

מבחינה אווירודינמית, הדבור לא אמור להיות מסוגל לעוף, אבל הוא לא יודע את זה ולכן הוא עף בכל מקרה  
מראי קיי אש

7

## מגמות טכנולוגיות של המאה ה-21

הגישה הגיאוגרפית, כמו שנאמר לעיל, מניחה ששני פנים בחיי מדינות מעצבים את העתיד הגיאופוליטי של האזור שבו הן ממוקמות: הראשון הוא ההיבט הדמוגרפי של המשפחות המרכיבות את המדינה, והשני הוא המעמד הכלכלי של המשפחות במדינה, הנגזר בדרך כלל מהרמה הטכנולוגית של חיי הקהילות שהן יוצרות.

לאחר שעסקתי במגמות הדמוגרפיות של העולם ושל האזור שמדינת ישראל שוכנת בו, נפנה מבט אל הפן השני המעצב חיי אומות, הפן הטכנולוגי שממנו בוודאי תיגזר הכלכלה העתידית. וכדי לזהות את אופי הכלכלה העתידית חייבים לערוך בחינה מעמיקה לאופייה של הטכנולוגיה אשר תלווה את המין האנושי במאה ה-21.

בחינה זו אמנם קשה מאוד לזיהוי ולאומות בשנת 2010, שלב כה מוקדם של המאה ה-21, אך בלעדית לא נוכל להבין את הכוחות המרכזיים שיפעלו בעיצוב ההיסטוריה האנושית בחמישים השנים הראשונות למאה זו. לכן אנחנו חייבים לעשות מאמץ בכיוון זה גם אם ברור שהתוצר לא יהיה בהכרח מדויק. לשם כך דרושה לנו תיאוריית-על שתוכל להצביע על כיוון התפתחותן של הטכנולוגיות העיקריות, לפחות במחצית הראשונה של המאה. אחת השיטות לזהות דברים מעין אלה בחקר העתיד מכונה Universal Force Theory. היא נחשבת לאחת המתודולוגיות בקטגוריה שלמה שמטרתה לזהות מגמות שטרם הופיעו.

חוקרי עתידים מכנים קטגוריה זו של מתודולוגיות – שיטות לבחינת "מגמות שטרם נולדו", או בלשון ציורית יותר – שיטות לחיזוי "מגמות בעיבור". זו מניחה שהזרעים של המגמות כבר קיימים אלא שהם טרם נבטו. עתידנים מנסים לזהות בעזרת שיטות המחקר ששייכות לקטגוריה זו מגמות שבעת ניסוחן נראות לא-הגיוניות או לא-סבירות בעליל, אך לאורך זמן הן מתבררות בדרך כלל כנכונות.

אני מציע, אם כן, להשתמש במתודולוגיה זו, שמטרתה לזהות מגמות הנמצאות בעיבור, ובעזרתה אנסה להעריך מגמות-על של הטכנולוגיות שיאפיינו את המחצית הראשונה של המאה ה-21.

### הכוח המניע הטכנולוגי

בלשון פשוטה, Universal Force Theory היא שיטת מחקר המניחה שאין לנסות לזהות מגמות טכנולוגיות שטרם נולדו באמצעות מעקב אחר פיתוחים המתרחשים בהווה, שכן פיתוחים המתרחשים בהווה הם בבחינת מגמות שכבר נולדו גרידא. על פי שיטה זו, יש לזהות את הכוח אשר מניע את אותם הפיתוחים, את הדינמיקה המונחת בבסיס הכוח המניע אותם או את ההנחות הנסתרות המעצבות את הטכנולוגיות שהיום כבר גלויות לכול.<sup>50</sup> אלבין

אין לנסות לזהות מגמות שטרם נולדו באמצעות מעקב אחר שינויים המתרחשים בהווה

טופלר, בספרו הידוע הגל השלישי,<sup>51</sup> שיצא לאור ב-1980, פיתח תיאוריית גלים חברתית ותרבותית אשר בעזרתה ניסה לזהות את המהפכות הכלכליות של שנות האלפיים. לפי התיאוריה של טופלר, עד כה עברה האנושות שלושה גלים של מהפכות אשר הביאו בכנפיהן שינויים מרחיקי לכת, החל במבנה המשפחה וכלה בשיטות לחימה. הגל הראשון היה כאשר עברה האנושות מכלכלה של רועים ומלקטים לכלכלה המבוססת בעיקר על חקלאות. הגל השני היה כשעברה מכלכלה שעיקרה חקלאות לכלכלה שעיקרה קווי ייצור תעשייתיים. והגל השלישי במעברה מכלכלה של תעשייה כבדה לכלכלה המבוססת על מידע, קרי כלכלה של סמלים. בהגל השלישי חזה טופלר שהמידע יניע את העושר לכיוונים חדשים וישנה מושגי יסוד בכלכלה, בתקשורת בין-אישית ובמבנה המשפחה.

כאן, לעומת זאת, אני מבקש להציע תיאוריה אחרת אשר בעזרתה נוכל להיטיב להבין את הכוחות שפועלים עלינו לפתח טכנולוגיות מסוג חדש. יש בתיאוריה זו

כדי להסביר כיצד אנחנו נרחיב את הבנתנו את המרחב. בעיקר יש בה כדי להאיר לנו כיצד המין האנושי עומד להשתמש במרחבים חדשים כדי להעצים את כלכלתו, וכן באילו כלי מלחמה ינהל את מאבקי.

## תיאוריית ארבעת הממדים

הראשונה שהציעה תיאוריה דומה היתה עורכת האקונומיסט, Frances Cairncross, אשר טענה בתחילת שנות האלפיים כי המרחב מצא את מותו בעידן החדש.<sup>52</sup> עקב אמירתה זו היא החלה להניע דיון שנמשך עד ימים אלה בדבר מקומו של המרחב הטופוגרפי והמרחק הגיאוגרפי בעיצוב הכלכלה של המאה ה-21. היו שביכו כמוה את מותו של המרחב בעולם שבו תקשורת המחשבים רק הולכת ומשתכללת, ובהם תומאס פרידמן בספרו **העולם השטוח**.<sup>53</sup> אחרים עדיין מחזיקים בחשיבותו ומדגישים את הדטרמיניזם הגיאוגרפי בהתפתחות הטכנולוגית והחברתית, ובהם ג'ארד דיימונד בספרו **רובים, חיידקים ופלדה**.<sup>54</sup> אך דומני כי הספרות הזו חוטאת למשהו גדול יותר המתרחש מתחת לאפנו ושיש בכוחו לעצב מחדש את המרחב שבו יתנהל האדם במאה ה-21.

מהו הכוח המניע של המין האנושי לגלות תגליות מדעיות

למעשה, אני מבקש להבהיר כאן את הכוח המניע של המין האנושי לגלות תגליות מדעיות ולהסביר כיצד ומדוע טכנולוגיות אחדות ולא אחרות אכן נקלטות על ידי צרכנים רבים ונעשות מרכזיות בכלכלה ובתרבות בזמנים שונים. כוח מניע זה יבהיר לנו אילו טכנולוגיות כנראה יתפתחו בחמישים השנים הראשונות של המאה ובוודאי ישפיעו על הבנתו של האדם את המרחב שבו יצטרך לגונן על משפחתו וקהילתו.

ההומו ספיינס עבר כמה תפוחות בתפיסת המרחב שלו עד כה. ככל שתודעת החירות הפיזית שלו התרחבה, פיתח כלים מסוג חדש לחלוטין

הבנת הכוח המניע הזה תעזור להסביר מה דחף את ההומו ספיינס (האדם החושב או האדם הנכון) לפתח כלים מכלים שונים בתקופות שונות. אני מדבר על כך שההומו ספיינס עבר כמה וכמה תפוחות בתפיסת המרחב שלו עד כה. הוא למעשה נע ב-30 אלף השנים האחרונות בתוך שלושה שלבים קוגניטיביים של תודעת חירות פיזית במרחב. ככל שתודעת החירות הפיזית שלו התרחבה, הוא פיתח כלים מסוג חדש לחלוטין. אלה שינו בהתאם את הכלכלה ואת החברה שבה הוא חי והביאו אותו לסחור, לאהוב ואף להילחם בדרכים אחרות מאלה שהיה רגיל בהן. מה שדחף את התודעה הזו להתפתח אינו אלא הצורך העז של האדם באשר הוא להיות בן חורין במרחב שלו.

אך בסוף המאה ה-20 ובתחילת המאה ה-21 תודעת החירות של האדם עוברת מהפכה נוספת, הפעם לקראת הבנה חדשה לחלוטין של חירות במרחב. אם נכונה אבחנה זו, אזי אפשר להתחיל להבהיר את אופיין של הטכנולוגיות שיעצבו את המאה ה-21. ארחיב כעת את הדיון בשלושת השלבים הראשונים בהתפתחות הקוגניטיבית הזו, קודם שאגע בשלב הרביעי. אני בדרך כלל שם את כל השלבים תחת הכותרת "תיאוריית ארבעת הממדים של תודעת החירות הפיזית".

### ממד אפס

כשמעיפים מבט כללי על ההיסטוריה הקצרה של בן האנוש הזה, כפי שאנו מבינים אותה כיום, אפשר לזהות בכיורון שתודעת המרחב שלו הלכה והשתכללה עם השנים. לפני כ-30 אלף שנה, תוחלת חייו הממוצעת של ההומו ספיינס, שזה עתה התמסד לחלוטין על פני הקרקע, אחר תחרות גדולה עם האדם הניאנדרתלי, היתה כ-18 שנה בלבד. ההומינואיד הזה היה חי בדרך כלל את שנותיו הספורות בתוך גומחות גדולות בקרקע, ומרחב המחיה שלו לא עלה על כמה קילומטרים מעטים מחוץ למערה שבה התרכזו חיי משפחתו המורחבת. בתוך מרחב מצומצם זה היה יוצא לצוד וללקט מכל הבא ליד וחוזר לחיות מבודד מהעולם לפרקי זמן ארוכים. העולם עבורו היה מאיים, והסכנות שבו עלו על ההזדמנויות. האופק היה הדבר המפחיד מכול. המיית מפלים רחוקים היתה איום לא ברור, והחושך משתק. האדם הזה חי בקהילות קטנות שמנו כמה משפחות במערות פזורות על פני שטחים נרחבים. סביר להניח שבכל ימי חייו פגש כמות של אנשים שלא עלתה על עשרות אחדות.

האדם הזה חי למעשה בניתוק מרצון משאר הקבוצות המרוחקות ממנו, בצל איום מתמיד מצד מתחרים על המרחב שבתחומו צד וליקט זרעים וצמחים. כל מגע עם קבוצות אנושיות אחרות היה כרוך בסכנת הכחדה. על כן כל קהילה קטנה של הומינואידים היתה למעשה חייבת להיות יחידה יעילה עבור

ההומו ספיינס חי למעשה בניתוק מרצון משאר הקבוצות המרוחקות ממנו

עצמה. הניתוק הזה מרצון הקשה את הלמידה זה מזה. כל קהילה קטנה כזו המציאה את דרכי הישרדותה ואת כלי עבודתה מחדש. לכן כל המידע שהתגלה, כל מה שנלמד וכל רעיון שפותח נשאר בתוך הקבוצה המצומצמת ואך בקושי הצטבר לידע של כלל המין האנושי. תנועת המידע הזה במרחב התנהלה בכבוד רבה. יש שמצאו כי כדי שפיסת מידע חדשה תעבור במרחב כברת דרך של כ-40 קילומטרים נדרשו לה מאה שנות חיי אדם, שבמושגים של תוחלת החיים באותם ימים הן

חמישה דורות. המעבר הזה היה כרוך בדרך כלל גם בהכחדה של קבוצות אחרות. הפחד המתמיד יצר על כן אצל האדם תודעת חירות פיזית אפסית. למעשה לא היתה לו חירות במרחב כלל. זו הסיבה ש-Cairncross נהגה לכנות את התרבות הזו "תרבות הנקודה".

