופסיכולוגיה²³⁸). לתפישה זו אין חסידים רבים (גם בין אלו המאמינים שרדוקציה כזו ניתנת לביצוע), ולו בשל הפשטות שמאפיינת את השימוש במושגים ברמות הגבוהות לעומת מורכבות תיאורם באמצעות מושגים מרמות נמוכות יותר בהיררכיה (משפט כמו 'יש לו עיניים כחולות' עשוי להתפרס על עמודים שלמים אם יוחלף בפירוט רצפי דני"א ובתיאור האינטרקציות הכימיות לייצור פיגמנטים).

עמדה מדעית זו, שרואה ברדוקציה את ההסבר המדעי האולטימטיבי, מתבססת הן על הצלחות מסוימות בהיסטוריה של המדע והן על שיקולים תיאורטיים²³⁹, והיא דרשה במקור רדוקציה מלאה של תחומי הידע השונים לתחומי הידע הבסיסיים יותר עד לרמת חוקי הפיזיקה, אשר אמורה להימצא בבסיס היררכית הידע. אלא שלמעט במקרים קלאסיים, כמו זה של העמדת התרמודינמיקה על המכניקה, הסתבר שקשה מאוד לעמוד בדרישה של רדוקציה מלאה, בין אם בגלל מורכבות התופעות הנחקרות ובין אם משיקולים פילוסופיים עקרוניים²⁴⁰, ולעמדה נוקשה זו קמו מתנגדים רבים²⁴¹. בשל כך, וכדי לא לוותר לגמרי על העיקרון של צמצום תיאוריות, הוצעו חלופות פחות תובעניות לרדוקציה: **נסמכות**²⁴² ו**אמרגנטיות** (יחד עם זאת, הרדוקציה נתפסת עדיין בעיני פילוסופים ואנשי מדע רבים כאמצעי האולטימטיבי לצמצום תיאוריות²⁴³).

²³⁷ Oppenheim and Putnam, The Unity of Science as a Working Hypothesis, pp. 3-36

²³⁸ Churchland, Neurophilosophy

²³⁹ Hooker, The Unity of Science, pp. 540-548

²⁴⁰ Dupré, Reductionism, p. 403

²⁴¹ Seager, Supervenience and Determination, p. 480

²⁴² תרגום למושג **supervenience**, שהוכנס לשימוש בעברית על-ידי ד"ר דליה דראי

²⁴³ Nagel, The Structure of Science, pp. 336-33

מקור רעיון הנסמכות הוא בכתביהם של מור²⁴⁴ והייר²⁴⁵, ועל אף שהשניים החילו אותו על תחומים ערכיים, נראה היה שאפשר לשאול אותו גם למדע²⁴⁶: כאשר אין די בידע שברשותנו כדי לבצע רדוקציה בין שני תחומי דעת (או כשרדוקציה כזו נתפשת משיקולים שונים כבלתי-אפשרית), אך מניחים שקיימת ביניהם תלות במובן זה, שלא יתכן שינוי בתחום השניוני ללא שינוי בתחום הראשוני, אנו נאמר שהתחום השניוני נסמך²⁴⁷ על זה הראשוני. כך, למשל, פילוסופים המקבלים את הנחת הפיזיקליזם²⁴⁸ לגבי תופעת התודעה יטענו שמצבים מנטליים נסמכים על מצבים מוחיים. במלים אחרות: לא יתכן שינוי במצב מנטלי ללא שינוי במצב פיזיקלי במוח²⁴⁹ (על-פי גישה זו, למשל, שינוי באופן תפיסתה של קוביה מצוירת, שמתרחש ללא שינוי בקלט החושי, נובע מפעילות נוירונית באחד מאזורי קורטקס הראיה²⁵⁰, אף שלא ברור כיצד ניתן לתרגם פעילות נוירונית ספציפית זו לשינוי בתפישה). קביעת נסמכות בין שני תחומים (או תופעות) אינה פוסלת את האפשרות לרדוקציה מלאה, אך זוהי דרישה חלשה יותר בשל אי-התחייבותה של הנסמכות לתיאוריה ספציפית.

בספרות מקובלת חלוקה לסוגים שונים של נסמכות, אולם מאחר והמושג אינו מהותי לחיבור זה, והצגתי אותו כאן רק לצורך השלמת התמונה הרלוונטית לצמצום תיאוריות, לא נדון כאן בסוגי הנסמכות השונים.

ג. אמרגנטיות

מונח נוסף המופיע בהקשר של צמצום תיאוריות הינו מונח **האמרגנטיות** (או **התופע**), שטבע הפילוסוף הבריטי ג'ורג' הנרי לואיס²⁵¹, ואשר מוגדר באופנים שונים בהקשרים שונים. קיימות תפישות שונות ומגוונות לגבי מונח זה, כולל הבחנה בין אמרגנטיות אונטולוגית לאמרגנטיות אפיסטמולוגית, אולם כאן אשתמש בו על-פי ההגדרה הבאה (שמייצגת עמדה

²⁴⁴ Moore, G.E, Principia Ethica

²⁴⁵ Hare, R.M, The Language of Morals

²⁴⁶ Seager, Supervenience and Determination, p. 480

²⁴⁷ **supervenies**

²⁴⁸ על מושג זה ארחיב בהמשך

²⁴⁹ Crane, Elements of Mind, pp. 70-101

²⁵⁰ Crick and Koch, The Problem of Consciousness, pp. 19-26

²⁵¹ The Cambridge Dictionary of Philosophy, pp. 689-690

אפיסטמולוגית, שהיא המקובלת יותר)²⁵²: תכונה בתחום ידע נתון, שניוני, תחשב כאמרגנטית, אם היא אינה ניתנת להגדרה מפורשת על-בסיס התכונות הרלוונטיות לתחום הראשוני (ושעל-כן היא חסרת משמעות בו). לדוגמה, החומר הכימי 'מים' מורכב מהיסודות חמצן ומימן, אולם ברמת היסודות הכימיים לתכונה הבסיסית ביותר של המים: רטיבות, אין שום משמעות, ועל-כן נאמר שרטיבות הינה תכונה אמרגנטית. אמרגנטיות מופיעה בטבע בדרך-כלל בהקשר של עלייה ברמת המורכבות²⁵³, כאשר חוקיות התחום השניוני, המורכבת יותר, הינה ייחודית לו, ואינה רלוונטית לתחום הראשוני, שעליו היא נסמכת, ואז ניתן להתייחס לתחום כולו כאל אמרגנטי (עליה משמעותית ברמת המורכבות היא לרוב הסיבה לכך שיש קושי בגזירת חוקיות הרמה הגבוהה יותר מהחוקיות של זו שמתחתיה). כך, למשל, החוקים והמושגים המאפיינים את ההתנהגות האנושית בחברה (היווצרות מעמדות, למשל) אינם רלוונטיים לאפיון התהליכים הנפשיים של הפרט, אם כי הם בוודאי נגזרים מהם או לפחות נסמכים עליהם. דוגמה נוספת היא החוקיות של התנהגות כאוטית, אשר רלוונטית רק ברמת התופעה הכאוטית הנצפית (כמו מחזוריות התנודות בגודלה של אוכלוסייה טבעית²⁵⁴).

יהיו פילוסופים שיחמירו, ויעדיפו לראות כאמרגנטיים גם תחומים רדוקטיביים, שבהם לפחות אחד ממושגי התחום השניוני אינו נגזר מאלו של התחום הראשוני אלא דורש התאמה אמפירית ביניהם (explanation by identification). כך, למשל, העמדת התרמודינמיקה על המכניקה נזקקת להתאמה בין מושג הטמפרטורה למושג ממוצע האנרגיה הקינטית²⁵⁵, ובמקרה כזה תחשב הטמפרטורה על-ידי אותם פילוסופים מחמירים לתכונה אמרגנטית ברמת התרמודינמיקה (משום שברמת חוקי המכניקה אין לה ביטוי).

אם כן, המדע עושה שימוש הסברי רב בצמצום תיאוריות, והתשובה שחיבור זה יציע לשאלת היסוד של המטאפיזיקה (בסעיף 3.2 להלן) אכן תסתמך על סוג זה של הסבר.

Teller, Paul. "A contemporary Look at Emergence", pp. 140-141²⁵²

Nagel, The Structure of Science, pp. 374-378²⁵³

גליק, כאוס, עמ': 65-86²⁵⁴

Nagel, The Structure of Science²⁵⁵

ההנחה השלטת כיום במדע היא שמכלול התופעות בטבע, כולל תהליכים כימיים, מערכות ביולוגיות, ואף מצבים פסיכולוגיים, נובעות מחוקי יסוד פיזיקליים הפועלים על אלמנטים פיזיקליים באשר הם (עמדה הנקראת **פיזיקליזם**). על בסיס הנחה זו, ובעקבות הצלחות רבות של המדע החדש בצמצום תיאוריות, התפתחה בתחילת המאה העשרים התפישה, שעל המדע לשאוף ולהעמיד את מכלול מדעי הטבע והחיים על הפיזיקה עצמה. זוהי תפישת **אחדות המדע**, שמקורה בפוזיטיביזם הלוגי, ובמיוחד באוטו נורת' וברודולף קארנפ²⁵⁶, שכתב על-כך ב**כרך הראשון של האנציקלופדיה הבינלאומית למדע מאוחד**²⁵⁷:

“It is obvious that, at the present time, laws of psychology and social science cannot be derived from those of biology and physics... no scientific reason is known for the assumption that such a derivation should be in principle and forever impossible”.

אנו אכן יודעים כיום לגזור תופעות כימיות כמו מסיסות, חומציות ומהירות של ריאקציה מכוחות היסוד הפועלים בין החלקיקים האלמנטריים וממשוואות מכניקת הקוואנטים (אף כי החישובים לרוב ארוכים ומייגעים, ובמקרים רבים יש להיעזר לכך בכוח החישוב של מחשבים מתקדמים). גם תופעות ביולוגיות רבות (בעיקר ברמה המולקולרית), כגון חילוף החומרים של התא, מבנה הדנ"א, תקשורת עצבית וכדומה, ניתנות כיום להסבר על-בסיס ריאקציות כימיות ותהליכים פיזיקליים, ועל אף הקשיים הרבים שצצים בדרך להעמדת הביולוגיה כולה על הפיזיקה (קשיים הנובעים לפחות בחלקם ממורכבות המערכות הביולוגיות), הנחת הזרם המרכזי במדע היא שאין זו משימה בלתי-אפשרית. אפילו מצבים פסיכולוגיים מובנים היום טוב יותר בהקשר של פעילות פיזיולוגית (הורמונלית, למשל) וריאקציות כימיות בגוף, וגם אם אופי הקשרים בין שני תחומי ידע אחרונים אלו עדיין אינו נהיר דיו, אין זה בלתי סביר להניח שהפער ביניהם ימשיך ויצטמצם, אולי עד לביטולו המוחלט.

Ray, Logical Positivism, p. 250²⁵⁶

Hanfling, Essential Readings in Logical Positivism, p. 128²⁵⁷

המכשול העיקרי בשרשרת זו של צמצום תיאוריות עשוי להיות הניסיון לגזור את תופעת התודעה מתיאוריה פיזיקלית כלשהי, וזאת בשל ייחודיות החוויה הסובייקטיבית האידיוסינקרטית שמאפיינת אותה. לאיש לא ברור כיצד, אם בכלל, תהליכים פיזיקליים מסוגלים לעורר חוויות מנטליות, אף שלאחרונה חלה התקדמות משמעותית ביכולתנו לקשור מצבים תודעתיים מוגדרים לפעילויות נוירוניות ספציפיות²⁵⁸. בכל מקרה, אנו נאמץ בחיבור זה את עמדת הזרם המרכזי במדע, והיא, שהטבע כולו ברמותיו השונות מושתת בדרך זו או אחרת על אובייקטים וחוקים פיזיקליים, בין אם נגלה אותם אי-פעם או לא. נקרא לעמדה הזו **פיזיקליזם אונטולוגי**, שמתחייב לעקרון מבלי להתחייב ליכולת להוכיח אותו (אם באמצעות רדוקציה של מכלול התופעות האחרות לתופעות פיזיקליות, או בכל דרך אחרת). אף כי פיזיקאים רבים סבורים כיום שרדוקציה כזו היא מן האפשר²⁵⁹ אין אנו זקוקים כאן להנחה האפיסטמולוגית (החזקה יותר), כלומר, איננו צריכים להניח בחיבור זה שאי-פעם אכן נצליח לעשות זאת.

אם כן, התשובה שחיבור זה יציע לשאלת היסוד של המטאפיזיקה (בסעיף הבא) תינתן במסגרת של צמצום תיאוריות, ותהיה בבחינת העמדת הפיזיקה על המתמטיקה. הנחת היסוד של התזה תהיה שבניגוד לתפישה הרווחת, לא המערכת הפיזיקלית שמהווה את עולמנו עומדת בבסיס ההיררכיה של רמות המורכבות בטבע, אלא מבנה מתמטי טהור, שעליו ניתן להעמיד את המערכת הפיזיקלית עצמה.

Crick and Koch, The Problem of Consciousness, pp. 18-26²⁵⁸
Mauldin, On the Unification of Physics, pp. 5-19²⁵⁹

בסעיף זה אציג את התזה המרכזית של החיבור, שלה אקרא **התזה האפלטונית-**

פיתגוראית, ואשר עיקריה הם:

1. הממשות אינה אלא בעצמה מבנה מתמטי: האובייקטים ה"פיזיקליים" כביכול שבבסיס הממשות אינם אלא האובייקטים המופשטים של מבנה זה, וחוקי הטבע הם ביטוי לחוקיות שמאפיינת את מערך היחסים שאובייקטים אלו מקיימים בינם לבין עצמם. זוהי עמדה רדוקטיבית שמזהה את האלמנטים הפיזיקליים של הטבע עם האלמנטים של מבנה מתמטי מופשט (explanation by identification)²⁶⁰.
2. ה"פיזיקליות" שאנו מייחסים לממשות נובעת מהאופן שבו ההכרה שלנו, שאף היא חלק ממבנה מתמטי זה, תופשת את סביבתה המופשטת. ההכרה שלנו פועלת כך שהיא חווה את הממשות כמוחשית, ובשל כך אנו מפרשים אותה כ"פיזיקלית" (כלומר, "פיזיקליות" הינו היבט אפיסטמולוגי, לא אונטולוגי, של הממשות).
3. תמונה מטאפיזית זו נותנת מענה מיידית לשאלת היסוד של המטאפיזיקה: היקום כמבנה מתמטי אינו זקוק לסיבה טרנסצנדנטית כדי להתקיים! יש לו קיום אפלטוני כמו לכל מבנה מתמטי אחר, אשר אינו מותנה בקיומו של יקום פיזיקלי או בהכרה תבונית שתהגה אותו.
4. לא קיימת "פיזיקליות" אונטולוגית. קיימים מבנים מתמטיים רבים, והמורכבות של חלק מהם מאפשרת את הופעתה²⁶¹ של הכרה (כחלק מהמבנה המתמטי), אשר תופשת את סביבתה המופשטת כ"פיזיקלית". בשל כך ניתן להגדיר מבנים תומכי-הכרה אלו כ"פיזיקליים".

²⁶⁰ כאמור, יהיו כאלו שיעדיפו לראות עמדה זו כעמדה אמרגנטית
²⁶¹ במובן emergence

הערות:

1. הסיבה לכך שכיניתי תזה זו אפלטוני-פיתגוראית היא, שעל אף שמקובל להשתמש במונח "אפלטוני" במשמעות של "מופשט", אפלטון עצמו תפס את עולם האידיאות כנפרד מהממשות הפיזיקלית, ואילו הפיתגוראים, על-פי עדותו של אריסטו, טענו ש"הדברים עצמם הם מספרים"²⁶².
2. התזה האפלטוני-פיתגוראית טוענת להיותו של היקום כולו מבנה מופשט (על פי ההגדרה שניתנה למושג בסעיף 2.1.2). הטעם לכך שמן הראוי לראות במבנה זה מבנה מתמטי מבוסס על הבחירה לכנות כך אותם מבנים אשר חוקיותם מאפשרת חקירה דדוקטיבית עשירה שלהם (סעיף 2.1.4), ואכן הפרדיגמה הקיימת כיום בבסיס המחקר הפיזיקלי היא, שחוקי הטבע ניתנים לניסוח מתמטי, ומהם ניתן לגזור דדוקטיבית (לפחות תיאורטית, אם לא מעשית) את כל התופעות בעולמנו.

3.2.1 התשובה האפלטוני-פיתגוראית לשאלת היסוד של המטאפיזיקה

חיבור זה מציע, אם כן, תפישה מטאפיזית רדיקלית, שלפיה, בניגוד לתפישתנו האינטואיטיבית את הממשות, אין העולם הפיזיקלי שאנו מתקיימים בו שונה אונטולוגית ממבנים מתמטיים מופשטים. במלים אחרות: הממשות הפיזיקלית בעצמה אינה אלא מבנה מתמטי, כשמכונניה "פיזיקליים"²⁶³ הם האובייקטים המופשטים של מבנה מתמטי זה, ואילו חוקי הטבע הבסיסיים הם ביטוי למערך היחסים שאובייקטים אלו מקיימים בינם לבין עצמם.

תמונה מטאפיזית זו נותנת מענה מידי לשאלת היסוד של המטאפיזיקה: מאחר שהממשות על כל תכולתה אינה אלא מבנה מתמטי (ואנו, שמתקיימים בממשות מתמטית זו, מפרשים אותה כ"פיזיקלית" בגלל אופן פעולתה של ההכרה), הרי שהיקום, כמבנה מתמטי, אינו נזקק לסיבה טרנסצנדנטית כדי להתקיים! הוא מתקיים אפלטוני כמו כל מבנה מתמטי אחר, אשר אינו מותנה בקיומו של יקום פיזיקלי או בהכרה תבונית שתהגה אותו²⁶⁴. כשם שאין זה נכון לשאול "מה גרם לגיאומטריה האוקלידית?", או "כיצד נוצרו המספרים הממשיים והפעולות

²⁶² אריסטו, המטאפיזיקה 987b11

²⁶³ יהיו אלו אשר יהיו: אלמנטים של מרחב-זמן, חלקיקים אלמנטריים, מיתרים, או אובייקטים "פיזיקליים" אחרים שיוצגו על-ידי תיאוריה עתידית כלשהי.

²⁶⁴ כאמור, על בסיס העמדה הסטרוקטורליסטית (סעיף 2.2).

הארתמטיות שחלות עליהן?“, כך גם אין זה נכון לדרוש הסבר סיבתי לקיומו של המבנה המתמטי המהווה את יקומנו (וכך מתמוססת הבעיה שהציבה הטרילמה של נוזיק - סעיף 3.1.1 לעיל). המסגרת התיאורטית שבה ניתנת התשובה לשאלה היסוד של המטאפיזיקה היא מסגרת רדוקטיבית: היקום אינו אלא מבנה מתמטי מופשט, ומכיוון שמבנים מתמטיים אינם נוצרים אלא פשוט קיימים (אפלטונית), כך גם היקום, כמבנה מתמטי, אינו נזקק לאיזושהי ישות-על שתברא אותו, והוא אף לא “הופיע” יש מאין ללא כל סיבה - הוא פשוט קיים מתוקף היותו מבנה מתמטי!

אין להסיק מהיותה של הממשות מבנה מתמטי טהור, שבאופן גורף אין בפיזיקה מקום להסברים סיבתיים ולשאלות “מדוע” (במובן של “מה הסיבה?”). מאחר ואחד האלמנטים של הממשות הוא הזמן (ולשאלה איך מתגלם זמן במבנה מתמטי אתיחס בהמשך), הרי שיש מקום להסברים סיבתיים במסגרת של תיאוריות פיזיקליות, ולכן יש גם מקום לשאלות “מדוע” במסגרת תיאוריות אלו, כולל אפילו שאלות של “מדוע קיים”. אולם אם נשתמש בהבחנה דומה לזו שעשה קארנפ בין שאלות פנימיות לשאלות חיצוניות²⁶⁵, הרי ששאלות “מדוע” והסברים סיבתיים הם פנימיים למבנה (כמו “מדוע מים רותחים ב-100°?” או “מדוע יש כוכבים?”), בעוד ששאלות והסברים שנוגעים לקיום המבנה המתמטי כולו הם חיצוניים לו, והם שייכים לא למסגרת תיאורטית פיזיקלית אלא למסגרת מטא-מתמטית.