### ממד ראשון

"תרבות הנקודה" נמשכה כ-20 אלף שנה עד שהחל כדור הארץ להתחמם מחדש בדפוס שחזר על עצמו לאורך כמיליון שנה בתדירות קבועה של כל 100 אלף שנה.<sup>55</sup> האדם, שהתחבא בתוך מערות אפלות מחמת הקור העז שהשתרר בחוץ, החל בעקבות עליית הטמפרטורות לבנות בקתות חמר ועץ בשטחים באוויר הפתוח. הקבוצות החלו לגדול כי המרחב אפשר למשפחות רבות יותר לגור בצמידות. האדם מצא שהוא יכול לגדל צמחים ובעלי חיים במקום להיות תלוי במזל בתורו אחר לקט וציד. בזכות עבודת ארמה היה לבן חורין; התקופה האגרארית מתחילה בהיסטוריית האדם, וזו משנה את אופיו לבלי הכר. מאז החלה להתווסף לתוחלת חייו כחצי שנה בממוצע בכל אלף שנה, עד אשר בשנת 1800 לספירה מגיע הממוצע ל-25 שנות חיים. הקהילות האגראריות הראשונות שהתגלו באזורי טורקיה וסין של היום מנו כ-40 איש בלבד. אך עם הזמן גדלו למנות אלפי איש וכללו מאות משפחות, כך שבשלב הזה כבר פגש האדם במהלך חייו כמות של מאות אנשים לפחות.

אלא שעבודת האדמה תלויה בטופוגרפיה ובמזג האוויר. האדם אמנם הרחיב את תודעת המרחב שלו ולא היה עוד תָּחוּם כבעבר, אך עדיין נשאר תלוי בשיגיגונות מזג האוויר. הוא מצא שבשנים מסוימות פרי עמלו לא מספיק את מחייתו ואילו בשנים אחרות נותרים לו עודפים שאין לו צורך בהם. הוא הבין שכדי להתגבר על עליות ומורדות אלה, עליו לחלוק את היתרות שכרשותו עם אחרים או לחלופין לחפש בעת הצורך את היתרות שיש לאחרים. וכך, בשביל לסחור ביתרות שאספה כל קהילה, הוא התחיל לפתח דרכים שיחברו קהילות מרוחקות שתנאי מזג האוויר שלהן שונים. בתחילה הדרכים הללו היו רק שבילי עזים אך במשך השנים הן התרחבו להיות דרכי מסחר שמקיפות יבשות. בדרכים הללו, שלא היו אלא קווים על פני הקרקע, העביר האדם סחורות וטכנולוגיות, וגם רעיונות ודתות.

הקווים הללו שיצר האדם הלכו ורבו והתפשטו לרשת מסועפת, שהיתה למעשה לממד הראשון בתודעת החירות במרחב. אלא שעל אף כל אפשרויות

התנועה שסיפקו הקווים, הם היו בסופו של דבר מוגבלים מאוד מפני שהמעבר בדרכים היה כרוך בתלאות רבות ובסכנות, שרק מעטים השכילו לפתח את המיומנויות ואת הכלים להתגבר עליהן. למיטב ידיעתנו, שרד מעט מאוד מהידע שביקשו להעביר בקווים אלה בין הקבוצות הפזורות במרחב. רובו נעלם בהיסטוריה של משפחות האדמה. עם זאת, המעט ששרד – בעיקר טכנולוגיות שהעצימו את התנועה באותו מרחב קווי שיצר האדם – שינה לחלוטין את החברה האנושית. למשל, המצאת הגלגל באזור איראן של היום, טכניקות ביות הסוסים, שהתפתחו במרכז אסיה, טכניקות החציבה והשימוש בכרונוזה, שהתפתחו באזור טורקיה של היום, טכניקות הגידול של תולעי המשי ושיטות הטווייה, ייצור אבקת השריפה ושיטות עיבוד הנייר, שפותחו בסין, מדע האסטרונומיה, ייצור הדיו, הזכוכית, הפפירוס, הספריות הראשונות שהוקמו במקדשים במצרים, ההסכם העסקי הראשון שנוסח באזור סומליה של היום, הרעיון לסחור בזהב כמוצר עובר לסוחר, שגם הוא התפתח באזור סומליה, השיטה העירונית שפותחה בהודו ושיטות החיסון הראשונות שפותחו אף הן שם.

רק בתקופה החדשה מגלים מדענים ידע שלא נמסר לקבוצות אחרות ופשוט נעלם בנבכי העבר, כמו הידע הדרוש לבניית פירמידות והידע הדרוש לשימור מומיות. יש הטוענים כי הפירמידות בגיזה פזורות על פני שטחים בדפוסים המשקפים קונסטלציות של כוכבים בשמים, כמו זו של אוריון.<sup>56</sup> כיצד הצליחו לגלות ידע זה? מדוע נדרשות למין האנושי ארבעת אלפים שנה לגלותו שוב? אלה הן רק מקצת השאלות המעסיקות חוקרים לא מעטים ולא פה המקום להרחיב בהן.

עם זאת, אפשר להציע הסבר קצת שונה מהמקובל בעזרת תיאוריית הממדים המתוארת כאן. ייתכן פשוט שהידע הזה לא היה בסדר עדיפות גבוה בתקופה שבה חיפש האדם בעיקר דרכים יעילות ובטוחות לנוע על פני הקרקע. לא היה חשוב אז לבנות בנייני ענק שמשקפים גרמי שמים. התנועה והניידות היו בראש מעייניו של האדם ולא תבניות התנוחה של מונומנטים גדולים. לכן לא נמצא מי שיתאמץ להניע את הידע הזה על פני הקווים, ולכן גם נשכח ואבד.

מעניין לציין כי התפתחות זו, ומרכיבים רבים אחרים שלא כולם ברורים עד היום, דחפו את ההומו ספיינס להמשיך את התפתחותו הביולוגית. יש הנוטים היום לכנות את הזן הזה הומו-ספיינס-ספיינס או האדם המודרני המאוחר.

## ממד שני

לפני כ-500 שנה עשה האדם הזה מהלך נוסף בהתפתחותה של תודעת החירות הפיזית שלו. אלפי שנים משך חוטים חדשים על פני הגלובוס, הרחיב את המסלולים הללו וניהל את כל ענייניו סביבם, אבל רק במאה ה-15 הוא מתעורר להבין שמה

שעשה במרחב כל אותן שנים אינו מספק והוא זקוק להרחיב את חירותו אל עבר דרכים ומרחבים שאיש עדיין לא סלל. ורק אז עולה בידו, אחר מאמצים קשים, לנתק את חבל הטבור שלו מהיבשה והוא מתחיל להפליג בימים חדשים ולמרחקים גדולים במסעות ארוכים בלי להיות קשור אל האופק של אמא אדמה. לאחר שהתרחשה פריצת הדרך והוא הצליח למצוא את דרכו במרחבים ה"אינסופיים" של היס, בעזרת כמה טכנולוגיות פשוטות ומרכז הכובלים שמעל

רק במאה ה-15 הוא מבין כי הוא זקוק להרחיב את חירותו אל עבר דרכים ומרחבים שלא נסללו כלל על ידי בן אנוש

ראשו, החיים שוב משתנים ביעף ולבלי הכר. בתוך כ-35 שנה, תקופה המוכרת בדברי ימי האדם בשם "תקופת הגילויים החדשה", הקיפו ימאי אירופה את אפריקה, גילו את צפון אמריקה ואת דרום אמריקה והפליגו מסביב לעולם למקומות שרגל אדם מעולם לא דרכה בהם. תחושת החירות העצימה כל דבר שעמו בא האדם במגע, טכנולוגיות ההתמצאות אפשרו לו שליטה רחבה על הגלובוס. וכך, בסוף המאה ה-19, רק ארבע מאות שנה בלבד מאז החלה מהפכת הממד השני, 25 המדינות שהרכיבו את אירופה דאו שלטו כ-85% מהשטחים של יבשות תבל.

## ממד שלישי

עכשיו נדמה לעצמנו שמישהו מרצה לפני אדמירלים של הצי הבריטי בשנת 1900 ומסביר להם את התיאוריה הזו וטוען בלהט כי בניגוד לדעות כל המומחים, ובהם האחים רייט, אשר הכריזו באותה השנה כי אין לאדם כל סיכוי לעוף בשמים, זה רק עניין של זמן עד אשר יתנתק האדם מהממד השני ויעוף לו אל הממד השלישי. סביר להניח שהאדמירלים הללו היו

המאה ה-20 הוכיחה היטב שחלומותיו של האדם בממד השלישי הם כאין וכאפס לעומת מה שהוא מסוגל לעומת מה שהוא מסוגל להשיג

מבטלים אותו ואת התיאוריות שלו במחי יד. המאה ה-20, כידוע, הוכיחה היטב שחלומותיו של האדם הם כאין וכאפס לעומת מה שהוא מסוגל להשיג בפועל. לא רק שהאדם טס בממד השלישי אלא שבתוך כ-60 שנה בלבד, בשנת 1968, הוא הנחית אסטרונאוט על הירח; הוא עטף את כדור הארץ בלוויינים המקיפים אותו הקפה מלאה בכל 90 דקות; הוא הנחית ב-2001 חללית על האסטרואיד ארוס, ששוטט במהירות אדירה בחלל במרחק של

כ-300 מיליון ק"מ מכדור הארץ, כדי שזו תבחן את האפשרות לכריית משאבים;<sup>57</sup> הוא העלה בשנת 2004 אדם ושמו בריאן ביני (Brian Binnie) בעקבות פרס של 10 מיליון דולר שהובטח 9 שנים קודם לכן למי שיצליח לבנות מעבורת זעירה וזולה שתוכל להעלות אדם אחד לגובה של 100 ק"מ אל מחוץ לאטמוספירה במהירות שעולה על פי שלושה ממהירות הקול, ושבועיים לאחר מכן להעלותו שוב בעזרת אותה המעבורת ממש לאותו הגובה;<sup>58</sup> ובל נשכח את המעוף הנמשך<sup>59</sup> של Voyager 1 ושל Voyager 2 אל מחוץ למערכת השמש; כמו כן הביא האדם גם למה שהפך זה מכבר למטרד מאיים – השמים בתחילת המאה ה-21 עמוסים לעייפה בטיסות אזוריות המובילות כל דבר מקצה עולם לקצהו האחר, וההערכה היא שבכל יום יש כ-10 מיליון איש באוויר בטיסות אזוריות בלבד.<sup>60</sup>

אבל תודעת החירות של האדם בשלה לניתור נוסף בדרך לבחינת גבולותיה. כבר לא די בעולם התלת-ממדי, הוא אינו מספק עוד. השאיפה היא לחירות גדולה יותר בממדים חדשים. אין גבול לדחף המניע את החירות הפיזית, והוא ימשיך לחולל שינויים מרחיקי לכת וניתורים רבים נוספים

תודעת החירות לא מסכימה להמשיך להיות מרותקת ומאופקת בעולם תלת-ממדי

בכל פועלו של האדם.