הערות:

- יש להדגיש, שאין מדובר כאן בניסיון לפקפק בממשי, או לטעון שההכרה קודמת לממשות. התזה האפלטונית-פיתגוראית גורסת, שהממשי, שבאופן אינטואיטיבי נתפש כפיזיקלי, הינו בעצם בעל מהות מתמטית טהורה, כשההכרה היא חלק מממשות זו ותלויה בה. על-כן אין זו תזה אידיאליסטית.
- על אף שנראה שהתזה האפלטונית-פיתגוראית אינה ניתנת עקרונית לאישוש אמפירי, ועל-כן אינה יכולה להיחשב לתיאוריה מדעית טיפוסית, הועלתה הצעה ברוח זו²⁶⁶, כלומר, שהיקום אינו אלא מבנה מתמטי, גם על-ידי הפיזיקאי מקס טגמארק כאחת החלופות לעולם מרובה יקומים (על יתרונה של התזה האפלטונית-פיתגוראית בתיאוריות של ריבוי יקומים אעמוד בסעיף 4.2).

²⁶⁵ Carnap, “Empiricism, Semantics, and Ontology”. pp. 241-257
²⁶⁶ Tegmark, “Parallel Universes”, Scientific American (May 2003)

3. האפשרות שהעולם ניתן לתיאור באמצעות מבנים מתמטיים, הכוללים ישויות שתכונותיהן נגזרות אך ורק מהקשרים שביניהם, הוצעה בעבר גם על-ידי הפיזיקאי יקיר שושני²⁶⁷, אשר קרא למבנים אלו "מבנים ישיים".

3.2.2 הגדרה שונה לפיזיקליות

אם, כעמדת התזה האפלטונית-פיתגוראית, הממשות שלנו אכן אינה אלא מבנה מתמטי טהור, עולות מיד שתי שאלות המתבקשות מתזה זו:

1. האם יתכנו מבנים מתמטיים נוספים, שחוקיותם מאפשרת הופעה של הכרה בעלת תודעה (שמאופיינת בחוויות סובייקטיביות כמו תפישה חושית ורגשות)?

2. האם בנוסף למבנים מתמטיים אלו קיימת גם איזושהי ממשות פיזיקלית "ממש" (כלומר, כזו שאינה מבנה מתמטי טהור)?

ובכן, אם הממשות שלנו אינה אלא מבנה מתמטי, הרי שתיאורטית יתכנו מבנים מתמטיים נוספים (בין אם דומים בחוקיותם למבנה המתמטי שמהווה את הממשות שלנו ובין אם שונים לחלוטין), שמאפשרים, בשל חוקיותם המיוחדת, הופעה²⁶⁸ של הכרה. נקרא למבנים כאלו **מבנים תומכי-הכרה** (לשאלה הכלל לא פשוטה, איך הכרה יכולה בכלל להופיע²⁶⁹ במבנה מופשט אתיחס בהמשך).

יש להניח שרק חלק קטן מסך המבנים המתמטיים הקיימים הם תומכי-הכרה²⁷⁰, ואולי אפילו רק אחד מהם הוא כזה (הממשות שלנו), אולם מקיומם של מבנים מתמטיים תומכי-הכרה לא נובע בהכרח שלא קיימת גם ממשות פיזיקלית "ממש" (כלומר, כזו שאינה מבנה מתמטי מופשט), שעשויה בשל כך להיתפש כ"אמיתית", ומתבקשת השאלה אם יתכן גם קיום "פיזיקלי" כזה, שבמהותו אינו מבנה מתמטי טהור, ושה"פיזיקליות" שלו אינה מותנית בקיומה של הכרה שתופשת אותו ככזה. ובכן, התזה האפלטונית-פיתגוראית לא רק שאינה נזקקת לפיזיקליות

²⁶⁷ שושני, מחשבות על המציאות. עמ' 128-142

²⁶⁸ במובן emergence

²⁶⁹ באותו מובן

²⁷⁰ טענה שעשויה להיות אמיתית גם אם מספרם של מבנים כאלו הוא אינסופי

"ממש", כזו השונה אונטולוגית ממבנים מתמטיים, אלא שאף פוסלת את האפשרות לקיומה: לאחר שענינו על שאלת היסוד של המטאפיזיקה על בסיס העמדה הסטרוקטורליסטית, הרי שהנחת קיומה של פיזיקליות "ממש" תפתח מחדש את מעגל הקסמים של חיפוש הסבר סיבתי או אחר כלשהו לשאלה הכל-כך מתסכלת: "מדוע בכלל יש משהו?", ונראה שעל בסיס "התער של אוקאס" אין שום הצדקה להניח שקיים משהו מעבר למבנים מתמטיים מופשטים (וזאת לאחר שניתן להסביר באמצעותם את קיום הממשות בכללותה). מכאן שעמדת התזה האפלטונית-פיתגוראית היא שלא קיימת ממשות פיזיקלית "ממש", כלומר, כזו שאינה מבנה מתמטי טהור.

אם כן, בהנחה שלא קיימת פיזיקליות "ממש", ניתן להגדיר כל מבנה מתמטי תומך-הכרה כ"פיזיקלי", שכן אופן פעולתה של ההכרה הוא כזה, שהיא תופסת את סביבתה המתמטית כמוחשית. על אף ייחודיותה של תופעת ההכרה, היא מהווה חלק מהממשות שלנו (הנחת הפיזיקליזם האונטולוגי), וכשם שהממשות שבה אנו מתקיימים אינה אלא מבנה מתמטי, הרי שיתכנו מבנים מתמטיים נוספים תומכי-הכרה. תמונת העולם שהכרה כזו יוצרת על בסיס החוויות הסובייקטיביות היא תמונה של ממשות "פיזיקלית", ועל-כן ניתן לראות גם מבנים אלו כ"פיזיקליים" (טגמארק עצמו העדיף שלא לעשות הבחנה כזו, אלא לראות כל מבנה מתמטי כבעל מהות פיזיקלית²⁷¹). נראה שעמדה כזו אינה מוצדקת משני טעמים: ראשית, לא ברור מדוע צריך להחשיב את האריתמטיקה של פיאנו, למשל, או אף מבנים מתמטיים הרבה יותר פשוטים, לפיזיקליים; ושנית, מאחר שקבענו שהמונח "פיזיקלי" הינו מונח אפיסטמולוגי בלבד, הרי שנכון יהיה לראות מבנה מתמטי כפיזיקלי רק במידה ומופיעה בו הכרה שחווה אותו ככזה).

במובן מסוים אין מנוס מהמסקנה שהתשובה לשאלת היסוד של המטאפיזיקה היא פשוט: באמת אין כלום! (כאשר ב"כלום" הכוונה היא לדבר מה פיזיקלי "ממש"): לא מרחב פיזיקלי, לא זמן פיזיקלי, ולא אף מהות פיזיקלית "ממש" אחרת. מבנים מתמטיים, לעומת זאת, שאינם זקוקים לסיבה טרנסצנדנטית לקיומם, יש בשפע, ולפחות אחד מהם (עולמנו) הוא גם "פיזיקלי" על-פי ההגדרה של מושג זה במסגרת התפישה המוצגת כאן.

²⁷¹ Tegmark, "Parallel Universes", Scientific American (May 2003)

פיתגורס וממשיכי דרכו, שהוקסמו מהאופי המספרי של תופעות הטבע (כמו, למשל, הקשר בין יחס אורכי המיתרים למרווח הצלילים שהם מפיקים) טענו (כך סבורים) שמספרים הם הבסיס לכל. אריסטו, שבעצמו התנגד לתפישה זו, כתב על הפיתגוראים במטאפיזיקה (987b11):

”הם אומרים שהדברים עצמם הם מספרים”²⁷².

אף דקארט (שהושפע מגליליאו) הגיע למסקנה ש”הטבע כולו, בכל תופעותיו, הוא אך ורק מתמטיקה... כל המושאים האלה עצמם, צלילים, אורות, כוכבים, מזלות, אינם אלא מספרים בצירופים וצירופי-צירופים למיניהם הרבים”²⁷³.

קוויין, שהיה פיזיקליסט מושבע, הגיע למסקנה דומה²⁷⁴ בהסתמכו על תורת השדות (תיאוריה פיזיקלית אשר מחליפה את התפישה הקלאסית של חומר ואנרגיה בגישה המייחסת לכל נקודה במרחב-זמן ערכים פיזיקליים מוגדרים: צפיפות חומר, טמפרטורה, עוצמת שדה חשמלי וכו'. ערכים אלו ודומיהם בנקודות סמוכות במרחב-זמן מקיימים ביניהם מערכת יחסים מוגדרת היטב, שלרוב מתוארת באמצעות משוואות דיפרנציאליות). קוויין טען שכל אובייקט פיזיקלי ניתן בסופו של דבר לייצוג על-ידי אוסף מספרים בלבד, כך שכל מה שיש זה מחלקות של מספרים: “Classes all the way down”, כפי שניסח זאת (קוויין גם הודה שהתחושה החזקה שהייתה לו לגבי מציאותם של אובייקטים פיזיקליים היא זו שמנעה ממנו בעבר מלבצע את המהלך הפילוסופי שהביא אותו בסופו של דבר למסקנה זו²⁷⁵).

אנו אכן רגילים לראות את המתמטיקה כתחום העוסק במספרים (אפילו בגיאומטריה נעשה בהם שימוש רב), אולם כפי שכבר ציינו (בסעיף 2.1.4), במתמטיקה המודרנית יש ענפים שבהם מושאי המחקר הם אובייקטים מסוג שונה, ומבנים מתמטיים אינם בהכרח מבנים מספריים (תורת החבורות, למשל²⁷⁶). כמו כן, על-אף השימוש הרב שיש למספרים בחוקי הפיזיקה, נעשו ניסיונות (במידה זו או אחרת של הצלחה) לתת להם אופי לא מספרי²⁷⁷, ובין אם אכן ניתן להימנע ממספרים או לא ברמת התיאוריות הפיזיקליות, אין זה הכרחי שהמבנה המתמטי של הממשות יכול לכלול את האריתמטיקה.

²⁷² שקולניקוב, הפילוסופים הקדם-סוקראטיים, עמ' 63

²⁷³ ברגמן, תולדות הפילוסופיה החדשה, עמ' 150

²⁷⁴ Quine, *Ontological Reduction and the World of Numbers*, pp. 209-216

²⁷⁵ Stroud, *Quine's Physicalism*

²⁷⁶ תורת החבורות מספקת את הכלים המתמטיים לניתוח סימטריות, והיא התגלתה כשימושית להפליא בפיזיקה מודרנית, ובמיוחד בתורת החלקיקים האלמנטריים.

²⁷⁷ Field, *Science Without Numbers*

3.3 בעיות העולות מן התזה ותשובות אפשריות

התזה האפלטונית-פיתגוראית הינה לחלוטין בלתי-אינטואיטיבית, והיא מעלה לא מעט

קשיים:

- העולם הפיזיקלי הקונקרטי נתפש כשונה מהותית ממבנים אפלטוניים מופשטים. האם ניתן להסביר פער תפישתי זה במסגרת התזה האפלטונית-פיתגוראית?
- כיצד, אם בכלל, יכולה הכרה (כולל תופעת התודעה) להתפתח במבנה אפלטוני מופשט?
- האם מבנה מתמטי מסוגל להסביר את העושר הרב של התופעות שקיימות בעולמנו?
- כיצד יכול מבנה מתמטי להסביר את הדינמיות של הממשות, אשר מאופיינת בהשתנות תמידית?
- אם הממשות היא מבנה מתמטי, מדוע דווקא מבנה זה?

חיבור זה אינו מתיימר להוכיח את התזה האפלטונית-פיתגוראית (ויתכן אף שלא ניתן להוכיח אותה באופן עקרוני), אך הוא ינסה להראות שהיא קוהרנטית, ינסה לענות על הקשיים העולים ממנה (להלן בסעיף זה) ויעמוד על כוחה ההסברי (בפרק 4).

3.3.1 צמצום הפער האונטולוגי בין הפיזיקלי למתמטי

צמצום הפער האונטולוגי בין הפיזיקלי למתמטי, שהינו בבסיס התזה הרדוקטיבית המוצעת כאן, הינו לחלוטין בלתי-אינטואיטיבי. זאת בשל העובדה שאת העולם הפיזיקלי, שאנו חלק אינטגרלי ממנו, אנו חווים באופן שונה לחלוטין מהאופן שבו אנו מתוודעים למבנים מתמטיים. בסעיף זה אנסה להראות שהפער הכל-כך מובהק בין הפיזיקלי למתמטי איננו פער אונטולוגי, אלא פער אפיסטמולוגי בלבד.

על-פי התזה האפלטונית-פיתגוראית הממשות אינה אלא מבנה מתמטי. אנו עצמנו מהווים חלק ממבנה זה, ותופשים את הממשות, כלומר, את הסביבה המתמטית שאנו חלק ממנה, באמצעות מנגנון הכרתי שמעבד את המידע המגיע מהחושים. מנגנון זה מייצר עבורנו חוויות של מגע, צבע, צליל, ריח, חום, קור, מוצקות, רטיבות וכדומה, והתנסויות סובייקטיביות אלו מקנות לנו את תחושת הממשות של העולם²⁷⁸ (אולי יותר מכול חווית המגע היא זו שמקנה לנו תחושה של מוחשיות, של פיזיקליות, ומי שמסיבה כלשהי מאבד יכולת בסיסית זו "ינוע תמיד בעולם מטושטש וקהוי"²⁷⁹).

לעומת זאת את המבנים המתמטיים שאנו הוגים כיצורים תבוניים אנו תופשים באמצעות מנגנון הכרתי שונה, מנגנון רציונלי (לפחות בחלקו לשוני), שמאפשר לנו לעסוק במתמטיקה ולהשתמש בה לצרכינו. מכיוון ששני מנגנונים הכרתיים אלו, זה שתופש את הממשות, וזה שעוסק במתמטיקה, הם מנגנונים שונים, הרי שהממשות נתפשת על-ידי ההכרה כשונה אונטולוגית ממבנים מתמטיים מופשטים. כשם שמידע ויזואלי נתפש בתודעתנו באופן שונה ממידע צלילי משום שהמנגנונים הכרתיים המעבדים שני סוגי מידע אלו הם שונים זה מזה, כך גם תופשת הכרתנו את המציאות כמוחשית (ומפרשת אותה כ"פיזיקלית"), בעוד שמבנים מתמטיים היא תופשת כמופשטים, אפלטוניים, משום שהמנגנונים הכרתיים המעורבים בעיסוק במתמטיקה שונים מאלו שמעורבים בתפישה חושית. למעשה, ההבדל המהותי בין המבנה המתמטי שמהווה את הממשות שלנו למבנים המתמטיים שאנו הוגים היא העובדה שאנו עצמנו מהווים חלק ממבנה מתמטי זה (שכן אנו חלק מהיקום, שהינו על-פי תזה זו מבנה מתמטי), ועל-כן אנו תופשים אותו באופן ייחודי: באמצעות החושים. אופן הפעולה של המנגנון הכרתי שמעבד את המידע החושי הוא כזה, שהתוצר שלו מאופיין במוחשיות, ומוחשיות זו גורמת לנו לייחס לממשות פיזיקליות, בעוד שהידע שלנו על מבנים מתמטיים תיאורטיים אינו תוצר של עיבוד מידע חושי, ועל-כן אינו מאופיין במוחשיות, ואינו מתויג על-ידי ההכרה כפיזיקלי, אלא כמופשט.

נובע מכך שהממשות הפיזיקלית הינה מודל שההכרה שלנו יוצרת למבנה המתמטי שהיא עצמה חלק ממנו, וזאת באמצעות מנגנון עיבוד המידע החושי שגורם לנו לתפוש את סביבתנו המתמטית כ"פיזיקלית" (תחושת המוצקות של גופים הינה אולי המרכיב החשוב ביותר של תפישה זו). אם כן, פיזיקליות הינה היבט אפיסטמולוגי ולא אונטולוגי של הממשות.

O'Shaughnessy, *Consciousness and the World*, pp. 5-6²⁷⁸
אקרמן, מסע אל החושים²⁷⁹

הפעילות ההכרתית, ובפרט תופעת התודעה הקואליטיבית, הינה כה ייחודית, שגם הנחת הפיזיקליזם האונטולוגי אינה מונעת מאתנו לתהות כיצד הכרה יכולה בכלל להופיע במבנה מתמטי, שהינו יציר אפלטוני מופשט. צמצום הפער האונטולוגי בין הפיזיקלי למתמטי (סעיף 3.3.1 לעיל) מאפשר לנו להבין שמבנה מתמטי עשוי להיתפש כפיזיקלי על-ידי הכרה המתפתחת במבנה כזה, אך הוא אינו מסביר כיצד הכרה יכולה בכלל להופיע בו. האפשרות שהכרה תתפתח בתוך מבנה מתמטי, ויהא זה מורכב ככל שיהא, מעולם לא הועלתה כתזה פילוסופית מבוססת, והיא נראית בלתי-סבירה אינטואיטיבית.

אולם אנו איננו יודעים (ואף לא מתקרבים לדעת) כיצד תודעה היא אפשרית גם בעולם פיזיקלי "ממש" (כזה שאיננו ניתן לרדוקציה למבנה מופשט). על-כן התזה האפלטונית-פיתגוראית אינה יוצרת את הפער ההסברי שכבר קיים. תחת הנחה של פיזיקליזם רדיקלי (השלטת במחקר הניירו-פיזיולוגי), התודעה היא אכן תוצר של החומר, ועל-כן האפשרות שהממשות החומרית אינה אלא מבנה מופשט מגלמת בתוכה גם את תופעת התודעה: כל תיאוריה שתצליח להעמיד את החוויות המנטליות על יסודות פיזיקליים (וכאמור, עמדת הפיזיקליזם האונטולוגי אינה דורשת שתיאוריה כזו תמצא בפועל), תזדקק לצעד אחד נוסף בלבד כדי להעמיד את התודעה על אלמנטים מתמטיים – הזיהוי בין האלמנטים הפיזיקליים של הטבע לאלמנטים של מבנה מתמטי מופשט (explanation by identification), שהינו עקרה של התזה האפלטונית-פיתגוראית.

נראה שתיאוריה פונקציונליסטית של הנפש, שהינה התיאוריה המקובלת ביותר כיום בתחום זה, הינה מועמדת ראויה להגנה על אפשרות הופעתה של הכרה במבנה מתמטי. אין מטרתו של חיבור זה לדון ברבדיה השונים של התיאוריה הפונקציונליסטית, אולם נציין רק שיכולתה להסביר את הופעתה של תודעה במבנה מתמטי נובעת מכך שהגדרת הפונקציונליות, אשר מכוננת על-פי תיאוריה זו את המצבים הנפשיים, היא מתמטית לחלוטין, ומבוססת על מיפוי של איברי קבוצה אחת (קבוצת הקלט) על איבריה של קבוצה אחרת (קבוצת הפלט)²⁸¹.

בעיה נוספת העלולה להתעורר בהקשר זה היא האם מבנה מתמטי מסוגל להגיע למורכבות כזו הנדרשת לפונקציונליות מהסוג שמאפשרת הופעה של תודעה. תשובה לשאלה זו ניתנת בסעיף 3.3.3 להלן.

²⁸⁰ במונח emergence
²⁸¹ Putnam, Hilary. "Minds and Machines"

חוקיותו של אותו מבנה מתמטי שמהווה את עולמנו חייבת לאפשר את המורכבות הגבוהה של הממשות המוכרת לנו על כל היבטיה (ובכלל זה מורכבות במידה המאפשרת פעילות הכרתית). אין זה אומר שחוקיות המבנה בעצמה צריכה להיות מורכבת, אך עליה לאפשר את קיומן האמרגנטי של רמות מורכבות גבוהות יותר כך, שיתאימו למורכבותו של הטבע. ואכן, מוכרים מבנים מתמטיים רבים, שמחוקיותם הבסיסית הפשוטה מתקבלת מורכבות גבוהה. להלן שתי דוגמאות²⁸²:

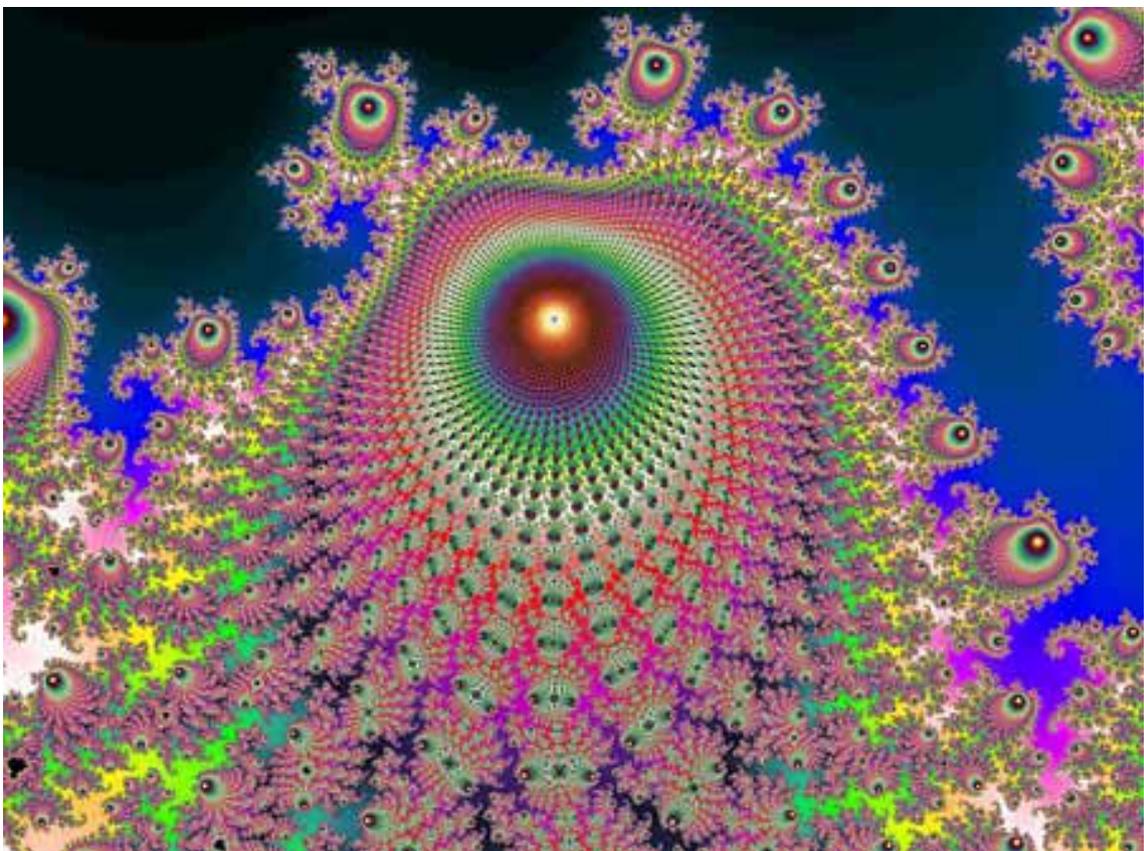
א. חבורת מנדלברוט

דוגמה לתופעה מורכבת שנובעת מחוקיות פשוטה ובסיסית היא חבורת מנדלברוט, שאבריה מתקבלים באמצעות ההגדרה הרקורסיבית הפשוטה:

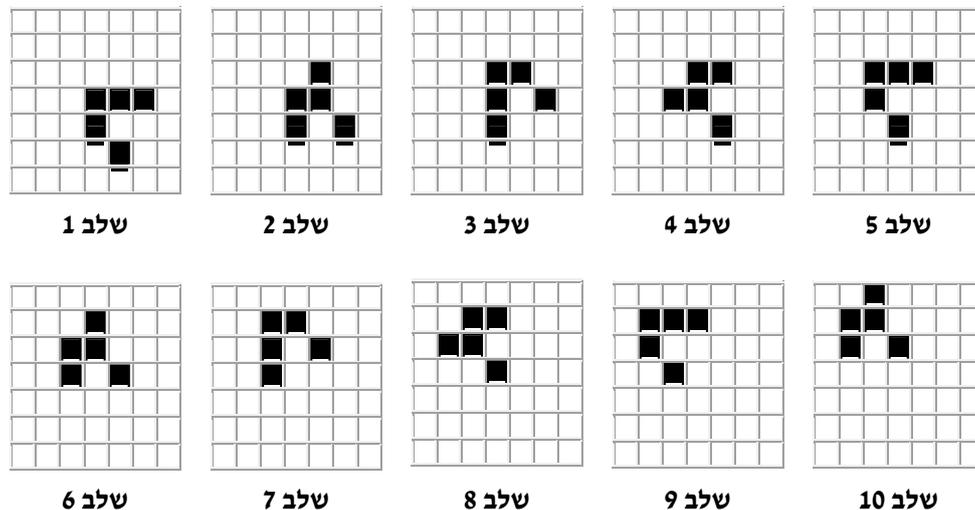
$$Z_n = \begin{cases} 0 & n = 0 \\ Z_{n-1}^2 + c & n > 0 \end{cases}$$

באשר c הוא מספר מרוכב כלשהו. מיפוי מישור המספרים המרוכבים (באמצעות בחירות שונות של c) לקבוצת המספרים הטבעיים (כולל 0) באמצעות הפונקציה $N(c) = \{n | Z_n \geq 2\}$ יוצר מבנה פרקטלי מורכב להפליא, שפרטיו, כאשר הוא מוצג באופן גרפי, ניתנים להבלטה באמצעות צביעה של כל N בצבע שונה²⁸³. להלן שתי דוגמאות להמחשה²⁸⁴ (התמונות מייצגות שני אזורים שונים במישור גאוס. שינוי קנה המידה של התמונות באמצעות פעולות זום חושף רמות מורכבות נוספות, כשבכל רמה מתגלות צורות בעלות מאפיינים ייחודיים לרמה זו):

²⁸² דוגמאות רבות אחרות מופיעות בספרו של Stephen wolfram A New Kind of Science
²⁸³ גליק, כאוס, עמ' 222-238
²⁸⁴ www.linesandcolors.com -i www.math.purdue.edu



דוגמאות נוספת להיווצרות ספונטנית של רמות מורכבות גבוהה מחוקיות מבנית פשוטה ניתן למצוא במשחקי החיים למיניהם, שהן הדמיות מחשב לאבולוציה מבנית²⁸⁵, וכן בתכניות המדמות מערכות ארגון ביולוגיות²⁸⁶. בהדמיות אלו בולטת העובדה, שחוקיות פשוטה יוצרת רמות מורכבות שונות, כשבכל רמה מתפתחים באופן אמרגנטי מבנים, שצורתם והתנהגותם ייחודיים לרמה זו על אף היותם נגזרים מאותה חוקיות בסיסית פשוטה. במשחק החיים הקלאסי של קונוויי, למשל (שהוצג בסעיף 2.1.8), תיאורה של הרמה הבסיסית הוא במונחים של משבצות סמוכות בסריג, מצבה של משבצת (שחור או לבן, למשל), ומספר כללים פשוטים הקובעים אם מצבה של משבצת נשמר או משתנה. אולם על בסיס החוקיות המוגדרת ברמת היסוד מתפתחות בסריג צורות מורכבות, אשר מסוגלות להחליף צורה ולבצע "פעולות" שונות, כגון "תנועה" על פני הסריג (עם או בלי שינוי צורה), "שיכפול", "הולדה" של מבנים אחרים המתנתקים מ"מבנה האם" וכדומה. להלן רצף של מצבים שממחיש "תנועה" של מבנה ב"משחק החיים" תוך כדי שינוי צורה:



המושגים "תנועה", "שיכפול" ודומיהם הם מושגים שמתארים את התנהגות הצורות המורכבות ברמת המורכבות הגבוהה מזו הבסיסית, וברמה זו גם מתקיימת חוקיות מורכבת יותר, אשר אין לה ביטוי ברמה שמתחתיה, אך גם החוקים וגם המושגים הרלוונטיים לרמת המורכבות הגבוהה

²⁸⁵ Gardner, Mathematical Games, pp. 120-123
²⁸⁶ Reynolds, Flocks, Herds and Schools: a distributed behavioral model, pp. 25-34

יותר נובעים באופן אמרגנטי מאלו שברמת היסוד (ממש כשם שחוקי הכימיה והמושגים הרלוונטיים לתחום זה נובעים באופן אמרגנטי מחוקי הפיזיקה ומושגי היסוד הפיזיקליים).
על כן, לאור העובדה שהפיזיקה המודרנית חושפת ברמות הבסיסיות ביותר של הטבע חוקיות לכאורה פשוטה, שמשקפת מידה גבוהה של סימטריה, אין זה בלתי-סביר, שהחוקיות הבסיסית של המבנה המתמטי של הממשות היא פשוטה יחסית, אף שהיא מאפשרת, בדומה למשחק החיים, היווצרות אמרגנטית של רמות מורכבות גבוהות יותר, החל מרמת החלקיקים האלמנטריים, דרך רמת התהליכים הכימיים ורמת המערכות הביולוגיות, וכלה ברמת הפעילות ההכרתית.

3.3.4 מבנה סטטי או מבנה דינמי

קיימות שתי עמדות מטאפיזיות מרכזיות לגבי מהות הזמן²⁸⁷: הראשונה, האינטואיטיבית יותר, גורסת שהזמן הוא **דינמי**, דהיינו, שרק ההווה (ולפי גרסה אחרת גם העבר) הוא ממשי, ושהעולם מאופיין בשינויים ממשיים ובתכונות "הוויות"²⁸⁸ שמתקדמת בהתמדה מהעבר אל העתיד. העמדה השניה, הפחות אינטואיטיבית, אך כזו שתואמת תובנות שעולות מהפיזיקה המודרנית, גורסת שהזמן הוא **סטטי** במובן זה שכל הזמנים מאז ועד עולם ממשיים באותה מידה, וה"הוויות" איננה ממשית אלא נקודת מבט של ההכרה (ה"עכשיו" שמישהו יחוה בנקודת זמן עתידית וה"עכשיו" שנחונה בנקודת זמן עברית כלשהי ממשיים בדיוק כמו ה"עכשיו" שמישהו חווה בזמן קריאת מלים אלו). על-פי עמדה זו עצם חלוף הזמן אינו אלא אשליה של ההכרה (אף כי אשליה עיקשת, כפי שציין איינשטיין), אשר פרושה לאורך כל נקודות הזמן של טווח קיומה, וחווה כל אחת מהן כ"עכשיו" שונה.

לגיטימי לשאול אם ההבחנה בין זמן סטטי לזמן דינמי ניתנת בכלל לבחינה אמפירית, אולם אין זה משנה לענייננו, שכן כל אחת מעמדות אלה מתאימה לאחד משני סוגים של מבנים מתמטיים (שתחת תנאים מסוימים אף ניתן להוכיח שהם שקולים²⁸⁹): זמן סטטי מתאים למבנה מתמטי סטטי (כדוגמת האריתמטיקה או הגיאומטריה האוקלידית), ואילו זמן דינמי מתאים למבנה מתמטי דינמי (כדוגמת אלגוריתם שמופעל על מבנה נתונים, למשל ב"משחק החיים"), שבו

²⁸⁷ Dainton, Time and Space, pp. 27-92

²⁸⁸ תרגום שבחרתי למושג **presentness**
²⁸⁹ Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 183

מספר האובייקטים וכן היחסים בין האובייקטים השונים עשויים להשתנות משלב לשלב (כפי שתואר בסעיף 2.1.8). מובן שבאף אחד מסוגי מבנים מתמטיים אלו, באם הוא הבסיס לממשות שלנו, הזמן איננו בעל מהות "פיזיקלית", אלא רק נתפש ככזה על-ידי ההכרה. כנ"ל גם לגבי מושג המרחב: אין שום דבר "מרחבי" במבנה המתמטי, אך מערך האובייקטים והיחסים שבו מאפשר להכרה לחוות "מרחביות" (אגב, מספר כיוונים בפיזיקה מודרנית מרמזים על האפשרות שהמרחב והזמן עצמם אינם גדלים יסודיים בטבע, אלא ניתנים להיגזר ממהויות יסודיות יותר²⁹⁰, אך, כאמור, התזה האפלטונית-פיתגוראית אינה מתחייבת למהותם של האלמנטים היסודיים בטבע, ואינה תלויה בה).

3.3.5 מדוע צריכים הם להימצא כך ולא אחרת?

כפי שצוין בפרק 1, לייבניץ שאל לא רק "מדוע יש דבר-מה ולא לא-כלום?" אלא גם את התוספת המתבקשת: "מדוע צריכים הם להימצא כך ולא אחרת?"²⁹¹. ובכן, התזה האפלטונית-פיתגוראית עונה גם על שאלה זו! ההסבר לכך שהיקום הוא כזה ולא אחרת, ושחוקי הטבע הם כאלו ולא אחרים, הוא, שמתוך אינספור המבנים המתמטיים שקיימים, זהו המבנה המתמטי שאנו מתקיימים בו. למבנים מתמטיים שונים יש אובייקטים שונים ומערכי יחסים שונים, וזהו המבנה המתמטי שמהווה את הממשות שלנו, ואנו חווים אותו ולא אחר משום היותנו חלק ממנו ולא ממבנה אחר. גם כאן התשובה לשאלה היא מטא-מתמטית, כלומר חיצונית למבנה, ולא פנימית לה.

בהקשר זה עולה גם השאלה אם העמדת הממשות (כולל המרחב והזמן) על מבנה מתמטי אינה מתחייבת ליקום נצחי, כלומר כזה שלא הייתה לו ראשית (שכן, גם למבנה מתמטי אין התחלה – הוא קיים אפלטונית מחוץ למרחב ולזמן פיזיקליים). אלא שמאחר וקיומם של מבנים מתמטיים איננו במרחב ובזמן, אלא להפך, על פי התזה האפלטונית-פיתגוראית המרחב והזמן פנימיים למבנה המתמטי שבבסיס הממשות, הרי שהשאלה אם היקום נצחי או שמא היתה לו התחלה הינה שאלה פנים-מבנית, ושתי האפשרויות קונסיסטנטיות עם היותו של היקום מבנה מתמטי (לשתי האפשרויות ניתן למצוא מודלים מתמטיים מתאימים).

²⁹⁰ Witten, "Reflections on the Fate of Spacetime"

²⁹¹ לייבניץ, השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות, עמ' 82-83

בסעיף 3.3 לעיל ניסינו להראות את קוהרנטיות התזה האפלטונית-פיתגוראית. להלן אציג טיעון אשר תומך בתמונה המטאפיזית שהיא פורשת, ואשר מסתמך על שתי הנחות שעומדות בבסיסו של חיבור זה.

א. ההנחות

1. הנחת הפיזיקליזם (האונטולוגי) - הטבע על מכלול תופעותיו, כולל כל העובדות הנוגעות להכרה ולאופן פעולתה, מושתת על אלמנטים וחוקים פיזיקליים. עמדה זו אמנם שנויה במחלוקת, בעיקר כאשר מדובר בהתנסויות הסובייקטיביות האיכותיות של התודעה (שמכונות בעגה המקצועית "qualia"), אולם העמדה השלטת במחקר הנוירו-פיזיולוגי היא העמדה הנטורליסטית, שמצדדת בהנחת הפיזיקליזם (וכפי שהבהרנו בסעיף 3.1.3, אנו מאמצים אותה בחיבור זה).
2. הנחת הסטרוקטורליזם המתמטי - זוהי הנחת ריאליזם ante rem ביחס למבנים מתמטיים: מבנים מתמטיים קיימים (אפלטונית) באופן בלתי תלוי בקיומו של עולם פיזיקלי (עמדה שהצדקנו בסעיף 2.2).

ב. הטיעון

הפיזיקה המודרנית רואה בממשות מערכת פיזיקלית, שאותה היא חוקרת בכלים מתמטיים: האובייקטים של המערכת הם האלמנטים הפיזיקליים שבבסיס עולמנו (שחיבור זה אינו מתחייב לגביהם, אך מועמדים אפשריים הם אלמנטים של מרחב וזמן²⁹², ומכונני החומר

²⁹² גם במרחב-זמן לייבניציאני, אם כי אז היחסים המוגדרים עליהם ועל שאר האובייקטים יהיו שונים

והאנרגיה באשר הם²⁹³, כשהחוקיות שמאפיינת את מארג היחסים בין אובייקטים אלו באה לידי ביטוי בחוקי הטבע. מצב הידע הפיזיקלי כיום הוא אמנם כזה, שתיאוריות שונות משמשות לתיאור היבטים שונים של הממשות (הכבידה, למשל, מתוארת על-ידי תורת היחסות הכללית, בעוד שהתנהגות החלקיקים האלמנטריים מתוארת על-ידי תורת השדות הקוואנטיים), אולם תפישת הזרם המרכזי בפיזיקה היא, שאם וכאשר יושלם הידע הפיזיקלי, נוכל לתאר את הטבע כולו באמצעות תיאוריה אחת, היא "התיאוריה של הכל" (במחקר הפיזיקלי יש כיום מספר כיוונים אשר מצביעים על אפשרות קיומה של תיאוריה כזו מעבר לאופק הנראה לעין²⁹⁴).

"התיאוריה של הכל" אמורה להיות תיאורה המתמטי של המערכת הפיזיקלית שמהווה את הממשות; זוהי פרדיגמה של המחקר הפיזיקלי, אשר מונחית על-ידי התפישה שחוקי הפיזיקה ניתנים בעקרון לניסוח מתמטי, ואשר מבוססת על ההצלחה יוצאת הדופן של המתמטיקה בתיאור הטבע (כפי שיפורט בסעיף 4.1). אולם מאחר שלכל מערכת יש מבנה מופשט שמייצג אותה (מסקנה 1 בסעיף 2.1.3), ומאחר שתיאורה המתמטי של המערכת הינו גם תיאורו המתמטי של מבנה זה (סעיף 2.1.5), הרי שגם לממשות הפיזיקלית יש מבנה מתמטי מייצג, ו"התיאוריה של הכל" אמורה להוות את תיאורו המתמטי. מאחר שראינו (מסקנה 3 בסעיף 2.1.7), שכל מבנה הוא איזומורפי למערכת שהוא מייצג, הרי שהחיפוש אחר ה"תיאוריה של הכל" הינו בבחינת החיפוש אחר המבנה המתמטי האיזומורפי לממשות הפיזיקלית.

ובכן, מאחר שלממשות הפיזיקלית יש מבנה מתמטי איזומורפי, הרי שעל-פי ההגדרה של מושג האיזומורפיזם (סעיף 2.1.7), לכל אובייקט פיזיקלי (יהא אשר יהא) מתאים אובייקט במבנה המתמטי האיזומורפי לו, ולכל חוק פיזיקלי מתאימה איזושהי חוקיות שהאובייקטים במבנה מקיימים במסגרת מערך היחסים המוגדרים עליהם, וזאת בהתאמה מלאה לאופן שבו חוקי הפיזיקה חלים על האובייקטים הפיזיקליים המקבילים להם במערכת הפיזיקלית (דהיינו, בעולם). התאמה מלאה זו (וזו הרי המשמעות של "איזומורפיזם") פירושה, שאם בממשות הפיזיקלית חשמל זורם בתילי נחושת ופרות רועות באחו, הרי שגם במבנה המתמטי האיזומורפי לממשות הפיזיקלית "חשמל" "זורם" ב"תילי נחושת" ו"פרות" "רועות" ב"אחו", שכן לחשמל הזורם בתילים ולפרות הרועות באחו, כמו גם לכל עובדה אחרת בממשות הפיזיקלית יש אמת מקבילה במבנה המופשט האיזומורפי לה (שמתבטאת במערך היחסים שהאובייקטים המתאימים מקיימים ביניהם).