לפני שנבחן את הניתור הנוסף שתודעת החירות הזו כנראה תחולל במאה ה-21, חשוב להזכיר כיצד כל ניתור וכל תגלית מדעית וטכנולוגית הביאו עמם מהפכות למכביר. כ-30 שנה בלבד לאחר שהוכיחו האחים רייט, בשנת 1903, שאפשר לעוף ולשלוט במעופם, מתברר שמטוס שנושא פצצה גרעינית אחת חזק יותר מאלף אוניות קרב או ממאה אלף חיילים בטנקים כבדים. 30 שנה בלבד חולפות עד שמתברר כי אפשר לתקוף את מרכזי התרבות של האויב בלי להניח ולו כף רגל אחת בתוך גבולותיהם. וכך משתנה כל הבנתנו את המרחב, ומי שלא מצליח להבין את אופי השינוי ולהתאים את דרכיו כנדרש, גוזר על עצמו ועל קהילתו כליה. המעבר לממד הראשון הביא לעלייתם של מלכים אזוריים אשר ידעו לשלוט על הדרכים ביד רמה והטילו מורא בכול. הם כמוכּן דחקו את ראשי השבטים ואת הקהילות המבודדות שלא היו על אם הדרך. בתורם גם הם נדחקו במעבר לממד השני ובמקומם קמו אימפריות קולוניאליות חובקות יבשות וימים. וכך גם הממד השלישי הביא לעלייתן של מעצמות-על שארגנו סביבן גושי מדינות והתחרו ביניהן מי תשלוט בשמים, שהפכו להיות בינתיים גם החלל שמעבר לאטמוספירה.



כל כניסה לממד חדש לוותה בזעזועים במבנים הקיימים אשר בדמים רבים הושגו. הזעזועים לא פסחו על דבר, ממבנה המשפחה והערכים החברתיים ועד לתורות הלחימה ולכלי המשחית. גם המעבר לממד הבא ילווה במשברים קשים, שאחדים כנראה כבר החלו לתת את אותותיהם.

כל כניסה לממד חדש מלווה בזעזועים במבנים הקיימים שבדמים רבים הושגו

לאורך כל ההתפתחות הזו בממדי התודעה, עובדה מעניינת אחת בולטת מבחינה כלכלית. נראה כי לא אלה שהמציאו את הטכנולוגיות המאפשרות את

המעבר לשלב הבא הם אשר צברו הון מהמצאתם. בדרך כלל גם לא אלה שייצרו וסיפקו את הכלים הם שהתעשרו ושתפחו נכסיהם, אלא דווקא מי שהשכילו להשתמש בהם ראשונים או שהשכילו למצוא להם שימושים חדשים. העשירים של הממד השני היו אפוא הסוחרים שהבינו מה כדאי ומה לא כדאי להעביר בדרך החתחתים של דרכי המסחר, ולא סוללי הדרכים ושומריהן.

לא הספקים והיוצרים הם אשר מרוויחים מכל מעבר לרמת תודעה חדשה אלא בדרך כלל המשתמשים

העשירים של הממד השני היו גם בעלי האוניות שהובילו סחורות, ולא בונייהן. עשירי הממד השלישי היו חברות רב-לאומיות שידעו לארגן נותני שירותים במדינות מרוחקות כדי שכן לילה יהיה אפשר להעביר באוויר סחורות מקצה אחד של העולם למשנהו, ולא חברות התעופה, אשר תמיד נאנקו תחת עול הפיתוח והייצור ולולא עזרת מדינותיהן רבות מהן היו קורסות. החברות הרב-לאומיות הללו ניצלו את כוח העבודה הזול שבמקומות המרוחקים, את המיומנויות של המקומיים, את משאבי האזור הטבעיים ואת ההקלות במס והעבירו את תוצרתן בעזרת קווי תעופה זולים ומהירים. בדרך זו הן אפשרו לכלכלות גדולות (economies of scale) לצמוח ולכלכלה הגלובלית להתבסס בסוף המאה ה-20. חברות-הבת שלהן בסופו של דבר העניקו לחברות-האם שהניעו את הכלכלה הזו ערך כלכלי שעלה על הערך שיכלו לזכות לו מהמדינות שבהן ישבו. מבחינה זו, הגלובליזציה שמדברים בשבחה או בגנותה אינה אלא שיאו של הממד השלישי. אם כן, חשוב לזכור תמיד שלא הספקים והיוצרים הם אשר מרוויחים מכל מעבר לרמת תודעה חדשה אלא בדרך כלל המשתמשים. ככל שהרעיונות שהמשתמשים מעלים יצירתיים יותר, בדבר הדרך לרתום את הכלים הקיימים, כך העושר שהמשתמשים הללו צוברים גדול יותר. היפנים הם רק דוגמה אחת מרבות לעם אשר ללא משאבים כמעט, היה בין המתעשרים הגדולים של המאה ה-20. וזאת, רק משום שהשכילו לפתח מנגנונים ארגוניים יעילים ולהניע משאבים שרכשו מכל העולם והובילו אותם בממד השלישי כדי ליצור יתרון תחרותי.

## ממד רביעי

נראה כי אם יש אמת כלשהי בתיאוריה זו האומרת שדרכו של האדם במרחב היא להמשיך לדחוף מעליו את מעטפת גבולותיו, אזי אנו כנראה לקראת מהפכה גדולה יותר משראה האדם עד כה. זאת יש לזכור, האדם לא מקבל את אילוצי

האדם לא מקבל את אילוצי גבולות המרחב כדבר מובן מאליה

הגבולות של המרחב כדבר מובן מאליה, אינו מוכן להשלים עם מצב שבו רוחו יכולה לרחף ואילו גופו נשאר מוגבל ומרותק לגבולות פיזיים של מרחבים גיאוגרפיים. עמוק בתוך תודעתו, מאז ומעולם, היה טבוע החלום שקולו יישמע עד קצה עולם, שתודעתו תדלג על הרים ובקעות, שדיוקנו ייראה למרחוק. לכן, בסוף המאה ה-20, במודע או שלא במודע, הוא קולט שבסך הכול מה שהצליח לעשות עד כה, גם עם כל ההתפתחות שמימש, הוא רק לגרור דברים במרחב – פעם בממד זה ופעם בממד אחר. בסיכומו של דבר, כך מתחוור לו, הוא היה עסוק בגרר אחד גדול! ורוחו לכן בשלה להתרומם לרמת תודעה של חירות חדשה שבה לא יחשוש לנוע במרחבים החדשים שיגלה.

לשם כך, בתחילת הדרך הוא מחפש לו שערים קטנים שדרכם יוכל להתחיל להעביר דברים בלא שיצטרך לגרור אותם בשום ממד מהממדים שהוא מכיר.

הוא מבין כי השערים הללו צריכים להיות קטנים וזמינים בכל מקום, אבל גם מבין שתחילה עליו למצוא דרך לדחוס את חפציו ואת כליו לממדים זעירים יותר כדי שהשערים שהוא מכין יכילו אותם, ושיכילו הרכה מהם. וכך, בתחילת המאה ה-21, האדם עסוק רובו ככולו בפיתוח שיטות שיכולות להמיר מכל הבא ליד לביטים קטנים של אלקטרונים, ובפיתוח כלים

בתחילת הדרך הוא מחפש לו שערים קטנים שדרכם יוכל להתחיל להעביר דברים בלא שיצטרך לגרור אותם

המסוגלים להכיל את אותם ביטים קטנים ולשדרם ללא עיכוב בזמן ובמרחב. השערים האלה שמתחילים להיראות בתחילת המאה ה-21 נקראים טלפונים ניידים, מדפסות קראמיות המדפיסות בעזרת פולימרים מוצרים שלמים מרחוק, ריחנים המשדרים ריחות דרך הרשת או דרך הטלוויזיה כפי שמשדרים תמונות וקולות,<sup>61</sup> שידורים לווייניים, נוכחות מרחוק (tele-presence), רכבים בלתי-מאוישים, רובוטים ועוד.



תמונה 2. הטיסה הראשונה של אורוויל רייט ב-17 בדצמבר 1903

בדרך אל החירות הזו אנו מנסים מיני טכנולוגיות ההופכות את התנועה במרחב המוכר לנו לחופשית, ללא גרר מיותר. הטכנולוגיות מגוונות, הנה כמה מהמוכרות יותר: Bluetooth, Wireless Fidelity (Wi-Fi), Skinplex, Zigbee, Ultrade Bandwidth (UWB), WiBro, Mobile WiMax, WiMax. באותו הקצב שבו מופיעים השיטות ואמצעי התנועה הללו הם גם נעלמים. אך אם אפשר ללמוד משהו מהעבר, אזי אלה דומים לניסיונות הראשונים של האחים רייט לעוף ב-17 בדצמבר 1903. באותו היום ערכו האחים רייט שלושה ניסיונות אשר נכנסו להיסטוריה של התעופה. הראשון היה של אורוויל בשעות הבוקר. הוא הצליח לעוף למרחק של 37 מטרים במהירות של 11 קמ"ש במשך 12 שניות. גובה הטיסה היה ממש מעל לפני הקרקע (תמונה 2). מאוחר יותר באותו היום, ערכו וילבור ואורוויל שתי טיסות נוספות שבהן עברו 53 ו-61 מטרים בגובה 3 מטרים מהקרקע למשך 59 שניות.

הם הרי לא העלו בדעתם כיצד בתוך מאה שנה בלבד מאז אותם ניסיונות כושלים יערוך מישהו אחר ניסוי דומה כדי לעלות אל מחוץ לאטמוספירה. בוודאי גם לא העלו בדמיונם הפרוע ביותר כיצד תשנה הטיסה ההיא את העולם.

באותה המידה אפשר לומר שטכנולוגיות האלחוט שיש בידינו היום אינן אלא 12 השניות הראשונות של האחים רייט באוויר. כפי שהם לא שיערו בדעתם כיצד יהיה אפשר לאכלס את האוויר, לאילו עומקים בחלל אפשר להגיע, ואילו שיטות תעופה אפשר להמציא, כך, בתחילת המאה ה-21, גם אנו איננו מסוגלים לשער כיצד נוכל לדחוס את המרחב לנקודות זעירות ונוכל להעביר בתוכו כמעט כל דבר שהדעת תוכל להעלות.

טכנולוגיות האלחוט  
שיש בידינו היום אינן  
אלא 12 השניות  
הראשונות של האחים  
רייט באוויר

קפיצת המדרגה הזו בתודעת החירות הפיזית במרחב עולה על כל אשר עשינו עד היום. היא כנראה תוביל את המין האנושי במאה הזו לשאוף לבטל את ממד המקום מהנוסחה שהגדירה את ישותו מאז קיומו. אין ספק שהמרחק במרחב הוא שהכתיב הכול עד כה, החל בצבע עורנו, דרך הגנים שבתאינו ותווי פנינו, וכלה בתרבותנו ובדתנו. אם אכן הכוח המניע הזה של החירות הפיזית הוא אותנטי, הכול ישאף להידחס למסה קריטית אחת שמצד אחד תקדם את הידע ואת התבונה הקולקטיבית של כולנו, ומצד אחר בוודאי גם תאיץ את העימותים בינינו. עדיין יהיו קיימים מרחקים, אך הם לא יכתיבו כיצד תהיה מאורגנת החברה האנושית. אנשים, משאבים ורעיונות יהיו זמינים בכל מקום ללא מגבלות של מרחק, זמן ומרחב.

הכול ישאף להידחס למסה קריטית אחת שתקדם את הידע והתבונה של כולנו. בוודאי גם תאיץ את העימותים בינינו

תיאוריות כלכליות כבר החלו קורסות ורבים עדיין תוהים מדוע ואיך. ניקח, לדוגמה, את הפרדיגמה הכלכלית שליוותה אותנו מערש קיומנו – פרדיגמת המחסור. עיקר התיאוריות שפותחו במאה ה-20 מבוססות עליה, אך נראה שאינה רלוונטית כלל לסחר במידע. למשל, כשאני מוכר לקונה יהלום, הוא לא שייך לי עוד ולכן אני דורש תמורה עבורו. ככל שהמוצר שבידי נדיר יותר או שהביקוש לו רב יותר, אבקש עבורו תמורה גדולה יותר. עם זאת, כשאני מוכר מידע כלשהו, מינייה וביה יש ברשותי יותר מידע מעצם העובדה שאני יודע שהוא ברשות הקונה ושהוא משתמש בו, והתמורה שלי על כן גדולה יותר. מה שלא נכון לומר על כסף או חפץ. המחסור היה תמיד קשור למרחב, והמרחב כאמור הולך ונדחס עד כי רוב הפעמים הוא נעלם – לפחות מהתודעה. רבים חוקרים את ההשלכות שיהיו לקריסתה של תיאוריית המחסור. יש המכנים את התקופה שהחלה אחר שהודעו יסודותיה "כלכלת בתר-מחסור" (post-scarcity).

עיקר התיאוריות הכלכליות שפותחו במאה ה-20 מבוססות על פרדיגמת המחסור, אשר נראה כי אינה רלוונטית כלל לסחר במידע

קריסת הכלים הפיננסיים שהחלה בשנת 2008 היא רק עוד זעזוע מהזעזועים הגדולים שמתרחשים בהבנתנו את המציאות הבתר-מרחבית. בשלב זה אין לנו תיאוריות מגובשות שיסבירו את כללי התחרות והמסחר בעולם שבו הרבה ממוצרינו נופלים בקטגוריית הבתר-מחסור, אשר מאפיינת את תודעת הממד הרביעי. יש כרגע רסיסי תיאוריות. אחת התיאוריות הכלכליות החדשות טוענת שעד היום רצינו לחבר בין מוצר, יצרן ולקוח – ובנקודת המפגש ביניהם נוצרו כל התיאוריות הכלכליות שהיו בידנו עד היום. אבל שלושתם היו תלויים במרחב.

כדי למכור פוליטת ביטוח למשל, היה צריך לתכנן, לפגוש לקוח במקום מסוים ולחבר לו מוצר ספציפי. לנוסחה החדשה כללי משחק ותחרות מסוג אחר מפני שמתווסף שחקן – מרחב מתומצת ודחוס, ועל כן עולה לה כלכלה מסוג חדש וכלליה שונים. במצב החדש יש לחשוב על מרחב חדש ולפתח ממשקים שונים עם הלקוחות במרחב הזה – ולא, מסתכנים בפרימת הקשרים הללו ומשם לאיבוד הלקוחות הדרך קצרה.

הממד הרביעי בתודעה שלנו ימוטט מוסדות וארגונים רבים ויביא עמו קונפליקטים של אינטרסים ופוביות בלתי-ברורות רבות

בפן אחר, הרגולציה הכלכלית והרגולציה השיפוטית היו תמיד כלים בידי מקבלי ההחלטות כדי לנווט בין היצרנים, הלקוחות והממשל. אלא שעד לאחרונה מי שניסח וחוקק רגולציות החזיק בידו כוח רב. הרגולטור בדרך כלל היה תלוי במקום ובזמן. אבל החוכמה של הרגולציה אינה עומדת עוד במבחן. באירופה, למשל, מנסים פוליטיקאים להעביר רגולציות כדי לשלוט במספר

המובטלים אבל זה פועל ההפך ממה שהתכוונו אליו. איך מתערבים ביחסים בין האזרח, הכלכלה והממשל? מתי מתערבים? מתי מחוקקים חוקים? איפה מחוקקים אותם? הכול היה תלוי בשאלה באיזה קונטקסט פיזי וגיאוגרפי הם נוצרו. בכלכלה שבה נעשה הממד הרביעי דומיננטי יותר ויותר, חסרים לנו כלים בשלב זה כדי להבין כיצד הכלכלה הזו מתנהלת. תהליך הביורור מחדש של הכללים הללו יאריך זמן-מה. בינתיים, עד אשר לא יהיו לנו תיאוריות מגובשות, עתיד הממד הרביעי שבתודעה שלנו למוטט מוסדות וארגונים רבים ולהביא עמו קונפליקטים של אינטרסים ופוביות בלתי-ברורות. לפוביות אלה יהיה תפקיד חשוב בגיאופוליטיקה העולמית של המאה ה-21. בדרך כלל כשסף החרדות עולה, גוברת נטיית בני האדם לחזור לבסיס האם הבטוח שלהם. בדרך כלל אלה המשפחה והשבט הקטן, שהמקום הגיאוגרפי שלהם ברור, תחום ומוכר. אנשים בעת כזו יילחמו כדי לשמור על בסיס זה בחירוף נפש. הם לא ירשו לעצמם לקחת כל סיכון. וכשאדם נשמר מכל סיכון, רמת החשדות שלו עולה פלאים, וגם סביר להניח שהיא זו שתוביל אותו למעשים שלא יעלה על דעתו שהוא מסוגל להם, משכיל ובעל השקפות פתוחות ככל שיהא.

חשוב להדגיש כי הממד הרביעי אינו מפחית מהצורך בקשר אנושי עם קהלים מרוחקים. להפך, הוא יוצר צורך גדול יותר ויותר במפגש פנים אל פנים, אך בדרך אחרת. זה האתגר של בני האדם במאה ה-21. הם יצטרכו להמציא סוגי מפגשים אנושיים חדשים במרחבים דחוסים וירטואליים. זהו אתגר לא פשוט. מי שיהיה פרוע בדמיונו, סביר להניח שיצליח לייצר מוצר שאפשר להתעשר ממנו

במהרה ובנקל. הדוגמאות האחרונות, כמו פייסבוק ו-second life, אינן אלא הסנוניות הראשונות למפגשים מהסוג הרביעי.

במרחב כה דחוס המצליחים של הממד הרביעי יהיו אלה שיעצבו מחדש דפוסי התקשרות חדשים בין אנשים ודפוסי עבודה המתעלמים מהמבנים הקיימים ששורשם עדיין מונח בממד השלישי. המצליחים ביותר יהיו בעלי העוז לדמיין את העתיד הקיצוני ביותר ולהכין לו שירותים ומוצרים. כי הדבר הקיצוני ביותר שאפשר לדמיין היום יהיה המובן מאליו בתוך זמן קצר, קצר יותר משרובנו מסוגלים לקלוט.

המצליחים ביותר יהיו אלו שיהיה להם העוז לדמיין את העתיד הקיצוני ביותר ולהכין לו שירותים ומוצרים

אם נשים לב לעובדה הבאה, ניווכח שזה עשוי להיות בתוך זמן קצר ממש. אם נחזור לממד אפס, ניווכח שנדרשו להומו ספינס עשרות אלפי שנים עד אשר עשה את המעבר אל הממד הראשון. אחר כך חלפו רק אלפי שנים בלבד עד שנכנס לממד השני. וכשנכנס לממד השני נדרשו לו 400 שנים בלבד להכיר שיש ממד שלישי ואז רק עוד 100 שנים לממש את מלוא הפוטנציאל שבו. לכן סביר להניח שהמעבר לממד הרביעי יארך לא יותר מעשרות שנים. למעשה, לראשונה בהיסטוריה של האדם, יהיו בעולם לא מעט בני אדם שייולדו ויגיעו לבגרות בממד אחד, ואת רוב שנות עבודתם יעשו בממד אחר.

רוב האנשים על פני תבל שנוולדו ובגרו בממד אחד יעבדו את רוב שנות עבודתם בממד אחר

## טכנולוגיות הממד הרביעי

וזה מביא אותנו לעיקר הדברים. כפי שכל שלב הביא בכנפיו תגליות והמצאות מדעיות ופיתוחים טכנולוגיים מרחיקי לכת ובלתי-צפויים, כך כנראה עומד האדם להפתיע את עצמו שוב בממד הרביעי. מאז ומעולם היה קשה לחזות את התגליות האלה משום ששום דפוס מהעבר לא היה רלוונטי כדי לנסות לבחון בעזרתו את מסלול המגמה. ועם זאת, מאחר שאנו זקוקים להבין ולו במעט את הטכנולוגיות האפשריות בממד הזה כדי לגזור מהן אבחנות מהימנות כלשהן על דרך התנהלותו הגיאופוליטית של האדם בעתיד, אנסה להסתכן ולומר כי סביר להניח שתגליות אלו יהיו קשורות לדרכו של האדם לנוע במרחב ובעיקר לשיטות שבהן יפיק אנרגיה כדי לנוע בדרך שונה במרחב. התנועה בכל ממד היתה זקוקה לאנרגיה מסוג אחר ובכמויות

סביר להניח שתגליותיו יהיו קשורות לדרכו של האדם לנוע במרחב ובעיקר לשיטות שבהן יפיק אנרגיה כדי לנוע בדרך שונה במרחב

אחרות, וגם הפעם כך יהיה. שני הרברים הללו רלוונטיים גם לניתוח שאני עורך בספר הזה ההולך אחר הגישה הגיאוגרפית.

אסתכן עוד ואומר כי תגליות אלה יהיו למעשה ניפוץ כמה מהפרדיגמות המדעיות הבסיסיות לכאורה שאנו מחזיקים בכל הקשור להבנתנו את הגבולות "הנצחיים" או את האילוצים "האולטימטיביים" של המרחב. כלומר הרבה מהגבולות ששנו לנו רבותינו חוזר ושנן כי אי-אפשר לדלג עליהם לנצח נצחים יתמוססו לנגד עינינו ורבים ישפשופו את עיניהם כלא מאמינים. בחרתי כאן כמה מהפרדיגמות הבסיסיות שעליהן מבוססים רוב המדעים והטכנולוגיות של המאה ה-20. לעניות דעתי צריך להתרכז בהן כי שם יהיו הגילויים שיוזעזעו את אמות הסיפים של המאה ה-21. מיום שהסוגיה הזו מעסיקה אותי, אכן היתה התקדמות בכיוון הזה שאצביע עליו כאן ואעלה לראשונה על הכתב, ואני שמח לדווח ברפים אלה על ההתקדמות בפריצות הדרך הללו אף שרבים עדיין מפקפקים בהן.