²⁹³ בין אם על-פי המודל הסטנדרטי או על פי תיאוריה חלופית כלשהי כמו תיאורית M או תיאורית הלולאות הקוואנטיות.
²⁹⁴ Smolin, Three Roads to Quantum Gravity

מהנחת הפיזיקליזם האונטולוגי נובע שגם לכל העובדות הנוגעות לאופן פעולתה של ההכרה יש אמיתות מקבילות במבנה המתמטי האיזומורפי לממשות הפיזיקלית, ובכלל זה העובדה שהיא, ההכרה, תופשת את סביבתה כמוחשית. אך מאחר שהממשות והמבנה המתמטי האיזומורפי לה נבדלים רק במהותם האונטולוגית (האלמנטים של הממשות אמורים להיות פיזיקליים, בעוד שאלו של המבנה המתמטי הם מופשטים), אך לא באמיתות המתקיימות בהן, הרי שהכרה תבונית אינה יכולה לדעת על סמך התנסויותיה אם היא מתקיימת בעולם הפיזיקלי או במבנה המתמטי האיזומורפי לו (אפשרות שנידונה בסעיף 3.3.2 לעיל), שכן לכל התנסות, ידיעה או מחשבה בעולם הממשי יש מקבילה במבנה מתמטי זה. על-כן אין זה בלתי אפשרי שאנו מתקיימים למעשה במבנה המתמטי האיזומורפי לממשות, אף שאנו חווים אותו כממשות פיזיקלית (כפי שתואר בסעיף 3.3.1).

אך תחת הנחת הריאליזם לגבי מבנים מתמטיים, הרי שקיומו של מבנה מתמטי זה, כמו קיומו של כל מבנה מתמטי אחר, אינו מותנה בקיומו של עולם פיזיקלי. לעומת זאת עצם קיומה של ממשות פיזיקלית, כפי שראינו בפרק 1, מעורר קשיים עצומים. אי-לכך מוצדק להניח, שהממשות היחידה הקיימת (זו שאנו חווים) היא הממשות המתמטית. במלים אחרות, מבנה מתמטי זה, האיזומורפי לממשות הפיזיקלית, ואשר אותה אמורה "התיאוריה של הכל" לתאר, הוא הוא הממשות עצמה, ולא קיימת מערכת פיזיקלית "ממש" (כלומר, כזו שאינה מבנה מתמטי מופשט) המדגימה אותה. במלים אחרות: הממשות ה"פיזיקלית" והמבנה המתמטי האיזומורפי לה, אחד הם.

סיכום פרק 3

בפרק זה הצגתי את התזה האפלטונית-פיתגוראית, שפורשת תמונה מטאפיזית, אשר במסגרתה ניתן לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה. ואלו הם עיקריה:

1. הממשות אינה אלא מבנה מתמטי. זוהי עמדה רדוקטיבית שמזהה את האלמנטים הפיזיקליים של הטבע עם האלמנטים של מבנה מתמטי מופשט, כשחוקי הטבע הם ביטוי לחוקיות שמאפיינת את מערך היחסים שאובייקטים אלו מקיימים בינם לבין עצמם.
2. ה"פיזיקליות" שאנו מייחסים לממשות נובעת מאופן פעולתה של ההכרה, שמהווה חלק ממבנה מתמטי זה, ותופשת אותו כמוחשי (לכן "פיזיקליות" הינו היבט אפיסטמולוגי, לא אונטולוגי, של הממשות).
3. תמונה מטאפיזית זו מספקת תשובה לשאלת היסוד של המטאפיזיקה: היקום קיים (אפלטוני) כמבנה מתמטי מופשט, ואינו זקוק לסיבה טרנסצנדנטית כדי להתקיים.
4. לא קיימת "פיזיקליות ממש". קיימים מבנים מתמטיים רבים, והמורכבות של חלק מהם מאפשרת את הופעתה של הכרה, אשר תופשת את סביבתה המופשטת כ"פיזיקלית". ניתן לראות מבנים כאלו, שבהם מתפתחת הכרה, כ"פיזיקליים".

תזה זו, אשר נוגדת את האינטואיציות שלנו לגבי אופי הממשות, מעלה מספר קשיים, ובפרק זה ניסיתי לענות עליהם:

- הממשות הקונקרטית נתפשת כשונה מהותית ממבנים אפלטוניים מופשטים. האם ניתן להסביר פער תפישתי זה במסגרת התזה האפלטונית-פיתגוראית? – הפער בין הפיזיקלי למתמטי איננו פער אונטולוגי, אלא אפיסטמולוגי. אנו תופשים את הממשות המופשטת, שאנו חלק ממנה, באמצעות מנגנון הכרתי שמייצר חוויות של מגע, צבע, צליל, ריח וכו', שמקנות לנו את תחושת הקונקרטיות של העולם. לעומת זאת את המבנים המתמטיים שאנו הוגים אנו תופשים באמצעות מנגנון הכרתי שונה: מנגנון רציונלי, לפחות בחלקו

לשוני. מכיוון ששני מנגנונים הכרתיים אלו, זה שתופש את הממשות, וזה שעוסק במתמטיקה, הם מנגנונים שונים, הממשות נתפשת על-ידי ההכרה כשונה אונטולוגית ממבנים מתמטיים מופשטים (כשם שמידע ויזואלי נתפש בתודעתנו באופן שונה ממידע צלילי משום שהמנגנונים ההכרתיים המעבדים שני סוגי מידע אלו הם שונים זה מזה). מכאן שקונקרטיות הינה היבט אפיסטמולוגי ולא אונטולוגי של הממשות.

- כיצד יכולה הכרה (כולל תופעת התודעה) להתפתח במבנה אפלטוני מופשט? - אנו איננו יודעים גם כיצד תודעה יכולה להופיע בעולם פיזיקלי חומרי. התזה האפלטונית-פיתגוראית על-כן אינה יוצרת את הפער ההסברי שכבר קיים. תחת הנחה של פיזיקליזם רדיקלי (השלטת במחקר הנוירו-פיזיולוגי), התודעה היא אכן תוצר של החומר, ועל-כן האפשרות שהממשות החומרית אינה אלא מבנה מופשט מגלמת בתוכה גם את תופעת התודעה (נראה שתיאוריה פונקציונליסטית של הנפש, שהינה התיאוריה המקובלת ביותר כיום בתחום זה, מתיישבת עם התזה האפלטונית-פיתגוראית).
- האם מבנה מתמטי מסוגל להסביר את העושר הרב של התופעות שקיימות בעולמנו? - החוקיות הבסיסית של המבנה המופשט יכולה להיות פשוטה יחסית (דבר שמתבטא גם בשאיפה לצמצום תיאוריות פיזיקליות), שכן במבנים מתמטיים רבים חוקיות פשוטה מאפשרת את קיומן האמרגנטי של רמות מורכבות גבוהות יותר (למשל, במשחק החיים).
- כיצד יכול מבנה מתמטי להסביר את הדינמיות של הממשות, אשר מאופיינת בהשתנות תמידית? - קיימות שתי עמדות מרכזיות לגבי מהות הזמן: האחת גורסת שהזמן הוא דינמי, דהיינו, שרק ההווה הוא ממשי, ושהעולם מאופיין בשינויים ממשיים ובתכונת "הוֹוִיּוֹת" שמתקדמת בהתמדה מהעבר אל העתיד. העמדה השניה גורסת שהזמן הוא סטטי במובן זה שכל הזמנים מאז ועד עולם ממשיים באותה מידה, וה"הוויי" איננה ממשית אלא נקודת מבט של ההכרה. כל אחת מעמדות אלה מתאימה לאחד משני סוגים של מבנים מתמטיים (שתחת תנאים מסוימים אף ניתן להוכיח שהם שקולים): זמן סטטי מתאים למבנה מתמטי סטטי (כדוגמת האריתמטיקה או הגיאומטריה האוקלידית), ואילו זמן דינמי מתאים למבנה מתמטי דינמי (כדוגמת אלגוריתם שמופעל על מבנה נתונים, למשל ב"משחק החיים").

- אם הממשות היא מבנה מתמטי, מדוע דווקא מבנה זה? - מתוך אינספור המבנים המתמטיים שקיימים, זהו המבנה המתמטי שאנו מתקיימים בו, ואנו חווים אותו ולא אחר משום היותנו חלק ממנו ולא ממבנה אחר.

לבסוף, הוצג בפרק זה טיעון התומך בתמונה המטאפיזית שהתזה מציעה, ואשר מסתמך על שתי הנחות: פיזיקליזם וסטרוקטורליזם. החיפוש אחר ה"תיאוריה של הכל" הינו בבחינת החיפוש אחר המבנה המתמטי האיזומורפי לממשות הפיזיקלית. אולם על-פי הגדרת האיזומורפיזם לכל עובדה בעולם הממשי יש אמת מקבילה במבנה האיזומורפי לה, כולל (תחת הנחת הפיזיקליזם) עובדות הנוגעות לאופן פעולת ההכרה, ובפרט העובדה שהיא, ההכרה, תופשת את סביבתה כמוחשית. אי-לכך הכרה תבונית אינה יכולה לדעת על סמך התנסויותיה אם היא מתקיימת בעולם הפיזיקלי או במבנה המתמטי האיזומורפי לו, ואפשרי על-כן שאנו מתקיימים למעשה במבנה מתמטי זה, אף שאנו חווים אותו כממשות פיזיקלית. אך מאחר שקיומו של מבנה מתמטי אינו מותנה בקיומו של עולם פיזיקלי (תחת הנחת הסטרוקטורליזם), בעוד שעצם קיומה של ממשות פיזיקלית "ממש" הוא פרדוקסלי (הטרילמה של נוזיק), הרי שמוצדק להניח שהממשות היחידה הקיימת היא הממשות המתמטית.

פרק 4

על כוחה ההסברי של התזה האפלטונית-פיתגוראית

התזה האפלטונית-פיתגוראית, כפי שהוצגה בפרק 3, הינה השערה. כל המהלכים שנעשו בפרק 3 מטרתם היתה אחת: להראות שלמרות היותה של השערה זו בלתי-אינטואיטיבית, היא קוהרנטית וסבירה. בעצם יכולתה לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה יש כוח רב, אולם כל תיאוריה או תזה מטאפיזית שמועלית כדי לפתור בעיה מסוימת נבחנת לא רק בהיותה קוהרנטית, אלא גם ביכולתה להסביר תופעות נוספות. ובכן, לתזה האפלטונית-פיתגוראית יש כוח הסברי מעבר ליכולתה לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה. היא עונה גם על שתי שאלות נוקבות אחרות הנוגעות למחקר הפיזיקלי, שעד היום לא ניתנו להן תשובות מספקות:

1. מדוע נתון הטבע למרות מתמטיות? מאז שגליליאו גליליי הצביע על עובדה זו הפכה התופעה להנחת עבודה במחקר הפיזיקלי, וכל הסבר בתחום זה שאיננו מתמטי באופיו נחשב להסבר לא ממצה.

2. כיצד זה שקבועי הטבע מכווננים באופן כה עדין ומדויק, שמתאפשרת הופעתה²⁹⁵ של הכרה תבונית²⁹⁶ (שכן הבדלים מזעריים ביותר בקבועים אלו היו מונעים זאת)?

כמו כן תורמת התזה בשני תחומים נוספים:

1. היא מציעה אונטולוגיה חסכונית לתיאוריות של ריבוי עולמות.

2. היא מקלה פסיכולוגית על קבלת מוזרויות הטבע כפי שהן באות לידי ביטוי בפיזיקה המודרנית.

²⁹⁵ במובן emergence

²⁹⁶ בדרך-כלל השאלה היא לגבי הופעתם של חיים, אולם נראה שנכון יותר לשים בה דגש על תבוניות

גלילאו גליליי, שהיה חלוץ הניסויים הכמותיים, ואשר את תוצאותיהם ניתח בכלים מתמטיים, טען שספר הטבע כולו כתוב בשפת המתמטיקה²⁹⁷:

מדע הטבע נכתב בספר האדיר הזה, העולם, שאנו מסתכלים בו לשעה, אבל הספר אינו ניתן להבנה אלא בתנאי שקודם כל נלמד להכיר את שפתו, ולקרוא את האותיות שמהן הוא בנוי. השפה שבה הוא נכתב היא מתמטיקה, והאותיות הן משולשים, מעגלים, וצורות גיאומטריות אחרות שבלעדיהן לא נוכל לעולם להבין בו אף מילה אחת; שבלעדיהן נידונו לתעות במבוך אפל.²⁹⁸

טענה זו של גלילאו אומצה על-ידי הפיזיקה החדשה, והתבססה מאז כפרדיגמה של המחקר הפיזיקלי, אשר מונחה על-ידי התפישה שחוקי הפיזיקה ניתנים בעקרון לניסוח מתמטי. ההצלחה של הפיזיקה הניוטונית כמו גם של כל ענפי הפיזיקה שהתפתחו במקביל לה ובעקבותיה, ואשר התבססו על שיטות מתמטיות שונות לפיצוח חוקי הפיזיקה, אכן המחישו את החשיבות של המתמטיקה בהבנת תופעות הטבע, ואת כוחה בניבוי תוצאות של ניסויים. הפיזיקה המודרנית, שתגליותיה הביאו לשינויים מרחיקי לכת בהבנתנו את הטבע, הביאה תפישה זו לשיאה בשני אופנים:

1. שימוש בשיקולים מתמטיים טהורים לחיזוי תופעות, אשר ברוב המקרים לא ניתן היה לגלותן בדרך אחרת כלשהי. כך, למשל, ניבא מקסוול את קיומם של גלים אלקטרומגנטיים על סמך המשוואות שקיבל (ואשר נקראות על שמו)²⁹⁹, דיראק חזה את קיומו של הפוזיטרון כאשר המשוואה שהשתמש בה הניבה אלקטרון עם מטען חשמלי חיובי³⁰⁰, שוורצשילד הסיק את אפשרות קיומם של חורים שחורים ואת תכונותיהם מתוך משוואות השדה של איינשטיין³⁰¹, בוהם ואהרונוב חזו על בסיס שיקולים מתמטיים טהורים אפקט מפתיע ולחלוטין בלתי-צפוי בתורת הקוואנטים³⁰² (אפקט שנקרא כיום על שמם: אפקט בוהם-אהרונוב), ועוד היד נטויה.

²⁹⁷ Galileo, Discoveries, pp. 237-238

²⁹⁸ תרגום: בכלר, שלוש מהפכות קופרניקניות, עמ' 65

²⁹⁹ Brown, Mathematics' Role in Science, p. 260

³⁰⁰ Steiner, The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem, pp. 156-168

³⁰¹ הרפז, מושגים בתורת היחסות, עמ' 133-142

³⁰² Steiner, The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem, p. 134

2. ניסוח של חוקים פיזיקליים אשר ביטויים היחיד הוא מתמטי (פונקצית גל, למשל), כלומר אין הם מתייחסים לאובייקטים "פיזיקליים" כלשהם, אך יש להם משמעות בהקשר הרחב של התיאוריה, והם מניבים תוצאות מדידות. תורת הקוואנטים עשירה בדוגמאות כאלו, אך הדבר קורה גם בפיזיקה של החלקיקים היסודיים, שם אנו מוצאים חוקי שימור שנובעים מסימטריות שאין להם אלא ביטוי מתמטי³⁰³, ואפילו בתרמודינמיקה, בהקשר של הטמפרטורה הקריטית של מגנטים³⁰⁴. ככלל, הפיזיקה המודרנית מאופיינת בטשטוש הולך וגדל בין הפיזיקלי למתמטי, כשלא מעט פיזיקאים עושים כיום שימוש במינוח "ישויות מתמטיות" בדברם על מהויות שבעבר נחשבו לפיזיקליות באופן מובהק (כמו אלקטרונים, למשל).

לא רק זאת, אלא שעל-פי התפישה המודרנית יכולתנו להביע תופעה פיזיקלית באמצעות המתמטיקה נחשבת להבנה האולטימטיבית שלה, בעוד שכל הסבר של התופעה שנעדר יסוד מתמטי נחשב להסבר לא שלם ולא מספק³⁰⁵. עמדה זו היא כה דומיננטית במחקר הפיזיקלי, עד שהגבול בין הפיזיקה למתמטיקה מטשטש לעתים. סטיוארט שפירו כותב על כך³⁰⁶:

Mathematics is so thoroughly entrenched in the practice of science, to the point that many hold that there is no sharp border between them.

יתר על כן, בפיזיקה המודרנית יש היבטים אשר אין להם דבר מלבד תיאור מתמטי³⁰⁷ (בתורת הקוואנטים, למשל), כלומר, נכון להיום, כל ניסיון להסביר היבטים אלו באמצעים שאינם מתמטיים נדון לכישלון.

השימוש במתמטיקה לתיאור הטבע הפך לכה מובן מאליו, שמרבים נסתרת העובדה שאין תשובה מוסכמת לשאלה מדוע זה כך. למעשה, הוגים רבים רואים בעובדת היותו של הטבע נתון למרות מתמטית תעלומה גדולה.

³⁰³ קירש, ורבין ושפיר, פרקים בפיסיקה מודרנית, יחידה 11

³⁰⁴ Steiner, The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem, pp. 36-38

³⁰⁵ Barrow, Between Inner Space and Outer Space, p. 86

³⁰⁶ Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 45

³⁰⁷ Steiner, The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem, pp. 116-135

לעצם העובדה שהטבע מציית לחוקיות מתמטית לא נמצא עד היום הסבר משביע רצון (אנשי מדע רבים כה רגילים להצלחה של השימוש במתמטיקה לתיאור המציאות, שהם מתייחסים לכך כאל דבר מובן מאליה). תופעה זו עוררה ועדיין מעוררת פליאה בקרב הוגים, פיזיקאים ומתמטיקאים כויגנר, הרץ, ויינברג, פיינמן, קפלר, פנרוז ורבים אחרים³⁰⁸ (רשימת הציטוטים הבאה נועדה להמחיש עד כמה עובדה זו כלל אינה מובנת מאליה):

יוג'ין ויגנר, חתן פרס נובל לפיזיקה, טען שהעובדה שהמתמטיקה כה שימושית במדעי הטבע גובלת במסתורין, ושאינן לה הסבר רציונלי³⁰⁹ (ההדגשה שלי):

The enormous usefulness of mathematics in the natural sciences is something **bordering on the mysterious** and there is no rational explanation for it.

כן טען ויגנר שהיכולת לנסח באמצעות המתמטיקה את חוקי הפיזיקה היא מתנה נפלאה שאיננו מבינים אותה (וגם איננו ראויים לה)³¹⁰:

The miracle of the appropriateness of the language of mathematics for the formulation of the laws of physics is a wonderful gift, which we neither understand nor deserve.

עוד אמר ויגנר על התפקיד הלא מובן של מספרים מרוכבים ופונקציות אנליטיות במכניקת הקוואנטים³¹¹ (ההדגשה שלי):

It is difficult to avoid the impression that **a miracle confronts us here**, quite comparable in its striking nature to the miracle that the

Steiner, The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem, pp. 13-14³⁰⁸
 Wigner, The Unreasonable effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences, pp. 222-237³⁰⁹

Ibid³¹⁰
 Ibid³¹¹

human mind can string a thousand arguments together without getting itself into contradictions, or to the two miracles of the existence of laws of nature and of the human mind's capacity to divine them.

בנאום לאקדמיה הפרוסית למדע בברלין בשנת 1921 הביע אלברט איינשטיין את פליאתו מהעובדה שהמתמטיקה, שהינה יציר מחשבתי אשר אינו מותנה בניסיון, כה מתאימה לתיאור המציאות³¹²:

At this point an enigma presents itself which in all ages has agitated inquiring minds. How can it be that mathematics, being after all a product of human thought which is independent of experience, is so admirably appropriate to the objects of reality?

היינריך הרץ, שגילה את גלי הרדיו, אמר על משוואות מקסוול, שלא ניתן להתחמק מההרגשה שיש להן קיום עצמאי ואינטליגנציה משלהן, שהן נבונות מאתנו, ושאו מקבלים מהן יותר ממה שאנו מכניסים לתוכן³¹³:

One cannot escape the feeling that these mathematical formulae have an independent existence and intelligence of their own, that they are wiser than we are, wiser even than their discoverers, that we get more out of them than we originally put into them.