#### אנטי-גרביטציה

אין ספק כי כוח הכבידה האוניברסלי הוא אחד מעמודי התווך של המדע זה כשלוש מאות שנה, מאז ניוטון. התיאוריות העוסקות בו רבות, החל בתיקון שהציע איינשטיין בתורת היחסות, דרך תורת הכבידה הקוונטית ששוכללה באמצע המאה ה-20, וכלה באפשרות קיומם של גלי כבידה שעדיין לא נמדדו אך מתוכננים סביבם פרויקטים ענקיים שיבוצעו בחלל בידי נאס"א ואחרים בעתיד.<sup>62</sup> גילוי הכבידה והדרך למדוד אותה הביאו להישגים גדולים במדע ובטכנולוגיות מפני שחוקרים יישמו נכונה את החישובים של הכוח שהיא מפעילה עלינו, על פני כדור הארץ ובחלל. למעשה רעיון הכבידה הוביל אותנו לממש את מלוא הפוטנציאל בתודעת החירות של הממד השלישי. המין האנושי פיתח טכנולוגיות יצירתיות כדי להתגבר על הכבידה, אך היה ברור לכול שאנו לכודים בתוכה בלי יכולת לבטלה אלא רק להתנגד לה. כל התנגדות כזו דרשה אנרגיה עצומה שהיינו צריכים להשקיע בכלים שפיתחנו כדי לגבור עליה. היא רתמה אותנו אל מקומות גיאוגרפיים שבהם נולדנו והיא ממשיכה לעצב את תודעת אילוצי הנייחות המלווה אותנו תמיד.

אם יש אמת בתיאוריית ארבעת הממדים, הגיעה העת לשכלל את תודעת החירות המגבילה הזו. וככל שיישמע הדבר יומרני, נחפש ככל הנראה רעיונות חדשים שיפרצו את פרדיגמת הכבידה. אם יש אמת בתיאוריית הממדים, אזי יהיה חוק הכבידה בין הראשונים שיעבור מהפך במאה ה-21. אינני יודע בדיוק כיצד

סביר להניח שחוק הכבידה יהיה בין הראשונים שיעבור מהפך במאה ה-21

יקרה הדבר אך סביר כי תוצע תיאוריה שתהיה הבסיס לפיתוחן של טכנולוגיות שבעזרתן כוח הכבידה לא יהיה עוד בעל חשיבות והשפעה כפי שהוא כיום בהתנהלותנו במרחב. טכנולוגיות אלה בוודאי יאפשרו לנו לנוע בתוך הכבידה בחופשיות גדולה יותר ובלא מאמץ.

ואכן, כבר בסוף שנות התשעים החלו מדענים פורצי דרך לפעול ולעשות בעניין. ייתכן כי עוד יתברר שאנחנו בתחילתה של מהפכה שתירשם בהיסטוריה של המדע כמהפכה שעוררה סערה רבתי.<sup>63</sup> מהפכה זו נקראת "סוכך-כבידה" (gravity shielding). הסיפור שמאחוריה עדיין מתגבש, והנה תחילתו לפחות. בשנת 1996, אוניברסיטת טמפר לטכנולוגיה שבפינלנד זרקה מתוך שורותיה חוקר צעיר אשר העלה טענה שעוררה את חמתם של חוקרים בעולם. אותו חוקר, יוג'ין פודקלטנוב שמו, סיים קודם לכן את לימודי התואר השני במוסקבה, והגיע לטמפר לכתוב את הדוקטורט שלו. כבר בשנת 1992 פרסם מאמר ובו סקר ניסויים שערך ובהם הצליח להמעיט את כוח הכבידה שמעל לדיסק מסתובב העשוי מחומרים מובילי-על (super-conductors). המדידות שדיווח עליהן הראו שכוח הכבידה מעל הדיסק המסתובב היה 0.3% מתחת לנורמה. המאמר הזה לא משך כל תשומת לב אז. בשנת 1996 שלח לכתב העת הבריטי היוקרתי לפיזיקה, Journal of Physics D: Applied Physics, מאמר אחר המדווח כי בעזרת טכניקה חדשה שפיתח במעבדתו, בשיתוף עם עמיתו, ירדה הכבידה שמעל הדיסק ב-2% מהנורמה. הפעם, אחר תהליך שיפוט, התקבל המאמר לפרסום באחד מגיליונותיו העתידיים.

אלא שיד הגורל לא נתנה למהפכה זו לפרוץ בשקט. לפני שירד הגיליון לדפוס, הדליף איאן סמפל (Ian Sample), אחד מעובדי המערכת של כתב העת, את הסיפור כולו לרוברט מתיאוס (Robert Matthews), הכתב המדעי של ה-Sunday Telegraph הבריטי, ואף הוסיף לו נופך סנסציוני. וכך, ב-1 בספטמבר 1996 שחרר מתיאוס את הסנסציה בכותרות ראשיות האומרות כי מדענים מפינלנד עומדים לחשוף פרטים על המתקן הראשון בעולם לאנטי-גרביטציה. באותו יום, בעקבות הזעם שיצרו הכותרות בקרב חוקרים בעולם, יצא ראש המעבדה שבה עבד פודקלטנוב בהצהרה מתגוננת לעיתונות והדגיש שהחוקר הצעיר ערך את הניסויים ללא ידיעתו וברשות עצמו בלבד ולכן אינו תומך בממצאיו. מיד אחר כך הכחיש שותפו למחקר של פודקלטנוב כל קשר שלו לניסויים ולמאמר שנשלח למערכת גם בשמו. הוא הוציא צו מניעה בבית המשפט האוסר על פודקלטנוב לאזכר את שמו ועד היום אין איש יודע מי הוא. המהומה שקמה הביאה את פודקלטנוב למשוך בחזרה את המאמר, אם כי חזר



והדגיש שלא טען כי הצליח לבטל את כוח המשיכה, מה שמבחינת המתקוממים נגדו לא היה אפשרי מדעית, אלא רק שחסם אותו. המאמר הזה מעולם לא התפרסם במתכונת שהתקבל ל-Journal of Physics D. זמן-מה אחרי כן התפרסמו גרסאות אחרות בכתבי עת אחרים. אף על פי כן הוא לא הורשה עוד לעולם להיכנס למעבדה שבה ערך את הניסויים, חזר למוסקבה ושם המשיך לפתח את המתקן שלו.

אלא ששנים מאוחר יותר, אחר תקופה ארוכה במחתרת, שב פודקלטנוב לזירה הבינלאומית בסערה. לאחרונה הוא הודיע שבעבודה משותפת עם הפיזיקאי האיטלקי ג'יוואני מודנס (Giovanni Modanese) פיתח מתקן דומה אשר מסוגל לחולל קרן עקבית הדוחה גרביטציה. עדים דיווחו שהיא מסוגלת להניע מטוטלת הממוקמת בבניין אחר במרחק של 150 מטר. אחר תהיות מצד מבקרים השתכנע פודקלטנוב שהקרן יכולה להיות מסוכנת לרקמות ביולוגיות, והוא לא חזר שוב על הניסויים הללו.

פודקלטנוב לא היה הראשון לדווח על דברים מוזרים מהסוג הזה, וגם לא האחרון. לפניו, בשנת 1990, שני פיזיקאים מאוניברסיטת אלבמה חישבו ומצאו כי מבחינה תיאורטית אפשר לבנות מתקן כזה. נראה שהם שכנעו עמיתים במרכז המחקר Marshall Space Flight Center שלייד האוניברסיטה להירתם למשימה בהשקעות פרטיות.

אחרים, כמו הפיזיקאי ג'יימס וודוורד (James Woodward) מאוניברסיטת קליפורניה בפולרטון והממציא הבריטי מרקוס הולינגשיד (Marcus Hollingshead), טענו שגם הם הצליחו לפתח מכשיר דומה. דיווחים דומים ממשיכים לצוץ מפעם לפעם במקומות שונים בעולם, החל במכוני מחקר מכובדים כמו זה האוסטרי, Austrian Research Center, דרך נאס"א וכלה במעבדות פרטיות של משוגעים לדבר.<sup>64</sup> אלה מצליחים לבנות טיסנים (Lifters) מופלאים המשיגים כוח עילוי במעט מאוד אנרגיה או גופים גיאומטריים העשויים מחומרים מורכבים המסוגלים לנוע במרחב בצורה מפתיעה, ועוד.

אם בסופו של דבר תתברר מהימנותה הגבוהה של התגלית הזאת, מה תהיה משמעותה? מה טמון בה? אלה השאלות שצריכות להעסיק אותנו בשלב זה כדי שלא נהיה מופתעים לחלוטין מהתפתחותה. וימים עוד יוכיחו אם נכוונת הטענות של תנועת האנטי-גרביטציה. בגלל הביקורת והספקנות של הזרם המרכזי במדע, היא היתה בתחילת דרכה תנועת מחקר מחתרית, אך אין לדעת מה ילד יום. למה הדבר דומה? לו התבקשנו לסכם את כל הטכנולוגיות של המאה ה-20

בעזרת היגד יחיד, קצר וברור, באיזה ניסוח היינו בוחרים? לו התבקשנו לזהות את התגלית המדעית העיקרית שממנה התפתחו רוב הטכנולוגיות המשמעותיות של המאה, איזו מהן היתה זוכה בתואר הנכסף? לעניות דעתי מושג אחד או אלמנט אחד היה מיד עולה לראש הרשימה – האטום, או ליתר דיוק האלקטרון. אם יש מה ללמוד מההיסטוריה של המדע בואו נראה כיצד התקבל האלקטרון בראשית דרכו. בשנת 1923, זוכה פרס נובל לפיזיקה רוברט מיליקן אמר: אין כל אפשרות שהאדם ירתום אי פעם את הכוח של האטום לצרכיו.

אם שוקלים את האמירה הקשה הזו לנוכח העובדה שמיליקן היה מראשוני הפיזיקאים שחקרו את האלקטרון, אולי אפשר להבין את גודל הטעות שכל אחד, כולל גדולי החוקרים, יכול לשגות בה. הוא הלך לעולמו בשנות החמישים, אך אילו זכה לראות כיצד רתם האדם את האלקטרון לצרכיו בעזרת מתקנים שנקראים מחשבים, אני מניח שלא היה מאמין למראה עיניו. מה הביא אפוא אדם מלומד לפסוק בביטחון כה רב את אשר פסק על האטום ועל האלקטרון? כיצד אפשר לטעות טעות כה גסה? אגב, בהיגיון שהיה טמון בתיאוריית היחסות של איינשטיין הוא השתכנע רק אחר שנים רבות מאוד, כשההוכחות כבר צפו ועלו מכל עבר.

חקר האנטי-גרביטציה אינו אלא עוד תחום שנראה לנו לחלוטין בלתי-הגיוני בתחילת המאה ה-21, עד כי אנו שוכחים שבחנו אותו רק מתוך התבנית המנטאלית של הממד השלישי שבתודעת החירות הפיזית. אנחנו בסך הכול פועלים בתוך התבניות אשר רכשנו בעמל רב. הן משרתות אותנו היטב ואף אחד לא היה רוצה להשליך אותן בהינף יד ולהחליפן על נקלה בלא מחשבה עמוקה תחילה. זו אופייה של פרדיגמה מדעית וטוב שכך. ואכן, מבחינה זו, היה מיליקן נאמן גדול לדיסציפלינה המדעית שלו.

אלא שצריך לזכור שמטרתה של כל פרדיגמה מדעית להיות רק תבנית מחשבתית ולא אמת נצחית. וכל פרדיגמה דינה לעמוד בבחינה, בביקורת או במתקפה תמידיות כדי שנוכל להמשיך להתקדם לעבר פרדיגמות טובות יותר ויעילות יותר בדרך לטיוב

מטרתה של כל פרדיגמה מדעית להיות רק תבנית מחשבתית ולא אמת נצחית

המציאות עבור הכלל. לצערי הרב יש מדענים השוכחים את תפקידה האמיתי של הפרדיגמה המדעית, השונה מדוגמה דתית, והם מרשים לעצמם להיסחף ולהתבטא כאוטוריטות דתיות בענייני מדע, וגרוע מכך, הם אפילו נוטים מדי פעם להצהיר שהמדע הוא חקר האמת. ואין עיוות גדול מזה. המדע לדעת רוב הפילוסופים המדעיים אינו אלא חקר פרדיגמות ולא חקר האמת, וכל פרדיגמה סופה להיות מוחלפת בפרדיגמה אחרת.

חשוב לזכור שהאדם לא מקבל את הכבידה כעובדה גמורה וכדוגמה דתית נצחית, והוא מבקש דרך להתחיל לרתום את הכוח שלה כדי לנוע במרחב

מה אם כך חשוב לזכור בתחילת המאה ה-21 בכל הנוגע לסוגיות המחקר סביב האנטי-גרביטציה? חשוב לזכור שהאדם אינו מקבל את כוח הכבידה כעובדה מוגמרת וכדוגמה דתית נצחית, והוא מבקש דרך להתחיל לרתום אותו לחיפושיו אחר דרכים חדשות לנוע במרחב. בעזרת מתקנים מתקדמים ובעזרת הבנה חדשה של כללי הכבידה, הוא מבקש לבטל את אילוצי הריתוק למתחמים מוגבלים ואולי גם לדלג במרחב בלי שיצטרך לגרור בו את עצמו בכוח התנגדות גדול עוד יותר.

הבנה חדשה כזו אפשר למצוא בעבודותיה המפתיעות של החוקרת הצעירה ליסה רנדל (Lisa Randall), שעשתה את הדוקטורט שלה באוניברסיטת הרווארד. היא פרסמה את שני המאמרים המצוטטים ביותר בפיזיקה כיום (RS-1, RS-2), ובהם היא מציעה כי הכבידה נמצאת בממד אחר משלושת הממדים המוכרים לנו (אורך, גובה, רוחב + זמן). בהתבסס על תורת המיתרים, שלפיה יש הרבה יותר ממדים ממה שרואות עינינו, היא חישה ומצאה שמקור אנרגיית הכבידה הוא בממד החמישי (ממברינה 5 במרחב ובזמן). גודלו של הממד הוא אינו עולה על  $10^{-31}$  ס"מ. היא טוענת שכל הכוחות והחלקיקים הבוקים לממדים שלנו, חוץ מהכבידה המרוכזת בממד הוא ועוברת אלינו בדרך המכונה Anti-De Sitter Space. רק בדרך זו היא מצליחה להסביר מדוע כוח המשיכה נמדד בצורה כה חלשה בממדים שלנו, יחסית למה שהיה צריך להיות מבחינה תיאורטית.<sup>65</sup> שני המאמרים הללו זיכו אותה בגיל צעיר מאוד בפרופסורה ובקרנות מחקר שמנות.

מי שענינו בראשו יודע שמהו רציני מתרחש בהכנתנו את כוח הכבידה – כך לדעתי אפשר להעריך את ההתפתחות הזו. הסיכוי של הפעילות המדעית הכמעט חתרנית הזו להביא באמתחתה שינויים מרחיקי לכת על פועלו של האדם במרחב הוא כה רב שאסור לנו להמעיט בערכו. אנחנו עלולים, כמו מיליקן, לטעות שוב טעות גסה ולא להתכונן לבאות. כדאי לחשוב כיצד יבואו השינויים הללו לידי ביטוי שכן כל דבר יכול להפיק תועלת ממשקל קל יותר, מהתחבורה הציבורית ועד לאספקת החשמל. די בסיכוי הקטן ביותר שהתיאוריות הללו נכונות כדי שיהיה צידוק להמשיך ולערוך את הניסויים הללו ולא לדחותם כפי שהמסד המדעי מבקש לעתים לעשות. אם הסיכוי הקטן הזה לשלוט בכוח המשיכה יתגשם, תהיה פריצת הדרך במסעות החלל אדירה. תיקון כוח הכבידה יכול להפוך את המסע הבין-כוכבי למציאות שכיחה. נוכל להאיץ עד למהירות הקרובה למהירות האור בלי שכוח הכבידה הקטלני ימעך אותנו כי אם כל אטום בגופנו יגביר את מהירותו באתו יחס,

לא נחוש את תחושת ההאצה. ומשלב כזה יהיה העולם שלנו שונה לחלוטין. לאמיתו של דבר, הרעיון של תיקון כוח הכבידה והשליטה בו אינו מפר את חוקי כוח הכבידה. בתורת היחסות חזה איינשטיין שכל חפץ המסתובב במהירות עשוי לעוות את כוח הכבידה. הבעיה היא שלהערכתו מדובר בעיוות קטן מכדי שיהיה אפשר להבחין בכך. האם ייתכן שהמבנה המורכב של מוליך-העל יכול להעצים את האפקט? הארה קטנה זו בלבד, גם בלי ללכת רחוק אחר התיאוריות הפרועות של ליסה רנדל, יכולה לעודד שקידה על טכנולוגיות שישנו את חיינו במרחב מן הקצה אל הקצה. וסביר להניח שנראה דברים מוזרים מאוד, ממעליות לחלל, דרך כבישים מחומרים אחרים, ועד לנעליים שמפחיתות ממשקל גופנו!

### מהירות האור

נעבור עתה למהו חשוב מכבידה. אחד מעמודי התווך של התגליות המדעיות במאה ה-20 היה, לדעת רבים, מהירות האור. עד למאה ה-17 ההנחה היחידה היתה שמהירות האור היא אינסופית. למה? כי כך ראו עיניהם. האור פשוט הופיע בבת אחת כל אימת שעינו של האדם עקבה אחר הופעתו או הדלקתו. רק בשנת 1677 הציע אולה רמר השוודי לפני האקדמיה המדעית הצרפתית את הרעיון שמהירות האור היא סופית, קבועה ומדידה. מדעני התקופה דחו את קביעתו זו של רמר בתואנה שהיא חסרת היגיון, עד שחמישים שנה מאוחר יותר, ב-1727, חיזק אותה ג'יימס ברדלי במדידות שערך. ורק כשמונים שנה אחר כך, בשנת 1809, בזכות תצפיות מדויקות יותר, דיווח האסטרונום ז'אן בטיסט ג'וזף דלמבר שהזמן שאורך לאור לנוע מהשמש לכדור הארץ עומד על 8 דקות ו-12 שניות, מה שאומר שמהירות האור עומדת על קצת יותר מ-300,000 קילומטר לשנייה. מקץ כ-180 שנה התקבעה סופית מהירות האור בספרי המדע. על פי הגדרת המטר שהתקבלה רק בשנת 1983 ומודדת את מהירות האור בריק, אנו מחשבים כיום את מהירות האור בדיוק של 299,792,458 מטרים לשנייה.

אף שפרדיגמת מהירות האור היא די חדשה בתודעתנו של האדם, כולם היום

מקבלים כאמת מוצקה את הגדרת הגבול העליון הזה שבו חלקיקים יכולים לעבור בלי שהמסה שלהם תשתנה. על פי תורת היחסות הפרטית של איינשטיין, אשר עיצבה את תודעת החירות הפיזית במרחב של המאה ה-20, מהירות האור בריק היא הגבול העליון למהירות שבה יכול חלקיק, גוף או מידע לנוע. שום גוף או אינפורמציה אינם יכולים לעבור אותה. מהירות האור בריק

כולם היום מקבלים כאמת מוצקה את פרדיגמת מהירות האור ואת הגדרת הגבול העליון הזה שבו חלקיקים יכולים לעבור

קבועה. הזמן והמרחב יחסיים. גוף בעל מסת מנוחה יכול רק להתקרב למהירות זו, וגוף חסר מסת מנוחה (כמו הפוטון) חייב לנוע בריק במהירות זו. איינשטיין הגדיר עבורנו את הגבול העליון שבו מסה כלשהי יכולה לנוע במרחב. אבל אם יש אמת בתיאוריית הממדים שלנו, אזי זו עוד פרדיגמה הנגזרת מתבנית החשיבה שהממד השלישי התאפיין בה. הקורא בוודאי כבר יסכים שזה עוד גבול שתיאורטית אפשר לפרוץ. הרי התודעה אינה מקבלת גבולות כדבר מובן מאליו, כזכור.

שנים טענתי, לפני כל מי שרצה לשמוע, ויעידו עלי רבים, כי זה רק עניין של זמן עד אשר גם את הגבול הזה יפרוץ האדם. לא ידעתי כיצד זה יקרה אבל הערכתי שאם אכן יקרה הדבר, תתחולל שרשרת של שינויים בהבנה שלנו את המרחב, וזו תהיה קיצונית יותר משרשרת השינויים שתופעת סוכך-הכבידה יכולה לגרום.

גם כאן, לשמחתי, אני כבר יכול להתחיל לדווח על פריצות דרך בכיוון זה. הפעם אין כל מהומה סביב הגילויים הללו. משום מה הכול עובר לסדר היום. אולי רק משום שהאפליקציות של המחקרים הללו עדיין רחוקות מאיתנו, ורבים לא מייחסים להן משמעות או שהן אינן מאיימות על שום אינטרס. רוב המחקר בכיוון זה עדיין טמון עמוק מתחת לרדאר של רבים. אני מניח שכאשר הוא יפרוץ לתודעה הגלובלית, תהיה המהומה רבה.

נהוג לתת למקבץ המחקרים הללו כותרת אחת, שלא אומרת הרבה לאדם מן השורה, סופרלומינל (superluminal) או בראשי תיבות FTL – Faster-Than-Light.

<p>הדעה המקובלת בתודעת החירות של הממד השלישי היא שאנחנו והמידע שבידינו כלואים בתוך גבולות מהירות האור</p>	<p>אף שהתופעה שחלקיקים או מידע יכולים לנוע בתנאים מסוימים במרחב במהירות גדולה יותר ממהירות האור אינה סותרת את תורת היחסות הכללית של איינשטיין, הזרם המרכזי בפזיקה טען שהדבר יכול להתרחש אך ורק בחללים נדירים מאוד שבהם רקמת החלל והזמן מעוותת. מכל מקום, מאחר שהחלקיקים הללו זקוקים לכמות אינסופית של אנרגיה כדי לנוע במהירות שמעבר למהירות האור,</p>
---	---

התופעה נשארת בחזקת תיאוריה בלבד. בקיצור, הדעה המקובלת בתודעת החירות של הממד השלישי היא שאנחנו והמידע שבידינו כלואים בתוך גבולות מהירות האור.

אבל משום מה, משהו דוחף חוקרים לאתגר את הדעה המקובלת הזו. משהו עמוק בתוכם אומר להם לפרוץ את הגבול הזה. כך למשל ניסו חוקרים לבחון אם יש סוגים שונים של ריק כדי לבדוק אם מהירות האור שם תהיה שונה. ואכן, הם מצאו שלריק עצמו יש אנרגיה (vacuum energy), לכן חיפשו גם דרך לשנות את

האנרגיה שבו. הם העריכו שאם מורידים את אנרגיית הריק, מהירות האור גדלה. תופעה זו נקראת Scharnhorst effect או Casimir Vacuum. אפשר לייצר ריק כזה אם מקרבים זו לזו שתי לוחיות מתכת חלקות לחלוטין למרחק שלא עולה על קוטר של אטום אחד. החישובים מראים שמהירות האור תגדל במעט, אבל עדיין לא היה מי שיערוך את הניסוי הזה כדי לאמת את התחזיות.