סטיבן ויינברג, פיזיקאי חתן פרס נובל, הביע פליאה על כך שפיזיקאים מגלים לעתים כה קרובות שהמתמטיקאים כבר היו במקום שאליו הם, הפיזיקאים, הגיעו³¹⁴:

Pickover, A Passion for Mathematics, p. 40³¹²

Dyson, Mathematics in the Physical Sciences, pp. 99³¹³

Weinberg, Lecture on the Applicability of Mathematics, p. 725³¹⁴

It is positively spooky how the physicist finds the mathematician has been there before him or her.

ריצ'רד פיינמן, אף הוא פיזיקאי חתן פרס נובל, טען שזה מדהים שניתן באמצעות המתמטיקה, שאין בינה לבין הדבר המקורי (הפיזיקלי) דבר, לנבא את אשר יקרה³¹⁵:

I find it quite amazing that it is possible to predict what will happen by mathematics, which is simply following rules which really have nothing to do with the original [physical] thing.

מייקל דאמט כותב על הקשר בין המתמטיקה המופשטת לממשות הפיזיקלית, שהוא בלתי מובן לאור העובדה שהראשונה היא אל-זמנית, בניגוד לממשות שבה אנו מתקיימים³¹⁶:

... this view generally labelled 'Platonist', separates mathematics too widely from its applications: it leaves it unintelligible how the denizens of this atemporal supra-sensible realm could have any connection with or bearing upon conditions in the temporal, sensible realm that we inhabit.

ובספרו על הפילוסופיה של פרגה, תוהה דאמט כיצד לעובדות הנוגעות לאובייקטים מופשטים יכולה להיות רלוונטיות ליקום הפיזיקלי³¹⁷:

Platonism is the doctrine that mathematical theories relate to systems of abstract objects, existing independently of us. ... This doctrine raises immediate philosophical problems ... how can facts about [immaterial objects] have any relevance to the physical universe we inhabit?...

Feynman, The Character of Physical law, pp. 171³¹⁵
Dummett, What is Mathematics about?³¹⁶
Dummett, Frege: Philosophy of Mathematics³¹⁷

גם האסטרונום ג'ון בארוו טוען, בדומה לויגנר, שלעובדה זו אין הסבר, והוא רואה את המתמטיקה כמהות הראשונית של הדברים³¹⁸ (הדגשה שלי):

There is no explanation as to why the world of forms is stocked up with mathematical things rather than any other sort. All we learn is that **mathematics is the most primary essence of things.**

סטיוארט שפירו, אשר מצטט את השתאותם של הוגים אחרים נוכח התופעה הבלתי-מובנת, כותב אף הוא³¹⁹ (הדגשה שלי):

... one may wonder how it is possible for a particular mathematical fact to serve as an explanation of a particular nonmathematical event... we wonder about the relevance of the given mathematical/scientific theory as a whole. **Why does it work?**

ועל האופן שבו המתמטיקה ישימה במדע בכלל ובתורת הקוואנטים בפרט טוען שפירו שאין בנמצא הסבר מספק³²⁰ (הדגשה שלי):

I have little to say about the use of complex analysis in quantum mechanics. **As far as I can determine, there is no satisfactory account for this...** I also have little to say about the uncanny ability of mathematicians to come up with structures, concepts, and disciplines that find unexpected application in science.

המתמטיקאי אנתוני טרומבה כתב על התחושה המיסטית שהתאמה בין מבנים מתמטיים למציאות מעוררת³²¹:

Barrow, Pi in the Sky, p. 271³¹⁸
Shapiro, Philosophy of Mathematics, p. 244³¹⁹
Ibid, p. 247³²⁰
Pickover, A Passion for Mathematics, p. 268³²¹

When you discover mathematical structures that you believe correspond to the world around you, you feel you are seeing something mystical, something profound.

פנלופה מאדי אומרת (ואף מתייחסת בהקשר זה לעמדה הסטרוקטורליסטית), שנראה שלא ניתן להפריד בין הפיזיקה למתמטיקה³²²:

Are there two realities, one mathematical, one physical, and, if so, why should the theory of the one be relevant to the theory of the other?... structuralism has moved away from the more familiar platonistic picture of a realm of mathematical objects completely divorced from the physical world... I want to suggest that the two might be seen as so interdependent that no separation, let alone elimination, is possible.

וישעיהו ליבוביץ' התייחס לעובדה שהמתמטיקה תואמת את המציאות באומרו³²³ (ההדגשות שלי):

זוהי שאלה מטפיזית גדולה. מדוע זה כך? כבר פיתגורס שואל את השאלה וקובע כי העולם הוא מספר. זוהי אמירה שכמעט אין לה מובן, אבל היא מבטאה את העובדה שהוא כבר חשב על השאלה מדוע חוקי המתמטיקה מוכרים במציאות. זה באמת פלא...

Maddy, "Mathematical Realism", p. 281³²²
זיו, שיחה עם ישעיהו ליבוביץ', עמ' 13³²³

חיבור זה מציע את הפתרון לתעלומה על בסיס התזה האפלטונית-פיתגוראית: ספר הטבע כתוב בשפת המתמטיקה משום שהטבע הינו בעצמו מבנה מתמטי. ככזה הוא ניתן לתיאור מתמטי, מה שמאפשר לנו ללמוד אותו ולנבא את התנהגותו (במגבלות הנובעות מחוקי הטבע עצמם³²⁴, כמו עקרון אי-הודאות, או מהכלים המתמטיים שעומדים לרשותנו).

תעלומת הקשר בין העולם הפיזיקלי הממשי לבין איזשהו עולם מתמטי אפלטוני מתמצה בעובדה שעולם אפלטוני זה מסוגל לייצג את הממשות בדיוק מדהים על אף השוני האונטולוגי המהותי בין השניים. מדוע חוקי הפיזיקה, החלים על אובייקטים פיזיקליים, צריכים לציית לעקרונות מתמטיים מופשטים מכל משמעות, אשר אין בהם דבר הקובע את חלותם על העולם הממשי (כפי שתהו איינשטיין, פיינמן, דאמט ושפירו)? התזה האפלטונית-פיתגוראית סוגרת את הפער האונטולוגי בין שני עולמות אלו: זהו פער מדומה, שנובע, כאמור, מאופן פעולתה של ההכרה (סעיף 3.3.1). על-פי תזה זו הממשות הפיזיקלית אינה אלא מבנה מתמטי, וכל תופעות הטבע הן ביטוי לחוקיות המתמטית של מבנה זה.

אם כן, עצם העובדה שהטבע מאופיין בהתנהגות מתמטית אינו צריך להפתיע עוד. תופעה זו איננה נס או פלא או תופעה מיסטית (כדבריהם של ויגנר, לייבוביץ' וטרומבה), אלא נובעת במישרין מהעובדה שהממשות הינה בעצמה מבנה מתמטי.

³²⁴ שנובעים, כמובן, מחוקיות המבנה המתמטי

4.2 עולמות מרובים

האפשרות לקיומם של עולמות מרובים, השקולים אונטולוגית למציאות האקטואלית שבה אנו מתקיימים, הוצעו ממניעים שונים, ולרוב כמענה לאיזושהי בעיה פיזיקלית או פילוסופית, על-ידי פיזיקאים כיו אורט ופילוסופים כדויד לואיס (לייבניץ היה אמנם הראשון שדיבר על כל העולמות האפשריים³²⁵, אולם בניגוד ללואיס ואורט הוא ראה אותם כעולמות פוטנציאליים, לא ממשיים). כל תיאוריה כזו של עולמות מרובים היא בלתי-חסכונית מבחינה אונטולוגית, שכן מדובר בעולמות פיזיקליים, ולרוב באינספור כאלו, כך שגם אם התיאוריה מצליחה לפתור בעיה אחת היא ללא ספק יוצרת בעיה אחרת.

התזה האפלטונית-פיתגוראית מספקת בסיס אונטולוגי חסכוני ופשוט לתיאוריות אלו: על-פי העמדה הסטרוקטורליסטית, שתזה זו מסתמכת עליה, אינסוף המבנים המתמטיים קיימים (אפלטונית), באופן שאינו תלוי ביקום פיזיקלי, ואין צורך במנגנון מיוחד שייצר אותם. השאלה מה נובע מקיומם של אינסוף מבנים אלו מקבלת תשובות שונות בהתאם לתיאוריה הספציפית של ריבוי עולמות, כפי שיתואר להלן.

4.2.1 כל העולמות האפשריים

לואיס הציע מטאפיזיקה שהאונטולוגיה שלה כוללת את כל העולמות האפשריים לוגית, כולם ממשיים באותה מידה³²⁶. לכל עולם כזה יש מרחב-זמן משלו הכולל יקום ומלואו, וכל אחד מהם מהווה מציאות אקטואלית עבור היצורים התבוניים המאכלסים אותו (אם יש בו כאלו), בעוד ששאר העולמות מהווים עבורם ממשויות פוטנציאליות (במובן של מציאות שהייתה הופכת אקטואלית לו, למשל, העניינים היו מתרחשים אחרת). כמו כן, העולמות השונים מנותקים זה מזה סיבתית.

לואיס מציג שיקולים פילוסופיים שונים לתפישה מטאפיזית זו, אולם אינו מתגבר על הקשיים העיקריים שלה, שהם:

³²⁵ לייבניץ, השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות, עמ' 65 (המונדולוגיה, נ"ג)
³²⁶ Lewis, On The Plurality of Worlds

1. מהו המנגנון המאפשר ריבוי עולמות זה? אפילו את קיומו של יקום פיזיקלי אחד קשה לנו להסביר, על אחת כמה וכמה את קיומם של אינספור יקומים כאלו.
 2. היכן (ומתי) בדיוק הם יקומים אלו? התשובה שלכל יקום כזה יש מרחב-זמן משלו ושאין בין היקומים השונים קשר סיבתי, אינה מספקת (אף כי אין בה פגם לוגי), בייחוד לאור העדרו של מנגנון המסוגל להסביר את היווצרותם של יקומים אלו.
 3. אונטולוגיה של אינספור יקומים פיזיקליים בסדר גודל של היקום שלנו, שמטרתה היחידה היא לטפל במשפטים נוגדי מציאות, הינה אונטולוגיה בזבזנית, שספק אם היא מצדיקה את התפקיד שיועד לה.
- אין מטרתו של חיבור זה לתמוך בריאליזם המודלי של לואיס, אולם התזה האפלטונית-פיתגוראית נותנת מענה לקשיים אלו:
1. מהגדרת המבנה המתמטי (סעיף 2.1.2) נובע שמספר המבנים המתמטיים הקיימים הוא אינסופי. למעשה, התזה האפלטונית-פיתגוראית, על בסיס העמדה הסטרוקטורליסטית, מחייבת את קיומם של אינסוף עולמות, חלקם דומים לשלנו וחלקם שונים לחלוטין, אשר מעצם היותם מבנים מתמטיים, אין הם זקוקים לסיבה טרנסצנדנטית כדי להתקיים.
 2. מבנים מתמטיים אינם מתקיימים במרחב-זמן פיזיקלי, כך שהשאלה "היכן הם" (או "מתי הם") אינה רלוונטית לגביהם, ומאחר ובין מבנים מתמטיים נפרדים אין מתקיימים יחסים או קשרים מסוג כלשהו, אונטולוגיה זו מספקת את העדר הקשר הסיבתי בין היקומים השונים.
 3. למבנים מתמטיים אין שום עלות אונטולוגית. על פי עמדת הסטרוקטורליזם המתמטי הם מתקיימים (אפלטונית) בשום מקום ובשום זמן, ואין הם נזקקים לשם כך לאיזשהו מנגנון ייצור מיוחד. אינסוף מבנים, וביניהם כאלו אשר נחשבים על פי התזה האפלטונית-פיתגוראית לפיזיקליים (כמתואר בסעיף 3.2.2), עומדים "חינם אין פסף" לרשותו ולשימושו של הריאליזם המודלי.

על-פי תורת הקוואנטים יכולתנו לקבוע אם אירועים מסוימים ברמה התת-אטומית יקרו (למשל, את אלקטרון שנפלט מאטום יהיה בעל ספין חיובי או שלילי) מוגבלת לחישובי הסתברות בלבד, וזאת לא משום שחסר לנו מידע על המערכת, אלא משום שהתופעה היא אקראית במהותה. כל התוצאות האפשריות של אירוע אקראי כזה נמצאות בסופרפוזיציה, וקבלתה של תוצאה ספציפית בעת המדידה נובעת מקריסת פונקצית הגל המתארת את הסופרפוזיציה. התעלומה הגדולה היא מה גורם לפונקצית הגל לקרוס ו"לבחור" בתוצאה הספציפית.

הניסיונות להסביר את האי-דטרמיניזם בטבע הולידו בין השאר את פרשנותו של אוורט לתורת הקוואנטים, פרשנות שנקראת בעגה המקצועית **פירוש המצב היחסי**, אך ידועה יותר בשמה העממי **פירוש העולמות המרובים**³²⁷. על-פי פירוש זה בעת אירוע קוואנטי כלל לא מתרחשת קריסה, ופונקצית הגל של האירוע נשארת בסופרפוזיציה יחד עם פונקצית הגל שמתארת את כל היקום, כך שהיקום כולו נמצא בסופרפוזיציה עם עוד מספר יקומים כמעט זהים, ששונים זה מזה רק בתוצאת האירוע הספציפי. הפיזיקאי שמבצע את המדידה, אף הוא נמצא בסופרפוזיציה עם מספר עותקים של עצמו, וכל אחד מעותקים אלו מקבל תוצאת מדידה שונה (לצורך הדיוק נעיר כאן שבניגוד לגרסה העממית, היקומים אינם מתפצלים בעת המדידה, אלא מתקיימים במקביל, כשהם זהים בכל פרט אפשרי עד לרגע קריסתה של פונקצית הגל, ושונים מרגע זה ואילך).

פירוש זה לתורת הקוואנטים אכן נותן מענה לוגי לתופעת האי-דטרמיניזם, אולם שב ומעלה את אותם קשיים: מהו המנגנון שמאפשר את קיומם הפיזיקלי של אינספור עולמות? היכן הם יקומים פיזיקליים אלו? והאומנם אינספור יקומים שלמים (על כל המסה והאנרגיה שבהם) הם עלות אונטולוגית סבירה כדי להסביר אי-דטרמיניזם?

ושוב, ההבנה שהממשות הינה מבנה מתמטי פותרת מיידית את הקושי הטמון באפשרות קיומם של עולמות מרובים אלו! התזה האפלטונית-פיתגוראית מספקת ללא שום עלות אונטולוגית אינסוף יקומים (כמבנים מתמטיים מופשטים), שקיומם האפלטוני בשום מקום ובשום זמן אינו נזקק לסיבה טרנסצנדנטית. היותם של מבנים אלו שונים זה מזה, חלקם אולי רק באותה מידה שתצדיק את פירוש המצב היחסי של אוורט לתורת הקוונטים, מאפשר לעמדה האפלטונית-פיתגוראית לספק בסיס אונטולוגי חסכוני ופשוט גם לתיאוריה זו של ריבוי עולמות.

³²⁷ Deutsch, The Fabric of Reality, pp. 50-53, 328-339

א. התעלומה

קיימות שתי גרסאות של **העיקרון האנתרופי**, שמתוכן רק אחת מהן רלוונטית לענייננו: הגרסה החלשה³²⁸. העיקרון האנתרופי בא לענות על השאלה: איך זה שחוקי הפיזיקה (כולל הקבועים הפיזיקליים) מכווננים באופן מדויק ביותר כך, שהם מאפשרים את קיומם של חיים תבוניים? ניתן להראות, שקבוע כבידה קטן בשבריר האחוז היה מונע התגבשות של גלקסיות וכוכבים; קבוע כבידה גדול בשבריר האחוז היה מקצר את גיל היקום במידה כזו שהיקום היה מתכנס חזרה לנקודה סינגולרית עוד לפני שלחיים הייתה שהות להתפתח; כוח אלקטרומגנטי שונה אך במעט היה גורם לכך שהריאקציות הכימיות הדרושות להיווצרות חומר אורגני לא היו יכולות להתרחש, וכן הלאה. שינויים מזעריים ביותר בחוקי הפיזיקה היו יוצרים יקום שבו לא היו יכולים להיווצר חיים כלל, והסיכוי לכך שכוונון מדויק זה הוא מקרי שואף לאפס³²⁹.

העיקרון האנתרופי החלש טוען³³⁰, שמן הסתם שאלה כזו יכולה להישאל רק ביקום שחוקיו מאפשרים היווצרות של חיים תבוניים. אולם על אף אמיתותה של טענה זו, היא אינה יכולה להיחשב להסבר. אם אדם נופל ממגדל גבוה על קרקע מוצקה ונשאר בחיים, הוא בוודאי ישתומם על-כך, אולם העובדה שרק אדם שנשאר בחיים לאחר נפילה כזו יכול להביע את פליאתו על כך אינה בבחינת הסבר לאירוע החריג.

ב. הסבר סטטיסטי על-בסיס ריבוי עולמות

הגרסה המקובלת כיום בחוגי הפיזיקה לעיקרון האנתרופי החלש מבוססת על הסבר סטטיסטי (הוצע לראשונה על-ידי ברנדון קרט³³¹): הסיכוי לזכות בפרס הגדול בהגרלת הלוטו הוא זעום, אך כאשר נרכשים מיליוני כרטיסי הגרלה, יש סבירות גבוהה מאוד שמישהו יזכה

³²⁸ הגרסה החזקה היא טלאולוגית ביסודה, וטוענת שהכוונון העדין של חוקי הטבע נובע מכך שהיקום נברא במטרה לקיים חיים.

³²⁹ Leslie, "The Anthropic Principle Today", pp. 290-292

³³⁰ Carter, "Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology", pp. 131-139

³³¹ Gale, "Cosmological Fecundity: Theories of Multiple Universes", p. 200

בפרס (אף כי הזוכה עצמו, שהעריך את סיכוייו לזכות כאפסיים, יופתע מאוד מזכייתו). באופן דומה, אם קיימים אינספור יקומים אשר לכל אחד מהם חוקי פיזיקה וקבועים פיזיקליים שונים, הרי שיש סבירות גבוהה שלפחות חלקם מכווננים כך, שמתאפשרת בהם התפתחות של חיים תבוניים (יקומנו, למשל), ובסופו של דבר השאלה על הכוונון המדויק יכולה כמובן להישאל רק ביקומים אלו.

הקושי הגדול בהסבר זה נובע מהצורך להכניס לתמונת העולם, המורכבת דיה גם כך, אינספור יקומים נוספים, כשכל אחד מהם כפוף לחוקי פיזיקה שונים, מה שמעלה את השאלות:

1. מהו המנגנון שמייצר אינספור יקומים שונים?
2. איפה (ומתי) הם יקומים אלו?
3. מדוע חוקי הפיזיקה שונים מיקום ליקום?

להלן מספר מנגנונים שהוצעו, ואשר עשויים לאפשר את היווצרותם של יקומים רבים ושונים³³²:

1. ביקום שלנו מתקיימת מחזוריות אינסופית של מְפָצִים גדולים, בין אם כל מחזור כזה מסתיים בקריסת היקום לנקודה סינגולרית או, בגרסה מודרנית יותר, בהתפשטות נצחית, כשלכל מחזור כזה חוקי טבע וקבועים פיזיקליים משלו. באופן כזה ברוב המחזורים אמנם לא ייווצרו התנאים להתפתחותם של חיים, אולם באחדים מהם (ובכלל זה במחזור הנוכחי) חוקי הטבע יאפשרו חיים ותבוניות, ואך ורק באותם מחזורים (כולל הנוכחי) תוכל לעלות שאלת הכוונון העדין.

2. היקום שלנו הינו רק אחד מבין אינספור יקומים המתקיימים זה לצד זה באיזשהו על-יקום, הגדול לאין שיעור מהיקום הנראה (אולי אפילו אינסופי), ואשר מְפָצִים גדולים שמתרחשים בו מעת לעת (או אולי אפילו כל הזמן) מביאים לבריאתם של יקומים חדשים, כל אחד ומאפייניו הוא, כשרק בחלק קטן מהם מתקיימים התנאים הפיזיקליים שמאפשרים את התפתחותם של חיים.