אפשר להבחין כיום בשני זרמים המנסים לאתגר את מהירות האור. יש אשר מנסים לקעקע את תורת היחסות של איינשטיין ולהוכיח שחלקיקים יכולים לנוע מעבר למהירות האור גם בריק, ויש אשר מקבלים אותה אבל מחפשים מעקפים במרחב כדי לדלג בו ובכך בעצם לנוע במהירויות שמעבר למהירות האור.

ממייצגי הגישה הראשונה הם הפיזיקאים הגרמנים גינטר נימץ (Günter Nimtz) ואלפונס שטלהופן (Alfons Stahlhofen) מאוניברסיטת קובלנז, אשר ב-2007 פרסמו<sup>66</sup> שעלה בידם לקעקע את יסודות תורת היחסות בעזרת ניסוי שבו העבירו פוטון במהירות העולה על מהירות האור. הם טענו כי הצליחו להעביר פוטונים (microwave photons), חבילות של אור בעלות אנרגיה יחסית קטנה, באופן מיידי בין שתי פריזמות שעמדו במרחק מטר זו מזו בעזרת תופעה הידועה בשמה "מנהור קוונטי" (quantum tunneling). לא כולם מקבלים את קביעתם ובכל זאת ראוי לציין שמאז חזרו גם אחרים על הניסוי הזה.

חוקרים הצליחו לקעקע את יסודות תורת היחסות בעזרת ניסוי שבו הם העבירו פוטון במהירות העולה על מהירות האור

אין ספק שהקרקע רוחשת תיאוריות שונות בעניין הקבוע הזה המכונה  $c$  (מהירות האור), מטענות שלאור יש מהירויות שונות ועד טענות בדבר האפשרות לשלוט במהירויות הללו. יש, למשל, מעבדות המנסות לשחזר את הניסוי המוצלח שנערך בשנת 2001 במוסד המחקר של NEC שבפרינסטון (NEC Research Institute)

חוקרים הריצו פעימות אור במהירות העולה על פי 300 ממהירות האור

ובו הריצו פעימות אור (light pulses) במהירות העולה על פי 300 (!) מהקבוע  $c$ . הם העבירו אור דרך חדר מלא גז caesium. הפולס שנמדד עבר את החדר עוד לפני שחדר אליו.<sup>67</sup> או למשל, חוקרים מהרווארד הצליחו להאט את מהירות האור לכדי 30 מ' בשנייה. ומדהים אף יותר, חוקרים בשתי מעבדות שונות העבירו אור, האחת דרך חדר מלא גז sodium מקורר והאחרת דרך rubidium מחומם, והצליחו להביא את חלקיקי האור (photons) לעצירה מלאה, אחר כך הצליחו להאיצם שוב למהירותם הטבעית ללא כל בעיה.<sup>68</sup> אחרים עשו משהו שנראה לכאורה מובן מאליו והצליחו למלא בקבוק זכוכית באור שמהירותו עצרה מלכת.<sup>69</sup>

חוקרים הצליחו להאט את מהירות האור לכדי 30 מ' בשנייה ואף להביאו לעצירה מלאה

אכן, ברגע שלא מקבלים את הגבול, והתודעה מוכנה לשלב הבא בחירות הפיזית שלה, היא מחפשת כל דרך כדי להוכיח שהגבולות פרוצים. עוברות כמובן עוד שנים רבות משלב זה עד שמפתחים אפליקציות מעשיות לשימוש ההמון. אבל ממנו והלאה הדרך פתוחה לשינויים מפתיעים, כמו סיבים אופטיים עם מאיצי אור מיוחדים וכמו מחשבי קוונטום רבי-עוצמה לכל נער ונערה. יש שכבר התחילו לפתח פריטים מהסוג הזה. למשל, פרופ' ריצ'ארד סמליי (Richard Smalley), מבכירי החוקרים בננוטכנולוגיה, החל פרויקט שמטרתו לבנות אב-טיפוס של "חוט קוונטי" הבנוי על בסיס nanotubes. המטרה היא לייצר כבל חשמל ללא ניגודיות כלל כדי שחשמל לא יתפזר בדרכו ממקום למקום בצורה של חום. בדרך זו יהיה אפשר לחסוך כמות אדירה של חשמל שהולכת לאיבוד בצורה של חום.

ייתכן שהדרך לטלה-טרנספורטציה (tele-transportation) עוד ארוכה. זמן רב יחלוף עד שנשמע הוראות בסגנון סדרת הטלוויזיה הפופולרית "מסע בין כוכבים", שבה מורה קפטן קירק לאחד מחברי הצוות של האנטרפרייז "שדר אותי סקוטי" (Beam me up Scotty). אבל, חכו ותראו, סביר להניח שהמציאות תעלה על כל דמיון.

### מקורות אנרגיה עתידיים

המעניין בכל התהליך הזה שבו מתעורר האדם לממד חדש של חירות פיזית במרחב, הוא שאין דבר שהוא לא מבקש לפרוץ בעקבות ערות זו. האמיתות הכי פשוטות עומדות שוב למבחן, והוא בדרך כלל גם מנפץ אותן לרסיסים. קחו למשל את האמת המופלאה הזו של החיים על פני כדור הארץ. כל הגוף העצום של ידע שצבר המין האנושי זה זמן רב, מהנרטיבים הדתיים למיניהם ועד לדיסציפלינות האקדמיות החדשות, מלמד על השכריריות של החיים על פני האדמה. כשחושבים על התנאים שבהם מתקיימים החיים, מהבקטריה הזעירה ביותר ועד לממוטה הגדולה ביותר, ברור לכול שהחיים הללו יכולים להתקיים רק ברצועה זעירה מאוד. כל רוחב הרצועה הזו אינו עולה על 10 ק"מ מעל האדמה ועוד 10 ק"מ במעמקי הים. מעל לגובה זה הקור המקפיא קוטל כל רקמה חיה, ומתחת לזה הלחץ והחום מאדים כל רקמה. בהכרה זו התהלכנו שנים רבות אבל כנראה לא עוד. לתודעת הקיום הזו היו השלכות מהותיות על הבנתנו את היווצרות החיים ועל התיאוריות שפיתחנו כדי לענות על שאלות כמו היכן נוצרו והיכן הם יכולים להתקיים.

הבנתנו את מקור הנפט נובעת גם כן מהכרה זו, והיא שהכתיבה את יחסנו אליו. אף שהאדם השתמש בנפט גולמי לבעירה זה למעלה מ-5,000 שנה, הוא החל לסחור בו רק בעת החדשה, ורק במאה השנים האחרונות למעשה נעשה המשאב הזה לגורם דומיננטי המשפיע על התנהלותו הגיאופוליטית של האדם – מה שהפך מקור לצרות צרורות ולמאבקי כוח. התיאוריה על מקור הנפט, בבואה להסביר מהיכן באו שדות הנפט הפזורים בעולם, נחה על ההשערה שחיים יכולים להתקיים רק ברצועת 20 הקילומטר הנ"ל, מכאן שכמו שאר דלקי המאובנים (fossil-fuels), מקורו שם – בתוך פני השטח של אותה רצועה. הוא נוצר משאריות המאובנים של צמחים וחיות מתות אשר נחשפו ללחץ ולחום של קרום כדור הארץ במשך מיליוני שנים. עם הזמן, התכסו השאריות הרקובות של המאובנים הללו בשכבות של בוץ וסחף ושקעו עוד מטה אל רבדים עמוקים יותר של קרום כדור הארץ. שם השתמרו בין שכבות חום ולחץ, עד אשר בהדרגה הפכו להיות מאגרי נפט.

כאשר תודעת המרחב שבו חיים יכולים להתקיים היא כה צרה ומצומצמת, הנפט נעשה למשאב אזיל שחייבים לדאוג לאספקתו השוטפת גם במחיר דמים רבים. כי אם הוא נוצר שם בתהליך של מיליוני שנים, ודאי שגם ילך וייגמר. ואם כה חיוני הוא להנעתה של הכלכלה שלנו, סף החרדה שמלווה את הסיכוי שיאזל רק הולך ועולה. וכשהאדם חרד, כבר למדנו, הוא מסוגל לעשות את הדברים הכי לא הגיוניים.

כאשר תודעת המרחב שבו חיים יכולים להתקיים היא כה צרה ומצומצמת, הנפט הופך להיות משאב אזיל שחייבים לדאוג לאספקתו השוטפת גם במחיר דמים רבים

וכשהאדם כִּשֵׁל לפרוץ את פרדיגמת הגבולות שבהם מתקיימים חיים, כי זה אופייה של תודעת החירות של הממד הרביעי, הוא יפרוץ גם את פרדיגמת מקור הנפט. מי שנרתם בדרך כלל למסעות חיפוש כאלו הם בעלי החזון וההרפתקנים. ההרפתקנים של העבר היו נוודים, ימאים או טייסים. ההרפתקנים של היום הם המדענים. חמושים בתיאוריות ובכלי מחקר ומעבדות, כמו בעבר, הם אובססיביים לדחוף את המעטפת של חייהם במרחב המוכר.

האחרון שהיה אובססיבי לפריצת הקרום הדק של המעטפת הזאת ובכך לפרוץ סופית את פרדיגמת מקור הנפט הוא איש מיוחד במינו, תומאס גולד שמו, פיזיקאי בעל רקורד מוכח לפריצת מסגרות תיאורטיות. אילו חי בימי הביניים, היה בוודאי מקבל עיטורי גבורה ותוארי אצולה אשר ניתנו בעיקר לדמויות יוצאות דופן שהובילו משלחות בימים גועשים כדי למצוא תרבויות חדשות-ישנות או שהעפילו להרים גבוהים כדי לדרוך במקומות שכף רגל



אדם לא דרכה בהם מעולם. אבל מה לעשות שהוא חי בתקופה שמדליות ניתנות רק למי שמוכיח את כושר הסבולת הפיזי שלו במקצועות ספורט ואילו פורצי הדרכים, האינטלקטואלים האמיתיים, נשארים נחבאים אל כליהם.

תומאס גולד היה פרופסור לאסטרונומיה באוניברסיטת קורנל הידועה שבארה"ב עד לפטירתו בשנת 2004. כבן למשפחה יהודית שנולד בווינה בראשית שנות ה-20 ועזב עם הוריו לברלין, שבה היה מרכז העסקים של משפחתו שסחרה במתכות, ומברלין לארה"ב אחר עלייתו של היטלר, הוא היה נווד בדעותיו המדעיות. תמיד העלה ספקולציות מדעיות שהדעת לא סבלה בזמנו, ותמיד עברו כעשרים שנה עד שהתברר שהתיאוריות שפיתח הן בעלות תוקף מדעי. בקריירה שלו יש עשרות דוגמאות לכך, ויש שספרו שישים רעיונות יוצאי דופן כאלה בתחומים מולטי-דיסציפלינריים מובהקים שבהם עסק. בחרתי להתמקד כאן בתיאוריה החביבה עליו בערוב ימיו.

#### מקור הנפט העתידי

גולד התעניין תמיד בסוגיית הפטרוליום. בהיותו אסטרונום האמין שביולוגיה היא בסך הכול ענף של התרמודינמיקה וכי ההיסטוריה של החיים אינה אלא התפתחות הדרגתית ושיטתית לעבר דרכים יעילות יותר לזיקוקה של האנרגיה הקוסמית.