³³² Leslie, "The Anthropic Principle Today", pp. 292-295

3. פירוש המצב היחסי של אוורט לתורת הקוואנטים: יתכן שבתנאים מסוימים (אולי ברגע המפץ הגדול) קיבל כל אחד מאינספור היקומים השונים המתקיימים במקביל קבועים פיזיקליים משלו, והכמות העצומה של יקומים אלו מאפשרת סטטיסטית שבחלק מהם יתפתחו התנאים המתאימים לקיום חיים. במקרה כזה לכל אחד מהיקומים השונים מרחב-זמן משלו.

בכל מקרה, המחיר האונטולוגי שאנו נדרשים לשלם כדי להסביר את תופעת הכוונון העדין של הקבועים הפיזיקליים הוא עצום. הפיזיקאי פול דיוויס אומר על-כך³³³:

Invoking an infinite number of other universes just to explain the apparent contrivances of the one we see is pretty drastic, and in stark conflict with Occam's razor.

ג. בסיס אונטולוגי איתן להסבר הסטטיסטי

העמדה האפלטונית-פיתגוראית, שלפיה היקום אינו אלא מבנה מתמטי, נותנת בסיס איתן להסבר הסטטיסטי לתעלומת הכוונון העדין: לכל אינסוף המבנים המתמטיים אותו מעמד – הם קיימים אפלטונית – אולם חוקיותם של אחדים ממבנים אלו, וביניהם היקום שלנו, היא כזו, שהיא מאפשרת את הופעתה של הכרה תבונית (כמובן שבשל עדינות ה"כוונון" הנחוצה לכך, שיעור המבנים המתמטיים שחוקיותם מאפשרת זאת הוא קטן ביותר). ביקומים אלו (שכפי שראינו בסעיף 3.2.2, ניתן לראות אותם כפיזיקליים), ורק בהם, עשויה לעלות שאלת הכוונון העדין. ושוב, מאחר וקיומם של כל היקומים האלו (גם של היקומים תומכי-ההכרה וגם של אלו שאינם כאלו) הוא אפלטוני, לא חלה עליהם העלות האונטולוגית הבלתי-נסבלת שחלה על אינסוף יקומים "פיזיקליים" (במובן האינטואיטיבי של המושג). כל זאת, כאמור, על בסיס העמדה הסטרוקטורליסטית, שעל-פיה כל המבנים המתמטיים פשוט קיימים (אפלטונית), ואין צורך במנגנון מיוחד שייצר אותם.

³³³ Davies, Are We Alone?, p. 121

האפשרות שהיקום הינו מבנה מתמטי הוצעה כאחד מתוך ארבעה תסריטים אפשריים לריבוי יקומים על-ידי הפיזיקאי מקס טגמארק³³⁴. עמדה זו, על אף שיש לה גם מתנגדים במחקר הפיזיקלי³³⁵ (בעיקר על בסיס של העדר אפשרות לבחינה אמפירית שלה), מהווה תמיכה לתזה האפלטונית-פיתגוראית, שהינה עמדה מטאפיזית נטורליסטית, ואשר אמורה להתיישב עם עמדות פיזיקליות ומתמטיות מודרניות.

הפיזיקאי יקיר שושני הציע לחקור את המציאות הפיזיקלית באופן אפריורי באמצעות "מבנים ישיים" הכוללים ישויות שתכונותיהן נגזרות אך ורק מהקשרים שביניהם³³⁶. שושני אף פיתח תיאוריה אפריורית למטרה זו, לה קרא "אפריוריקה"³³⁷. תיאוריה זו מתבססת על אי-אפיונם של הישויות היסודיות של היקום באמצעות החלל והזמן, ועל אפיונם באמצעות הקשרים שהם מקיימים ביניהם ולא באמצעות תכונות פנימיות כלשהן. המושגים הבסיסיים של התיאוריה הם "מערכת פיזיקלית" ו"קשירות בין מערכות", כש"מבנה ישי" מסדר N מוגדר כקבוצה של N מערכות המקיימות את הנחות היסוד הבאות³³⁸:

1. כל מערכת קשירה לפחות למערכת אחת אחרת.
 2. יחס הקשירות הוא אנטירפלקסיבי (אף מערכת אינה קשירה לעצמה) וסימטרי (אם מערכת א' קשירה למערכת ב', גם מערכת ב' קשירה למערכת א').
 3. אם מערכת א' קשירה למערכת ב', אז קיימת בהכרח מערכת שלישית הקשירה לשתי המערכות א' ו-ב' (והיא נקראת "המערכת המתווכת" בין א' ל-ב').
 4. כל שתי מערכות חייבות להיות שונות זו מזו (לצורך ההבחנה בין מערכות מוגדרים "מספר המשמעות" של מערכת, שהינו מספר הקשרים שלה עם מערכות אחרות, ו"סדרת המשמעות" שלה, שהיא קבוצת כל מספרי המשמעות של המערכות שאליהן היא קשירה, כשמערכות זהות הן מערכות בעלות אותו מספר משמעות ואותה סדרת משמעות).
- האפריוריקה מנבאת את קיומם של יקומים שבהם יש שלוש אינטרקציות יסודיות המגדירות את יחסי הגומלין (הכוחות) בין הישויות היסודיות ביותר³³⁹.

³³⁴ Tegmark, "Parallel Universes", Scientific American (May 2003)

³³⁵ Hut, Piet, Mark Alford and Max Tegmark. "On Math, Matter and Mind". pp. 765-794

³³⁶ Shoshani, "Introduction to Formal Ontology". p 202

³³⁷ Shoshani, "Apriorics and the Proliferation of Elementary Particles in Parallel Subuniverses". pp 512-520

³³⁸ שושני, מחשבות על המציאות. עמ' 131-130

³³⁹ Shoshani, "The Philosophical Origin of Quarks". pp. 566-576

4.3 הפיזיקה המודרנית וההכרה - היתרון הפסיכולוגי

הפיזיקה המודרנית הביאה באמתחתה מבול של תופעות פיזיקליות מוזרות, שאינספור ניסויים חזרו ואששו אותן, אך "השכל הישר" מתקשה מאוד לקבלן. להלן אטען שלהכרה האנושית קל יותר להסכין עם "מוזרויות מתמטיות" מאשר עם "מוזרויות פיזיקליות", ועל כן ההבנה שהממשות אינה אלא מבנה מתמטי מקלה פסיכולוגית על קבלת המוזרויות של הטבע. להלן מבחר דוגמאות:

4.3.1 תורת היחסות

תורת היחסות הפרטית איחדה את המרחב והזמן למהות אחת, מרחב-זמן, והפכה אותו ממושג מוחלט (שהיה בשימוש בפיזיקה הניוטונית) למושג יחסי³⁴⁰. לפני כן נתפשו אורכים של גופים, כמו גם מרחקים והפרשי זמנים בין אירועים, כמוחלטים במובן זה שכל הצופים ביקום מסכימים עליהם. בעקבות תורת היחסות הפכו האורכים, המרחקים והפרשי הזמנים להיות תלויים בתנועת הצופה, וזאת, בניגוד לאינטואיציות של השכל הישר.

מהירות האור בריק הפכה להיות קבוע של הטבע, כך שמדידתה מניבה תמיד אותה תוצאה ללא תלות בתנועת הצופה או מקור האור. לשכל הישר קשה מאוד לקבל עובדה זו (וזהוהי אכן עובדה אשר אוששה בניסויים רבים), שכן אנו יודעים שמהירותו של חפץ המושלך בכיוון הנסיעה ממכונת נוסעת בהכרח גבוהה יותר ביחס לצופה על המדרכה מאשר ביחס לנוסע במכונת (תלות המהירות בתנועת הצופה), ושמהירותו של אותו חפץ ביחס לצופה על המדרכה בהכרח גבוהה ממהירותו של חפץ המושלך על-ידי צופה זה (תלות המהירות בתנועת המקור). לשכל הישר קשה מאוד לקבל שכלל זה, אשר תואם את האינטואיציות הבסיסיות שלנו ואת ניסיוננו היומיומי, אינו חל על האור.

טרנספורמציות גליליי האינטואיטיביות, שקובעת את המעבר בין הקואורדינטות של שתי מערכות אינרציאליות³⁴¹, ואשר מנוסחת כך:

³⁴⁰ רורליך, מפרדוקס למציאות, עמ' 45-57

³⁴¹ מערכת אינרציאלית היא מערכת שמתקיים בה חוק ההתמדה (כלומר, סך כל הכוחות הפועלים על המערכת הוא אפס).

$$x' = x - vt$$

$$t' = t$$

(באשר v היא המהירות היחסית בין שתי המערכות), הוחלפה בטרנספורמציות לורנץ הכל-כך לא

אינטואיטיבית, שניסוחה הוא:

$$x' = \gamma (x - vt)$$

$$t' = \gamma \left(t - \frac{v}{c^2} x \right)$$

באשר

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

ו- c היא מהירות האור בריק³⁴². מטרנספורמציה חדשה זו נובעות מספר מסקנות שנוגדות

לחלוטין את האינטואיציות של השכל הישר:

1. אורכם של גופים איננו גודל מוחלט, אלא תלוי במהירותו היחסית של הצופה (לאותה רכבת יהיה אורך שונה עבור שני צופים במערכות אינרציאליות שונות), וכך גם המרחק בין שתי נקודות (המרחק בין שני ישובים, למשל, או לצורך טיסות חלל, המרחק בין שני כוכבים).

2. קצב מעבר הזמן, אף הוא שונה ממערכת אינרציאלית אחת לשניה כך, שקצב התרחשותם של אירועים, ובכלל זה קצב הזדקנותו של אדם, תלוי במהירות היחסית בין הצופה לנצפה.

3. ה"עכשיו" איננו אוניברסלי, והוא שונה ממערכת אינרציאלית אחת למשנתה (מה שנקרא "יחסיות הסימולטניות"). לכן שני אירועים שהם בו-זמניים במערכת אינרציאלית אחת עשויים להתרחש במערכת אינרציאלית אחרת בזמנים שונים³⁴³.

³⁴² Sartori, Understanding Relativity, pp. 98-103

³⁴³ שני האירועים כן יהיו סימולטניים בכל מערכת שנעה בניצב לקו המחבר ביניהם.

4. מהירות האור בריק היא המהירות הגבולית בטבע, כלומר, לא ניתן להגיע למהירויות גבוהות ממנה בשום דרך שהיא, ולא ניתן להעביר אינפורמציה במהירות גבוהה יותר. תופעה זו אינה נובעת ממגבלות טכנולוגיות אלא מהעובדה שמהירות יחסית בטבע אינה מתקבלת מחיסור המהירויות הפשוט והאינטואיטיבי:

$$v = v_1 - v_2$$

אלא מהנוסחה הבאה, המאוד לא אינטואיטיבית³⁴⁴:

$$v = \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

מוזרויות אלו של תורת היחסות אינן אשליות הנובעות מהבדלי מדידות בין המערכות האינרציאליות השונות, אלא תוצאים אמיתיים, הנובעים מיחסיות המרחב והזמן. סך-הכל יוצרת תורת-היחסות הפרטית תמונה מאוד לא אינטואיטיבית לגבי כל מה שקשור למרחב, לזמן ולתנועה. הקושי הפסיכולוגי לקבל תוצאים אלו של תורת היחסות הוא כה גדול (למרות שהם אוששו בדיוק רב בניסויים רבים), שעד היום קמים לבקרים פיזיקאים או אפילו חובבים מתוסכלים, שמנסים (בינתיים ללא הצלחה) לסתור את מסקנותיה.

תורת-היחסות הכללית, שמטפלת בתופעת הכבידה ובמערכות לא אינרציאליות, הוסיפה לתמונה "בלתי-סבירה" זו, שיצרה תורת היחסות הפרטית, גם מרחב-זמן עקום, אשר עקמומיותו נקבעת על-ידי כמות המסה שבו³⁴⁵, והיא מציגה את כוח-הכבידה כאופן שבו מסות מושפעות מעקמומיות זו. כמו כן נובע מתורת-היחסות הכללית, שקצב מעבר הזמן תלוי בעוצמתו של שדה-כבידה (אדם החי בקומת הקרקע מתבגר לאט יותר מאשר שכנו מהקומה העליונה, אף כי בתנאי-הכבידה של כדור-הארץ ההבדל זניח). גם תוצאים אלו, אשר נבדקו במספר רב של ניסויים ואוששו, מערימים לא מעט קשיים על השכל הישר³⁴⁶.

³⁴⁴ במהירויות לא יחסותיות, כלומר, במהירויות הנמוכות בהרבה ממהירות האור, האיבר $v_1 v_2 / c^2$ זניח, והנוסחה

הגלילית האינטואיטיבית היא קירוב טוב לנוסחה האמיתית.

³⁴⁵ זהו ניסוח מקובל, אך למעשה מדובר על התאמה בין כמות המסה למידת העקמומיות של המרחב-זמן, ולא על קשר סיבתי.

³⁴⁶ רורליך, מפרדוקס למציאות, עמ' 97-115

אם תורת-היחסות מציבה אתגרים לשכל הישר, הרי שתורת הקוואנטים מטלטלת אותו לחלוטין. נילס בור, מחלוציה של תורת הקוואנטים, הביע עובדה זו במשפטו המפורסם³⁴⁷:

Anyone who is not shocked by quantum theory has not understood it.

ברוח דומה אמר פעם דניאל גרינברגר, פרופסור לפיזיקה מאוניברסיטת ניו-יורק³⁴⁸:

Einstein said that if quantum mechanics were correct then the world would be crazy. Einstein was right – the world is crazy.

ואנטון ציילינגר, פיזיקאי מוביל מהאוניברסיטה של וינה כתב³⁴⁹ (הדגשה שלי):

Quantum mechanics is the weirdest invention of mankind, but also one of the most beautiful. And **the beauty of the mathematics underlying the quantum theory implies that we have found something very significant.**

בתורת הקוואנטים תכונות פיזיקליות כגון מיקום או מהירות של חלקיקים אלמנטריים אינן מוגדרות עד למדידתן, ועל-פי עקרון אי-הוודאות, מבין מספר זוגות של ערכים (מיקום/תנע, אנרגיה/זמן, העתק-זוויתי/תנע-זוויתי והספין על שני צירים שונים), קביעת גודלו של אחד הערכים במדויק (או אפילו הגדלת הדיוק במדידתו) מונעת עקרונית את קביעתו המדויקת של הערך השני ברגע המדידה. לא מדובר כאן באי-וודאות אפיסטמית, כלומר, במגבלה טכנית שמונעת את ידיעת הגודל הנמדד, אלא באי-וודאות אונטית: הערך השני באמת אינו מוגדר במדויק.

Gribbin, In Search of Schrödinger's Cat, p. 5³⁴⁷

Aczel, Entanglement, p. 203³⁴⁸

Ibid, p. 203³⁴⁹

לחומר, מסתבר, יש גם פן גלי (ולהפך), שמהותו שונה לחלוטין מזו של הפן החלקיקי, אך לעולם לא ניתן לגרום לשניהם לבוא לידי ביטוי באותו מערך ניסויי. כאשר תנאי הניסוי מביאים לידי ביטוי את הפן הגלי של החלקיק מסתבר שהוא, החלקיק, עובר מנקודה לנקודה בכל המסלולים האפשריים בו-זמנית!³⁵⁰ (מצב של סופרפוזיציה). אם מנסים ל"תפוס" את החלקיק בדרך, או אז מאלצים את הפן החלקיקי שלו לבוא לידי ביטוי, והוא מתנהג כאילו עשה את כל דרכו באחד המסלולים בלבד (ב"בחירה" אקראית). דבר זה קורה גם אם ההחלטה באיזה מסלול לחפש את החלקיק נתקבלה רק לאחר שהוא כבר יצא לדרך³⁵¹ (ואפילו הגיע מגלקסיה רחוקה!). לשכל הישר אין מודל מוכר מהעולם המקרוסקופי שמסוגל לעזור לו להבין מה באמת קורה שם, והדבר היחיד שאנו מסוגלים לומר על אשר מתרחש בעולם הקוואנטי מתבטא בתיאורם המתמטי של האירועים.

חלקיקים (שניים או יותר³⁵²) יכולים להיות "שזורים קוואנטית", כלומר, בעת מדידה של תכונה מסוימת (למשל ספין) של אחד מהם נקבעת מיידית (אך באופן לא סיבתי!) תוצאת המדידה של החלקיק השני, גם אם הוא נמצא באותו רגע בקצה השני של היקום. מאחר ומידע לא יכול לעבור במהירות הגבוהה ממהירות האור הרי שמדובר כאן בתופעה של אי-לוקליות, כלומר, החלקיקים מתנהגים כמערכת אחת למרות שמפריד ביניהם מרחק עצום. על תופעה זו העיר הפיזיקאי מייקל הורן³⁵³:

Einstein's 'elements of reality' do not exist. No explanation of the beautiful dance among the particles can be given in terms of an objectively real world. The particles simply do not do what they do because of how they are; they do what they do because of quantum magic.

כמו כן, אירועים מסוימים ברמה הקוואנטית אינם נקבעים באופן דטרמיניסטי, כלומר באותם תנאים בדיוק יכולות להתקבל תוצאות שונות (של מיקום החלקיק או של מהירותו, למשל), כאשר הדבר היחיד שניתן לניבוי זה ההסתברות של כל אחת מהתוצאות. לשכל הישר המורגל בדטרמיניזם של העולם המקרוסקופי קשה מאוד להבין ולקבל את התופעה.

³⁵⁰ פיינמן, אור וחומר
³⁵¹ Aczel, Entanglement, pp. 88-94
³⁵² Ibid, pp. 1-3
³⁵³ Ibid, p. 203

4.3.3 וזה לא הכל

וזה לא הכל: במחקרים מתקדמים בפיזיקה של החלקיקים האלמנטריים עולות אפשרויות מוזרות נוספות³⁵⁴, כגון מרחב מרובה ממדים (בהקשר של תורת המיתרים, או כפי שהיא נקראת היום: תורת הממברנות), מרחב וזמן בלתי רציפים (למשל בתורת הלולאות הקוואנטיות), ועוד כהנה וכהנה תופעות אשר אינן מתיישבות עם האינטואיציות של השכל הישר.

4.3.4 היתרון הפסיכולוגי

לרוב מנסים להסביר את אי-יכולתנו להבין ולקבל את ההתנהגויות המוזרות של הטבע בטענה ש"השכל הישר" התפתח כתוצאה מאינטראקציה עם סביבה מקרוסקופית ועם מהירויות נמוכות יחסית, ומאחר והוא מעולם לא נזקק לכך אבולוציונית, אין "השכל הישר" מסוגל לתפוס תופעות ברמה התת-אטומית או כאלו הקשורות במהירויות יחסותיות, ואשר בהן באים לידי ביטוי עקרונות שונים של הטבע³⁵⁵.

למרות זאת, ההבנה שהממשות אינה אלא מבנה מתמטי עשויה לעזור פסיכולוגית באופן משמעותי: כך, למשל, העובדה שבין שני חלקיקים יכול להתקיים קשר על-פני מרחקים גדולים (שזירה קוואנטית) היא עובדה שקשה לקבלה רק משום שמדובר במרחק פיזי, אך במבנה מתמטי אין שום מגבלות "פיזיקליות", ואין מניעה מאובייקטים מתמטיים לקיים קשר כלשהו בהתאם לחוקיותו של מבנה זה. הדבר נכון גם לגבי שאר התופעות ה"מוזרות" של תורת הקוואנטים: עקרון אי-הוודאות פחות מטריד כאשר אנו תופסים את המהויות הנמדדות כמהויות מתמטיות, שכן קשה לנו לתפוס מהויות פיזיקליות כאפשרויות סטטיסטיות. גם את מונח הסופרפוזיציה קל יותר לתפוש כצירוף מתמטי של אפשרויות מאשר כצירוף של מצבים "פיזיקליים", שבסופו של דבר קורסים למצב אחד באופן אקראי.

הדבר נכון גם לגבי תורת-היחסות, שם ההקלה הפסיכולוגית טמונה בהבנה שהמרחב והזמן אינם מהויות "פיזיקליות" כפי שהם נתפשים על-ידינו באופן אינטואיטיבי, אלא

³⁵⁴ גרין, היקום האלגנטי

³⁵⁵ רורליך, מפרדוקס למציאות, עמ' 13-18

אובייקטים מתמטיים, אשר התנהגותם נקבעת על-ידי חוקיותו של מבנה זה (כמו היותו של המרחב-זמן בעל אופי לורנציאני דווקא). מאחר ומבנים מתמטיים שונים ומשונים הם מגרש המשחקים של המתמטיקה המודרנית, הרי שלהכרה האנושית קל יותר לקבל "מוזרויות מתמטיות" מאשר "מוזרויות פיזיקליות".

4.3.5 האינסוף הבלתי נתפש

דבר נוסף שלהכרה קשה להתמודד אתו הוא מושג האינסוף הפיזי, אשר רלוונטי לגבי שאלת סופיותם או אי סופיותם של המרחב והזמן (קאנט התייחס לנקודה זו באנטינומיה הראשונה של התבונה הטהורה³⁵⁶): מצד אחד ההנחה שהמרחב הוא סופי אינה מתקבלת על-הדעת, כי המרחב הפיזיקלי נתפש כמשהו שלא ניתן להגבילו, אך לעומת זאת יש משהו מטריד במחשבה על מרחב פיזיקלי שמתפשט לאינסוף. הקוסמולוגיה המודרנית פתרה אנטינומיה זו בהציעה מרחב בעל עקמומיות, שמאפשרת לו להיות סופי בגודלו אך בלתי-מוגבל (ממש כמו שפני כדור-הארץ הנם סופיים בגודלם, אך יצור דו-ממדי יוכל לנוע על פניהם לעד מבלי להגיע לאיזושהי נקודת קצה). אך מה יש מעבר, או מחוץ ליקום סופי זה? הקוסמולוגיה רואה שאלה זו כחסרת משמעות, אך קשה לומר שה"שכל הישר" מרגיש בנוח עם תפישה זו. כיום קיימות גישות נוספות, המציעות על-יקום המורכב ממספר רב ואולי אינסופי של יקומים כמו שלנו³⁵⁷, אלא שזה משנה רק את קנה-המידה של הבעיה, לא את העיקרון שלה.

הבעיה חמורה עוד יותר מבחינת ההכרה כאשר מדובר באנטינומיה של הזמן. להכרה קשה מאוד לקבל זמן אינסופי בכיוון העֶבְרִי, שתיאוריות דוגמת "היקום הפועם" נזקקות לו (תיאוריה לפיה יש ליקום מחזוריות של מפץ גדול, התפשטות, ולבסוף התכווצות לנקודת סינגולרית במחזוריות של כמה עשרות או מאות מיליארדי שנים, והוא עושה זאת מאז ומתמיד). לעומת זאת האפשרות שהמפץ הגדול היה אירוע חד-פעמי (מה שמתאים יותר לנתונים הקוסמולוגיים העדכניים של יקום המחיש את קצב התפשטותו³⁵⁸) הינה מטרידה לא פחות, כי

³⁵⁶ קאנט, ביקורת התבונה הטהורה, עמ' 226-231 (B454-61)

³⁵⁷ קאקו, על-מרחב

³⁵⁸ James and Peebles, Making Sense of Modern Cosmology

למרות טענת הפיזיקאים שאין משמעות לשאלה מה היה קודם לכן, שכן המפץ הגדול הינו גם נקודת ההתחלה של הזמן, הרי שמבחינה פסיכולוגית התשובה הזו אינה מספקת.

גם כאן ההבנה שהממשות הינה מתמטית מקלה על מאמציו של "השכל הישר" להבין אותה. אינסוף מתמטי הינו מושג שדורש אמנם יכולת הפשטה גבוהה, אולם להכרה קל יותר לקבל אינסוף מתמטי מאשר אינסוף פיזיקלי, בין אם מדובר במרחב, בזמן או במספר היקומים הקיימים.

סיכום פרק 4

לתזה האפלטונית-פיתגוראית יש כוח הסברי מעבר ליכולתה לענות על שאלת היסוד של

המטאפיזיקה:

עצם העובדה ש"ספר הטבע כתוב בשפת המתמטיקה" בא לידי ביטוי במחקר הפיזיקלי המודרני, הן בשימוש שנעשה בשיקולים מתמטיים טהורים לחיזוי תופעות והן בגילויים של חוקים פיזיקליים אשר ניתן לתארם רק באמצעות המתמטיקה. אולם הקשר ההדוק והבלתי ניתן להפרדה בין הממשות הפיזיקלית לעולם המתמטי האפלטוני גובל במסתורין, והעלה תהיות בקרב הוגים, פיזיקאים ומתמטיקאים רבים. התזה האפלטונית-פיתגוראית פותרת מסתורין זה בכך שהיא מצמצמת את הפער האונטולוגי בין הפיזיקלי למתמטי: הממשות הפיזיקלית היא בעצמה מבנה מתמטי, וכל תופעות הטבע הן ביטוי לחוקיותו המתמטית של מבנה זה.

תיאוריות פיזיקליות אחדות כמו גם מספר עמדות פילוסופיות עושות שימוש בהשערה בדבר קיומם של אינספור עולמות המתקיימים במקביל לעולמנו, בחלקם דומים לזה שלנו ובחלקם שונים ממנו מהותית. אולם גם אם לתיאוריות אלו יש כוח הסברי (כמו במקרה של בעיית "הכוונון העדין" של קבועי הטבע), הרי שהמחיר האונטולוגי שתיאוריות ועמדות פילוסופיות אלו משלמות הוא עצום, שכן מדובר באינספור עולמות פיזיים, שלא תמיד התיאוריה מספקת את התשובה לגבי מנגנון היווצרותם או את המשמעות של "במקביל לעולמנו". התזה האפלטונית-פיתגוראית גורסת שכשם שעולמנו אינו אלא מבנה מתמטי, כך גם מבנים מתמטיים אחרים מהווים עולמות בפני עצמם, שבחלקם אפשר ומתפתחת הכרה, אשר מפרשת את סביבתה המתמטית כפיזיקלית. "הכוונון העדין" של קבועי הטבע נובע, אם כן, מהעובדה שמתוך אינספור המבנים המתמטיים הקיימים, רק באלו שהם בעלי "כוונון עדין" מתאפשרת התפתחות של הכרה תבונית.

לתזה האפלטונית-פיתגוראית יש גם יתרון פסיכולוגי בקבלת מוזרויות הטבע כפי שהן באות לידי ביטוי בפיזיקה המודרנית, מוזרויות שמציגות את המרחב, הזמן ותופעות הטבע באופן הנוגד את האינטואיציות של "השכל הישר". ההבנה שמדובר במוזרויות מתמטיות ולא פיזיקליות מקל עלינו פסיכולוגית בבואנו לקבלן, שכן להכרה שלנו קל יותר לקבל את קיומם של מבנים מתמטיים בעלי תכונות יוצאות דופן (כמו קשרים א-לוקליים, אי-דטרמיניזם או ממדים

אינסופיים) מאשר את קיומה של ממשות פיזיקלית כה מוזרה כפי שהפיזיקה המודרנית חושפת

בפינו.

סיכום

חיבור זה דן בשאלה הכה מתסכלת: "מדוע בכלל יש משהו?", שאלה שנכון להיום לא נמצאה לה אף מסגרת תיאורטית שעשויה לענות עליה. חוסר האונים לנוכח השאלה הביא הוגים אחדים, כמו גם פיזיקאים בעלי שם, לטעון שהשאלה כלל אינה לגיטימית, או שמסיבות עקרוניות לא ניתן לענות עליה. אולם עמדות אלו ספגו ביקורת רבה, וגם במסגרת חיבור זה ניסינו להפריך אותן. נעשו גם מספר ניסיונות להשיב על השאלה, בין אם בטיעונים מבוססי הכרח, או על רקע ממצאי הפיזיקה המודרנית (תורת הקוואנטים או קוסמולוגיה), או על בסיס סטטיסטי (העמדה השיוויונאית) ואפילו בגישה טלאולוגית אקסיוולוגית, אולם הראנו (בפרק 1) שעמדות אלו לוקות, ואינן מקרבות אותנו לתשובה אפשרית סבירה.

בחיבור זה הצגנו תזה מטאפיזית נטורליסטית, שקראנו לה **התזה האפלטונית-פיתגוראית**, ואשר במסגרתה הצענו תשובה מתקבלת על הדעת (אף כי אנטי אינטואיטיבית במהותה) לשאלת היסוד. התזה מסתמכת על שתי הנחות אשר אינן זרות לפילוסופיה העכשווית:

- פיזיקליזם - ההכרה על מכלול החוויות המנטליות מושתתת על אלמנטים פיזיקליים
- סטרוקטורליזם - עמדה ריאליסטית לגבי מבנים מתמטיים (הוצגה בפרק 2)

ואלו הם עקרי התזה:

1. הממשות אינה אלא מבנה מתמטי (זוהי רדוקציה של הפיזיקלי למתמטי).
2. ה"פיזיקליות" שאנו מייחסים לממשות המתמטית נובעת מאופן פעולתה של ההכרה.
3. מאחר שהיקום הינו מבנה מתמטי, הוא אינו נזקק לסיבה טרנסצנדנטית כדי להתקיים.
4. ניתן לראות מבנים מתמטיים שמתאפשרת בהם הופעתה של הכרה כ"פיזיקליים".

פרק 3 של החיבור הוקדש להצגת התזה, ולניסיון לענות על הקשיים העולים ממנה:

- הממשות הקונקרטית נתפשת כשונה מהותית ממבנים אפלטוניים מופשטים – הפער בין הפיזיקלי למתמטי איננו פער אונטולוגי, אלא אפיסטמולוגי, שנובע מהעובדה שאנו תופשים את העולם ואת המתמטיקה באמצעות מנגנונים הכרתיים שונים.
- כיצד יכולה הכרה (כולל תופעת התודעה) להתפתח במבנה אפלטוני מופשט? - התזה האפלטונית-פיתגוראית אינה יוצרת את הפער ההסברי שכבר קיים בין הפיזיקלי למנטלי. במסגרת התזה האפלטונית-פיתגוראית כל תיאוריה פיזיקליסטית של הנפש תסגור גם את הפער בין המתמטי למנטלי.
- האם מבנה מתמטי מסוגל להסביר את העושר הרב של התופעות שקיימות בעולמנו? - נראה שכן: חוקיות פשוטה של מבנים מתמטיים עשויה לאפשר את קיומן האמרגנטי של רמות מורכבות גבוהות יותר (כמו בחבורת מנדלברוט או במשחק החיים).
- כיצד יכול מבנה מתמטי להסביר את הדינמיות של הממשות, אשר מאופיינת בהשתנות תמידית? – העמדה המטאפיזית של זמן סטטי מתאימה למבנה מתמטי סטטי בעוד שתפישת הזמן כדינמי מתאימה למבנה מתמטי דינמי.
- אם הממשות היא מבנה מתמטי, מדוע דווקא מבנה זה? – מתוך אינספור המבנים המתמטיים שקיימים, זהו המבנה המתמטי שאנו מתקיימים בו.

בנוסף לכך הוצג בפרק זה טיעון האיזומורפיזם, התומך בתמונה המטאפיזית שהתזה מציעה: הנחת העבודה של הפיזיקה המודרנית היא שלממשות הפיזיקלית יש מבנה מתמטי איזומורפי, ש"התיאוריה של הכל" אמורה להיות תיאורו המתמטי. אולם על-פי הגדרת האיזומורפיזם לכל עובדה בעולם הממשי יש אמת מקבילה במבנה האיזומורפי לה, ועל-כן הכרה תבונית אינה יכולה לדעת על סמך התנסויותיה אם היא מתקיימת בעולם הפיזיקלי או במבנה המתמטי האיזומורפי לו, ואפשרי על-כן שאנו מתקיימים למעשה במבנה מתמטי זה, אף שאנו חווים אותו כממשות פיזיקלית. אולם קיומו של מבנה מתמטי זה נובע מהעמדה הסטרוקטורליסטית, ואין הצדקה להניח שבנוסף למבנה המתמטי, שבו התפתחה הכרה החווה אותו כפיזיקלי, קיימת גם ממשות פיזיקלית "ממש", שכן קיומה של ממשות כזו נראה פרדוקסלי (על בסיס הטרילמה של נוזיק).

עצם העובדה שבמסגרת התזה האפלטונית-פיתגוראית ניתן לענות על שאלת היסוד של המטאפיזיקה דיו כדי להצדיק אותה, אולם לתזה זו כוח הסברי נוסף (פרק 4): היא מספקת הסבר לתופעה הבלתי-מובנת של היות היקום נתון למרות מתמטית, והיא מציעה אונטולוגיה חסכונית לתיאוריות של ריבוי יקומים (כמו זו המסבירה את עובדת "הכוונון העדין" של קבועי הטבע: מתוך אינספור המבנים המתמטיים הקיימים, רק באלו בעלי הקבועים ה"פיזיקליים" המתאימים מתאפשרת התפתחות של הכרה תבונית). בנוסף לכך יש לתזה זו יתרון פסיכולוגי בקבלת מוזרויות הטבע כפי שהן באות לידי ביטוי בפיזיקה המודרנית, שכן להכרה שלנו קל יותר לקבל את קיומן של מוזרויות מתמטיות מאשר את קיומן של מוזרויות פיזיקליות. ונסיים חיבור זה במשפט, אשר מציע פרספקטיבה ייחודית לתזה האפלטונית-פיתגוראית:

עולמנו הוא מבנה מתמטי אשר התפתחה בו מודעות להיותו כזה

רשימת מקורות

- אקרמן, דיאן. מסע אל החושים. דורית לנדס (מתרגמת). תל-אביב: הוצאת מטר (1997).
- אריסטו. המטפיסיקה. ספר א'. חיים יהודה רות (מתרגם). ירושלים: הוצאת מאגנס (1998).
- בכלר, זאב. שלוש מהפכות קופרניקניות. תל-אביב: אוניברסיטת חיפה וזמורה-ביתן (1999).
- בראון, אברהם צבי. סוגיית היש. ירושלים: הוצאת מאגנס (1984).
- ברגמן, שמואל הוגו. תולדות הפילוסופיה החדשה. ירושלים: מוסד ביאליק (2002).
- גליק, גיימס. כאוס. עמנואל לוטס (מתרגם). תל-אביב: ספרית מעריב (1991).
- גרין, בריאן. היקום האלגנטי. עמוס כרמל (מתרגם). תל-אביב: מטר (2000).
- הרפז, עמוס. מושגים בתורת היחסות. תל-אביב: הקיבוץ המאוחד (1988).
- ויינברג, סטיבן. חזון התיאוריה הסופית. עמי שמיר (מתרגם). תל-אביב: עם עובד (1996).
- ויטגנשטיין, לודוויג. מאמר לוגי פילוסופי. עדי צמח (מתרגם). תל-אביב: הקיבוץ המאוחד (1998).
- זיו, יוסי. "שיחה עם ישעיהו ליבוביץ". צבי ינאי (עורך) מחשבות 65 (יולי 1993) 22-6.
- לייבניץ, גוטפריד וילהלם. השיטה החדשה וכתבים אחרים על תורת המונדות. יוסף אור (מתרגם). ירושלים: הוצאת מאגנס (1997 [1720]).
- מאור, אורי, יורם קירש, אורה ברקת ויוסף זלצמן. מכניקה. רמת-אביב: האוניברסיטה הפתוחה (1980).
- פיינמן, ריצ'רד פיליפס. אור וחומר. תל-אביב: הקיבוץ המאוחד (1990).
- קאנט, עמנואל. ביקורת התבונה הטהורה. שמואל הוגו ברגמן ונתן רוטנשטרייך (מתרגמים). ירושלים: מוסד ביאליק (2000 [1787]).
- קאקו, מיציו. על-מרחב. עמנואל לוטס (מתרגם). אור יהודה: ספרית מעריב (1998).
- קירש, יורם, יוסף ורבין ויונתן שפיר. פרקים בפיסיקה מודרנית. רמת-אביב: האוניברסיטה הפתוחה (1980).
- רורליך, פריץ. מפרדוקס למציאות – הרעיונות המרכזיים של הפיסיקה החדשה. יכין אונא (מתרגם). ירושלים: מאגנס (1995).
- שושני, יקיר. מחשבות על המציאות. פרק יב'. ההוצאה לאור משרד הביטחון (1999).
- שפינוזה, ברוך. אתיקה. ירמיהו יובל (מתרגם). תל-אביב: הקיבוץ המאוחד (2003 [1677]).
- שקולניקוב, שמואל. הפילוסופים הקדם-סוקראטיים. תל-אביב: הוצאת יחדיו (1981).

- Aczel, Amir D. *Entanglement – The Greatest Mystery in Physics*. New York: Four Walls Eight Windows (2002).
- Anselm, "Proslogion II", in *St. Anselm's Proslogion*, M. Charlesworth (ed.) Oxford: Oxford University Press (1965).
- Armstrong, David. *A Combinatorial Theory of Possibility*. Cambridge: Cambridge University Press (1989)
- Ayer, A.J., *Language, Truth and Logic*. Penguin Books (1972)
- Baldwin, Thomas. "There Might Be Nothing". *Analysis* Vol. 56, No. 4 (1996).
- Barrett, William. *Death of the Soul*. Anchor Books (1986).
- Barrow, John D. *Between Inner Space and Outer Space*. Oxford: Oxford University Press (1999).
- Barrow, John D. *Pi in The Sky*. Toronto: Little, Brown & company (1994).
- Benacerraf, Paul. "What Numbers Could Not Be". Paul Benacerraf & Hilary Putnam (eds.) *Philosophy of Mathematics* 272-294. Cambridge: Cambridge University Press (1998).
- Bernays, Paul. "Hilbert, David". Paul Edwards (ed.) *The Encyclopedia of Philosophy*, Vol. 3. pp. 496-504. New York: Macmillan (1967).
- Brown, James Robert. "Mathematics' Role in Science". W.H. Newton-Smith (ed.) *A Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell Publishers (2001).
- Bunge, Mario. *Causality*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press (1959).
- Calinger, Ronald (ed.) *Classics of Mathematics*. Oak Park: Moore Publishing Company (1982).

- Carnap, Rudolf. "Empiricism, Semantics, and Ontology". Paul Benacerraf & Hilary Putnam (eds.) *Philosophy of Mathematics* 241-257. Cambridge: Cambridge University Press (1998).
- Carter, Brandon. "Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology". Leslie John (ed.) *Modern Cosmology & Philosophy*. Amherst, New York: Prometheus Books (1998).
- Chihara, Charles S. *A Structural Account of Mathematics*. Oxford: Oxford University Press (2007).
- Churchland, P. S. *Neurophilosophy*. Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press (1986).
- Comte, Auguste. *Cours de Philosophie Positive*. Paris: Baillière (1864).
- Craig, William Lane. *The Kalām Cosmological Argument*. London: the acmillan Press (1979).
- Craig, William Lane and Quentin Smith. *Theism, Atheism, and Big Bang Cosmology*. New York: Oxford University Press (1993).
- Crane, Tim. *Elements of Mind*. Oxford: Oxford University Press (2001).
- Crick, Francis and Christof Koch. "The Problem of Consciousness". *Scientific American's special issue: Mysteries Of The Mind* (1997).
- Dainton, Barry. *Time and Space*. Montreal & Kingston: McGill-Queen's University Press (2001).
- Davies, Paul. *Are We Alone?*. New York: Basic (1995).
- Davies, Paul. *Superforce*. New York: Simon and Schuster (1984).
- Davies, Paul. *The Accidental Universe*. Cambridge, Cambridge University Press (1982).

- Davies, Paul. "What Caused the Big Bang?". Leslie John (ed.) Modern Cosmology & Philosophy. Amherst, New York: Prometheus Books (1998).
- Davis, J. Philip and Reuben Hersh. The Mathematical Experience. New York, Mariner books (1998).
- Detlefsen, Michael. "Philosophy of mathematics in the twentieth century". Stuart Shanker (ed.) Philosophy of Science, Logic and mathematics in the twentieth century. London and New York: Routledge (2003).
- Deutsch, David. The Fabric of Reality. London: Penguin Books (1997).
- Dummett, Michael. Frege: Philosophy of Mathematics. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press (1991).
- Dummett, Michael. "What is Mathematics About?". Alexander George (ed.) Mathematics and Mind 11-26. Oxford: Oxford University Press (1994).
- Dupré, John. "Reductionism". W.H. Newton-Smith (ed.) A Companion to the Philosophy of Science. Oxford: Blackwell Publishers (2001).
- Dyson, F.J. "Mathematics in the Physical Sciences". The Mathematical Sciences. 97-115. Cambridge, Massachusetts: MIT Press (1969).
- Edwards, Paul. "Why". Paul Edwards (ed.) The Encyclopedia of Philosophy, Vol. 8. New York: Macmillan (1967).
- Feynman, Richard Phillips. The Character of Physical Law. London: Penguin group (1992).
- Field, Hartry. Science Without Numbers. Princeton: Princeton University Press (1980).
- Fisher, Jennifer. On The Philosophy of Logic. Belmont, California: Thomson Wadsworth (2008).

- Fleming, Noel. "Why Is There Something Rather than Nothing?". *Analysis* 48: 32-35.
- Frege, Gottlob. *On the Foundations of Geometry*. New Haven: Yale University Press (1971 [1903]).
- Gale, George. "Cosmological Fecundity: Theories of Multiple Universes". Leslie John (ed.) *Modern Cosmology & Philosophy*. Amherst, New York: Prometheus Books (1998).
- Galileo, Galilei. [Discoveries] *Discoveries and Opinions of Galileo*. Stillman Drake (trans.) New York: Doubleday & Company (1957).
- Gardner, Martin. "Mathematical Games". *Scientific American* (October 1970) 120-123.
- Gaunilo, "On Behalf of the Fool", in *St. Anselm's Proslogion*, M. Charlesworth (ed.) Oxford: Oxford University Press (1965).
- Gödel, Kurt. "Russell's Mathematical Logic". Paul Benacerraf & Hilary Putnam (eds.) *Philosophy of Mathematics* 447-469. Cambridge: Cambridge University Press (1998).
- Grassmann, H. *Gessammelte Matematische und Physicalische Werke 1*. F. Engels (ed.) New York: Johnson Reprint Corporation (1972 [1884]).
- Gray, Jeremy. *Worlds Out of Nothing: A Course in the History of Geometry in the 19th century*. London: Springer-Verlag (2007).
- Gribbin, John. *In Search of Schrödinger's Cat*. New York: Bantam Books (1988).
- Gribbin, John. *In the Beginning: The Birth of the Living Universe*. London: Penguin Books (1993).

- Grünbaum, Adolf. "Creation as a Pseudo-Explanation in Current Physical Cosmology". *Erkenntnis* 35 (1991).
- Grünbaum, Adolf. "The Pseudo-Problem of Creation in Physical Cosmology". Leslie John (ed.) *Modern Cosmology & Philosophy*. Amherst, New York: Prometheus Books (1998).
- Hanfling, O. (ed.) *Essential Readings in Logical Positivism*. Oxford: Blackwell (1981).
- Hardy, Gotfrey Harold. *A Mathematician's Apology*. Cambridge: Cambridge University Press (1992).
- Hare, R.M. *The Language of Morals*. Oxford: Clarendon Press (1952).
- Harré, R. *The Principles of Scientific Thinking*. Macmillan (1970).
- Hawking, Stephen W. *A Brief History of Time*. London & New York: Bantam (1988).
- Hawking, Stephen W. "Black holes and thermodynamics", *Physical Review*, D, vol 13 (1976).
- Heidegger, Martin. *An introduction to Metaphysics*. Ralph Manheim (trans.) Yale university press (1959).
- Hellman, Geoffrey. *Mathematics Without Numbers*. Oxford: Clarendon Press (1989).
- Hempel, C.G. & P. Oppenheim. "Studies in The Logic of Explanation". *Philosophy of Science* 15:135-175 (1965).
- Hilbert, David. *Foundations of Geometry*. Open Court (1971 [1899]).
- Hooker, C. A. "The Unity of Science". W.H. Newton-Smith (ed.) *A Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell Publishers (2001).
- Holt, Jim. "Nothing Ventured", *Harper's*, Nov. 1994.

- Horgan, John. *The End of Science*. London: Abacus (1998).
- Howsomn, Colin. *Logic with Trees*. London and New York: Routledge (1997).
- Hume, David. *Dialogues Concerning Natural Religion*. Norman Kemp Smith (ed.) London: Nelson (1947 [1779]).
- Hut, Piet, Mark Alford and Max Tegmark. "On Math, Matter and Mind". *Foundations of Physics*. Volume 36, Number 6 (June, 2006).
- Hutten, Ernest. "Methodological Remarks Concerning Cosmology". *Monist*, Vol. 47 (1962).
- Huxley, Julian. *Essays of a Humanist*. London: Chatto and Windus (1964).
- James, P. and E. Peebles. "Making Sense of Modern Cosmology". *Scientific American* (January 2001).
- James, William. *Some Problems of Philosophy*. New York: Longmans, Green, and Co. (1911).
- Koestenbaum, Peter. "The Sense of Subjectivity", *Review of Existential Psychology and Psychiatry*, Vol 2 (1962).
- Landau, Edmund. *Foundations of Analysis*. Chelsea (2001)
- Leslie, John. "Efforts to Explain All Existence", *Mind* 87 (1978).
- Leslie, John. "The Anthropic Principle Today". Leslie John (ed.) *Modern Cosmology & Philosophy*. Amherst, New York: Prometheus Books (1998).
- Leslie, John. "The Theory that the World Exists because it Should". *American Philosophical Quarterly*, Vol. 7 (1970).
- Leslie, John. "Value and Existence". *American Philosophical Quarterly Monographs*, Basil Blackwell (1979).
- Lewis, David. *Counterfactuals*. Oxford: Basil Blackwell (1973).

- Lewis, David. *On The Plurality of Worlds*. Oxford: Blackwell Publishers (2002).
- Lovell, A.C. Bernard. *The Individual and the Universe*. New York: New American Library (1961).
- Mackie, J. L. *The Miracle of Theism*, Oxford: Clarendon Press (1982).
- Maddy, Penelope. "Mathematical Realism". *Midwest Studies in Philosophy* 12: 275-285 (1988).
- Maddy, Penelope. *Realism in Mathematics*. Oxford: Oxford University Press (1992).
- Mann, W. "The Ontological Presuppositions of the Ontological Argument", *Review of Metaphysics*, 26 (1972).
- Mauldin, T. "On the Unification of Physics". *Journal of Philosophy* 71 (1996).
- Moore, G.E. *Principia Ethica*. Cambridge: Cambridge University Press (1903).
- Mortensen, Chris. "Explaining Existence" *The Canadian Journal of Philosophy*, Vol. 16, No. 4 (1986)
- Mueller, Ian. *Philosophy of Mathematics and Deductive Structure in Euclid's Elements*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press (1981).
- Nagel, Ernest. *The Structure of Science*. Indianapolis: Hackett Publishing Company (1979).
- Newton-Smith, W.H. "Explanation". W.H. Newton-Smith (ed.) *A Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell Publishers (2001).
- Nozick, Robert. *Philosophical Explanations*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press (2003).

- Oppenheim, P. and Hilary Putnam. "The Unity of Science as a Working Hypothesis". H. Fiegl, M. Scriven, and G. Maxwell (eds.) Minnesota Studies in the Philosophy of Science vol 2. Minneapolis: University of Minnesota Press(1958).
- O'Shaughnessy, Brian. Consciousness and the World. New York: Oxford University Press (2002).
- Padoa, Alessandro. "Logical Introduction to Any Deductive Theory". J. Van Heijenoort (ed.) From Frege to Gödel: A Source Book in Mathematical Logic, 1879-1931, pp. 118-123. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press (1967).
- Paley, William. Natural Theology. Indianapolis: Bobbs-Merrill (1963 [1802]).
- Parfit, Derek. "The Puzzle of Reality: Why Does the Universe Exist?". Peter Van Inwagen and Dean W. Zimmerman (eds.) Metaphysics: The Big Questions. Oxford: Blackwell (1988).
- Parfit, Derek. "Why anything? Why this?". London Review of Books, 20 (2), 22 January (1988).
- Parsons, Charles. "The Structuralist view of Mathematical Objects". W.D. Hart (ed.) The Philosophy of Mathematics, pp. 272-309. Oxford: Oxford University Press (1996).
- Pickover, Clifford A. A Passion for Mathematics. Hoboken, New Jersey: John Wiley & sons (2005).
- Poincaré, Henri. Science and Hypothesis. New York: Dover (1952).
- Ponnamperuma, Cyril. "The Origin, Evolution and Distribution of Life in the Universe". Matthews C.N. et al. (eds.) Cosmic Beginnings. Chicago: Open Court (1995).

- Putnam, Hilary. "Minds and Machines". S. Hook (ed.) *Dimensions of Mind* 148-179. New York: New York University Press (1960).
- Quine, Willard Van Orman. "Ontological Reduction and the World of Numbers". *Journal of Philosophy*. 61 (1964).
- Ray, Christopher. "Logical Positivism". W.H. Newton-Smith (ed.) *A Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell Publishers (2001).
- Reichenbach, Hans. *The Philosophy of Space & Time*. New York: Dover Publications (1958).
- Rescher, Nicholas. *The Riddle of Existence: an Essay in Idealistic Metaphysics*. Lanham: University Press of America (1984).
- Resnik, Michael. "Mathematics as a Science of Patterns: Ontology and Reference". *Nous*, 15: 529-550 (1981).
- Resnik, Michael. *Mathematics as a Science of Patterns*. Oxford: Oxford University Press (1997).
- Reynolds, C. W. "Flocks, Herds and Schools: a distributed behavioral model". *Computer Graphics* 21 (1987).
- Rowe, William. *The Cosmological Argument*. Princeton: Princeton University Press (1975).
- Russell, Bertrand. *Introduction to Mathematical Philosophy*. London: Allen & Allwin (1919).
- Russell, Bertrand and Frederick Copleston. "Debate on the Existence of God" in John Hick (ed.) *The Existence of God*, New York: Macmillan (1964).
- Sartori, Leo. *Understanding Relativity*. Los Angeles: University of California Press (1996).

- Scheler, Max. *On the Eternal in Man*. Archon Books (1972).
- Schlesinger, George N. "The Enigma of Existence", *Ratio* 11: 66-77, 1 April (1998).
- Schopenhauer, Arthur. *The World as Will and Idea*. R.B. Haldane & J. Kemp (trans.) London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co. (1909).
- Schopenhauer, Arthur. *The World as Will and Representation*. E.F.J. Payne (trans.) New York: Dover Publications (1966).
- Seager, William. "Supervenience and Determination". W.H. Newton-Smith (ed.) *A Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell Publishers (2001).
- Shapiro, Stewart. *Philosophy of Mathematics: Structure and Ontology*. Oxford: Oxford University Press (1997).
- Shoshani, Y. "Apriorics and the Proliferation of Elementary Particles in Parallel Subuniverses". *Physics Essays*, Vol 11, No. 4 (1998)
- Shoshani, Y. "Introduction to Formal Ontology". *Proc. of International Wittgenstein Symposium* (1989)
- Shoshani, Y. "The Philosophical Origin of Quarks". *Physics Essays*, Vol 4, No. 4 (1991)
- Smart, J.J.C. "Laws of Nature as a Species of Regularities". Bacon, J. et al. (eds.) *Ontology, Causality and Mind*. Cambridge: Cambridge University Press (1993).
- Smith, Quentin. "A Natural Explanation of the Existence and Laws of Our Universe", *Australasian Journal of Philosophy*. Vol. 68, No. 1 (1990)
- Smith, Quentin. *The Felt Meanings of the World: A Metaphysics of Feeling*. West Lafayette: Purdue University Press (1986).

- Smolin, Lee. *Three Roads to Quantum Gravity*. Basic Books (2001)
- Steiner, Mark. *The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem*.
Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press (1998).
- Stroud, Barry. "Quine's Physicalism". R. Barret and R. Gibson (eds.)
Perspectives on Quine. Oxford: Blackwell (1990).
- Swinburne, Richard. "Response to Derek Parfit". Peter Van Inwagen and
Dean W. Zimmerman (eds.) *Metaphysics: The Big Questions*. Oxford:
Blackwell (1988).
- Swinburne, Richard. *The Existence of God*. Oxford: Clarendon Press (1979).
- Taylor, A. *Does God Exist?*. London: Macmillan (1945).
- Tegmark, Max, "Parallel Universes", *Scientific American* (May 2003).
- Teller, Paul. "A contemporary Look at Emergence". Beckermann, Ansgar,
Hans Flohr & Jaegwon Kim (eds.) *Emergence or Reduction?*. Berlin:
Walter de Gruyter (1992).
- Trimble, Virginia. "Cosmology: Man's place in the Universe", *American
Scientist*, vol. 65 (1977), pp 76-86.
- Tyron, Edward P. "Is the Universe a Vacuum Fluctuation?". Leslie, John (ed.)
Modern Cosmology & Philosophy. Amherst, New York: Prometheus
Books (1998).
- Van Inwagen, Peter. *Ontology, Identity and Modality*. Cambridge: Cambridge
University Press (2001).
- Weinberg, Steven. "Lecture on the Applicability of Mathematics". *Notices of
The American Mathematical Society* 33.5 (1986).

- Wigner, Eugene. "The Unreasonable effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences". *Symmetries and Reflections* 222-237. Bloomington: Indiana University Press (1967).
- Witherall, Arthur. "The Fundamental Question". *Journal of Philosophical Research*. 26: 53-87.
- Witherall, Arthur. *The Problem of Existence*. Aldershot: Ashgate (2002).
- Witten, Edward. "Reflections on the Fate of Spacetime". *Physics Today*, April 1996.
- Wittgenstein, Ludwig. "A Lecture on Ethics". Rhees, Rush (ed.) *Philosophical Review*, Vol. 74 (1965).
- Woodfield, Andrew. "Teleological Explanations". W.H. Newton-Smith (ed.) *A Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell Publishers (2001).
- Yandell, Keith E. *Philosophy of Religion – a contemporary introduction*. London: Routledge (2002)

Abstract

This thesis is offering a solution to two fundamental questions, which to the present day have not been answered satisfactorily:

1. Why is there anything at all? This awe-inspiring question first posed by Leibniz was dubbed by William James as "the darkest question in all philosophy". The search for a primary cause for the existence of the universe is a vicious circle, which has rendered thinkers helpless and frustrated.
2. Why is nature subject to mathematical laws? This yet unexplained phenomenon, first pointed at by Galileo and now a paradigm of scientific research, is "something bordering on the mysterious", as Nobel laureate Eugene Wigner described it.

The solution hereby offered to those two conundrums is based on the counter-intuitive conjecture that reality is nothing but a pure mathematical structure:

1. As a mathematical structure the universe does not require a transcendental cause. Under a modern realistic view in philosophy of mathematics mathematical structures exist simpliciter (Platonically).
2. Nature exhibits mathematical behavior because the universe itself is a mathematical entity.

I devote chapter 1 to surveying the main attempts made by both philosophers and physicists to approach the fundamental question of metaphysics: "Why is there anything at all?" Some (such as Ayre, Wittgenstein, Edwards, Koestenbaum, Grünbaum, and Weinberg) have regarded the question meaningless, while others (such as Russell, Smith, Parfit, Smart, Fleming, Lovell, Davies, and Ponnampereuma) have claimed that it is unanswerable. I defuse their arguments and also reject some of the solutions offered to the problem: different types of necessitarianism (theological, metaphysical, nomological, analytical, and logical), naturalistic theses, egalitarianism, and also a variety of teleological stances.

In chapter 2 I introduce the concept of a mathematical structure and the structuralist stance, which is realism concerning mathematical structures: mathematical structures exist (platonically) independently of both human activity and the existence of a physical universe. Here I also explore the concept of *isomorphism*, to be used in the following chapter in *the argument from isomorphism*.

In chapter 3, which is the core of the essay, I present the Platonic-Pythagorean thesis, conjecturing that our universe is itself a mathematical structure. This should immediately solve "the riddle of existence", for a mathematical structure does not require a transcendental cause to exist. However, the suggested metaphysical picture is extremely counter-intuitive because reality is perceived as a concrete physical entity, while mathematical structures are Platonic creatures, having no physical essence. I therefore defend the thesis by answering the following questions:

1. Can the Platonic-Pythagorean thesis bridge the ontological gap between physical reality and mathematics?
2. Can conscious beings such as ourselves emerge in a mathematical structure at all?

3. Can a mathematical structure exhibit such a complexity as we observe in nature?
4. Can time be represented in a mathematical structure, which we conceive as a static entity?
5. If our reality is truly a mathematical structure, why this one out of the countless structures there are?

To support the thesis I also advance *the argument from isomorphism*, claiming that a mathematical reality makes sense in the light of the following two assumptions:

1. *Ontological physicalism* – all nature's phenomena constitute one coherent physical system consisting of physical elements (such as space, time and the constituents of matter and energy) and of some elementary physical laws.
2. *Mathematical structuralism* – consistent mathematical structures exist (Platonically) whether they have been conceived by some intelligence or not. We only discover them and make up the formalism to describe and explore them.

In light of modern physics there seems to be an isomorphism between the physical system which constitutes reality and some abstract mathematical structure, where the only difference between the two is that the latter is devoid of any physical content: its space, time etc. are pure mathematical elements (This mathematical structure is the goal of the ongoing search for a *theory of everything*). We assume that our universe is real due to its being physical (as opposed, say, to its isomorphic mathematical structure or to some simulated virtual reality). However, all facts obtaining in the physical world must also obtain in its isomorphic mathematical structure (this is directly entailed from the definition of *isomorphism*). Based on our first assumption

this should also include all facts relating to conscious experience, including the fact that we perceive the world as concrete. It is therefore conceivable that the actuality we are experiencing is, in fact, that abstract mathematical structure, rendering the isomorphic "physical" reality redundant.

In Chapter 4 I claim that beside solving "the riddle of existence" this metaphysical thesis also explains the unreasonable effectiveness of mathematics in describing nature: the universe exhibits mathematical behavior because it is itself a mathematical entity. The Platonic-Pythagorean thesis also provides an explanatory basis for *the fine-tuning of the universe*, as out of possibly an infinite number of mathematical structures, consciousness can only emerge in those with some very specific attributes. In fact, the thesis provides a cost effective ontology for all physical theories based on a plurality of worlds (such as Everett's *relative state interpretation* of quantum theory and Lewis's *Modal Realism*).

Key Words:

Anthropic principle, Complexity, Consciousness, Cosmology, Everett, Fine tuning, First cause, Fundamental question of metaphysics, Galileo, Heidegger, Isomorphism, Leibniz, Mathematical structure, Metaphysics, Modal Realism, Multiverse, Ontology, Physicalism, Plato, Platonism, Possible worlds, Pythagoras, Quine, Reduction, Shapiro, Structuralism, Unity of science, Universe, Wigner

This work was carried out under the supervision of

Dr. Dalia Draï

In the Department of Philosophy

Faculty of Humanities and Social Sciences

On Reality as a Mathematical Structure

**Thesis submitted in partial fulfillment
of the requirements for the degree of
“DOCTOR OF PHILOSOPHY”**

by

Marius Cohen

**Submitted to the Senate of Ben-Gurion University
of the Negev**

Approved by the advisor

Approved by the Dean of the Kreitman School of Advanced Graduate Studies

February 2008

Beer-Sheva

On Reality as a Mathematical Structure

**Thesis submitted in partial fulfillment
of the requirements for the degree of
"DOCTOR OF PHILOSOPHY"**

by

Marius Cohen

**Submitted to the Senate of Ben-Gurion University
of the Negev**

February 2008

Beer-Sheva