בשנת 1977 נפלה בידו ההזדמנות להוכיח את אמונתו כאשר צוללת מחקר ליד איי גלאפגוס שעל קו המשווה גילתה במקרה כמה מערכות אקולוגיות משגשגות עמוק בקרקעית הים, ליד זרמים הידרותרמיים של תמיסות גזים לוהטים. קודם לכן איש לא האמין שיכולים להתקיים שם חיים. מאוחר יותר נמצאו בזרמים דומים במקומות אחרים אורגניזמים רבים, כולל תולעי מים ענקיות וסרטנים לבקניים, אשר ניזונו מחיידקים אוהבי כימוסינתזה לוהטת. התגלית שחיים יכולים להתקיים

מסות בקטריולוגיות  
אדירות החיות בעומק  
האדמה שתוצר הלוואי  
שלהן אינו אלא הנפט

במעמקים לוהטים כאלה הביאה אותו לפתח תיאוריה מהפכנית בדבר מקור הנפט בבטן האדמה – תיאוריית "ההתהוות הביוגנית של פטרוליום"<sup>70</sup>. התיאוריה מדברת על מסות בקטריולוגיות אדירות החיות בעומקים של יותר מ-10 ק"מ מתחת לאדמה ובטמפרטורות שמעל 100 מעלות, ניזונות מגז הביצות (methan) ומפחמימן

(hydrocarbons), ותוצר הלוואי של הבקטריות הללו אינו אלא הנפט. גולד ביקש להפוך את הקערה על פיה. במקום לומר שמקור הנפט מעל פני האדמה ומעל

שדות הנפט, ולכן בהכרח אזיל, הוא הציע שמקורו עמוק מתחת לאדמה ולכן הוא לא אזיל.

מיד כשהתחיל גולד לפרסם את התיאוריה שלו, החלו גם חוקרים אחרים לגלות "לפתע" בים מערכות אקולוגיות "בלתי-הגיוניות" המשגשגות בתנאי לחץ, חום ועשן סמיך שחור שעלה ממעמקים, שאך תמול שלשום היה נדמה ששום צורת חיים אינה מסוגלת להתקיים שם. ועוד גילה גולד שתחומי הגבול של המדינות מפיקות הנפט העיקריות במזרח התיכון ובדרום-מזרח אסיה קשורים לדפוסים גיאולוגיים וטופוגרפיים בולטים, כמו שברים וסדקים סטרוקטורליים בשכבות סלעים עמוקות בעובי קרום כדור הארץ. הוא גם הצביע על שפע ההליום שיש ברזובות הגז והנפט כהוכחה למקורם העמוק של הפחמימנים שבהם. פחמימנים הם בדרך כלל תרכובות אורגניות המכילות אך ורק אטומי פחמן ומימן, ואילו בשדות הנפט הוא מצא בתוכם כמות גדולה מאוד של הליום. יתרה מזו, מאגרים אחדים אשר נעזבו מפני שמוצו והנפט שבהם רוקן, חזרו והתמלאו והפיקו שוב כמות גדולה של נפט גולמי. משום כך הציע גולד שעובי כדור הארץ מכיל למעשה כמות בלתי-נדלית של מקורות אנרגיה. הוא חישב ומצא שיש בעובי האדמה כמות שתספק לאדם 500 מיליון שנות צריכת גז בערכים של שנות התשעים.

גולד החל לבחון במלוא הרצינות את התיאוריה שלו בשנת 1986, בתמיכתן של קבוצות משקיעים. הוא החל לקדוח חורי דגימות עמוק באדמה ליד אגם סילז'אן שבשוודיה – אחד האגמים הגדולים במדינה שעומקו מגיע ל-120 מטר ופני השטח שלו 161 מטר מעל גובה פני הים. הוא בחר באזור משום שכולו עשוי מאדמת סלעים קשה שמקורה מהיווצרות מכתש מטאורי גדול והעריך שיש שם די ערוצים פתוחים ועמוקים שיאפשרו למתאן (גז הביצות) לעלות מעלה. הוא העריך שהסדקים באזור מגיעים עד ל-40 ק"מ מתחת לאדמה.

בשנת 1987, בזמן שעוזריו היו בעיצומו של קידוח עמוק, בבת אחת נעלמו להם פתאום כ-900 חביות של חומרי סיכה לקידוחים ושקעו בעומק של כ-6 ק"מ. יש לזכור שעומקם של רוב שדות הנפט שמתבצעים בהם הקידוחים הוא 2-4 ק"מ. לכן האמין גולד שחומר הסיכה נפל לתוך מאגר של מתאן. הוא ביקש להעלות מהעומק הזה בוצה וכשהעלו עברו 100 ליטר של בוצה שמנונית ושחורה, מצא בה שאריות של נפט ושל חיידקים קדומים (archaeobacteria).

עקב המקרה הוא טען שיש עולם שלם של חיים ביולוגיים במעמקים והחזיק בידו הוכחה ניצחת כנגד הטענה האורתודוקסית שהנפט בא מעולם החיים

לא ירחק היום שיהיה אפשר להתחיל להפיק נפט בחוות גידול ייעודיות

הביולוגיים שמעל האדמה רק משום שיש בו מולקולות ביולוגיות. הצהרות אלו כמובן נתקלו מיד בספקנות מרובה, ועוררו גם זעם עמוק, פקפוק וחוסר אמון. בסדרה של ניסיונות שבאו אחר כך, שבהם שיפר את שיטות הקידוח בעקבות הביקורת, נמצאו גז ונפט בעומקים של 4 ק"מ במקומות אחרים אבל הם לא היו מסחריים.

כיום יש ניסויים ראשוניים לגידול נפט במעבדות. יש הסבורים שלא ירחק היום שיהיה אפשר להתחיל להפיק בחוות גידול ייעודיות.

### קולטים סולאריים בחלל

גם אם יתברר בהמשך שגולד צדק לחלוטין בתיאוריה שלו וכי אפשר להפיק נפט וגז ממעמקים גדולים מאלה שהורגלנו אליהם ובכמויות מסחריות אינסופיות, וגם

האדם נשאר קשור בקשר גורדי לקירות ולכבלים ועדיין לא ניתק עצמו מאילוצי המרחב שהם מכתבים לו

אם מישוהו יפתח שיטה מסחרית לגדל נפט בבריכות ובמאגרים ענקיים, זה לא מה שיביא מזור לצורכי האנרגיה ההולכים ומתעצמים של האדם במאה ה-21. זה לא מה שהאדם זקוק לו כדי להניע את הטכנולוגיות והכלכלה של המאה ה-21. צוואר הבקבוק הגדול ביותר של הטכנולוגיות המתקדמות, כפי שכל אחד כבר יודע דרך החוויה של המחשב והטלפון הנייד שברשותנו, הוא

הזמינות של האנרגיה להפעילן. אמנם האדם התקדם יפה בכל הקשור ליכולתו לשדר נתונים בשיטה אלחוטית ולנתק את מכשיריו מאילוצי המקום, אבל נשאר קשור בקשר גורדי לקירות ולכבלים ועדיין לא ניתק עצמו מאילוצי המרחב שהם מכתבים לו. בסופו של דבר, בכל כמה שעות הוא חייב לחזור לשקע שבקיר כדי להתחבר למקור אנרגיה ולטעון את כליו, שאם לא כן, שום מכשיר לא שווה את משקל נשיאתו. האמת הכואבת שאליה המין האנושי מתעורר בראשית תקופת הממד הרביעי היא החירות הלוקויה בכל הקשור להנעת האנרגיה שברשותו. המסכת הגדולה של הפקתה מבטן האדמה ושינועה במרחב אינם מספקים עוד את החירות הפוטנציאלית הטמונה בממד הרביעי. והתודעה הזו תחפש חירות זו בכל מחיר כי בנפשה הדבר.

משום כך, אם ברצוננו להבין באמת היכן תהיה פריצת הדרך המשמעותית בכל הנוגע להפקת אנרגיה ולשינועה, חובה עלינו להסתכל במקום אחר. עם כל הכבוד לגולד, התיאוריה שלו שמרחיבה את גבולות הקרום הדק בקוסמוס שבהם חיים יכולים להתקיים, אינה אלא לעג לרש. יש לחפש בכיוון אחר, דווקא במקום שהמומחים לא רואים בו כיוון מעשי או הגיוני שאפשר להפיק ולשנע ממנו

כמויות גדולות של אנרגיה שיהיו זמינות לכול, ממש כפי שמומחים קודמים טענו בעבר הלא-רחוק שלא יהיה אפשר לשנע ביטים של מידע מכל מקום לכל מקום. וזה חייב להיות משהו גרנדיוזי אשר יהיה מסוגל לספק כמויות בלתי-נדלות של אנרגיה זמינה. זה חייב להיות משהו שרק סובסידיות ותקציבי עתק ממשלתיים מסוגלים להוציא לפועל ולממש.

אם סורקים את כל התחומים שבהם נעשים ניסיונות לפתח משהו דומה, בולט במיוחד הוא תחום הקולטים הסולאריים בחלל (Space Based Solar Panels – SBSP).

למעשה זוהי שיטה לקלוט בעזרת פנלים סולאריים המוצבים על לווייני חלל הנעים בגובה של 36 אלף ק"מ מעל האדמה (Geostationary Orbit – GEO) את קרני השמש, להמיר אותן לחשמל ולשדר את אנרגיית החשמל בעזרת קרני מיקרוגל לתחנות קליטה על פני הקרקע. בגובה כזה, לעומת קולטים סולאריים על

לשדר את אנרגיית החשמל בעזרת קרני מיקרוגל לתחנות קליטה על פני הקרקע

הקרקע, אין בעיות של מחזורי יום ולילה, מזג אוויר, עונות השנה או אפקט מעכב כלשהו היכול להיגרם בגלל הגזים השונים שבאטמוספירה. בייחוד אין מגבלה של עלויות תחזוקה גדולות. והכי חשוב, ממוצע הנצולת של שטח הפנים של קולטי שמש בחלל עולה בעשרת מונים על הנצולת של קולטים דומים על הקרקע.

שתי אפשרויות קיימות כרגע לשדר את החשמל המופק מקולטים כאלה אל תחנות קליטה שעל הקרקע. האחת, להפנות חלק מהחשמל ליצירת קרן מיקרוגל שתמקד אותו ותשדר אותו מטה. והאחרת, להפנות חלק מהחשמל ליצירת קרן לייזר שגם היא תשדר את החשמל בצורה של חום מרוכז למטה (Dynamic solar thermal power systems).

למרות החששות והמיתוסים אין כל בעיה רפואית של נזק היכול להיגרם לרקמות ביולוגיות מהקרן המרוכזת שתנוע לארץ. היא לא מזיקה יותר מכל שידור רדיו רגיל, ונכון... היא גם לא מסוגלת להפיל שום מטוס בדרכה כפי שדמיונם של בעלי המיון פורה מתעתע בהם. אך היתרון הבולט ביותר של הקולטים הוא שהם ישימים בסקלה גלובלית ושאינן בהם סיכון ביטחוני כמו באנרגיה גרעינית, שממשלות לא מתלהבות למכור ולהעביר למדינות מתפתחות שמא ייעשה בה שימוש צבאי. ואין צריך לומר שבעזרת שאר שיטות הפקת האנרגיה הקיימות כיום, הטכנולוגיה מורידה פלאים את הרמות של גזי החממה שהמין האנושי פולט לאוויר.

לקולטים יש כמובן גם חסרונות, ובין הבולטים שבהם אלה הנזקים המצטברים מהקרינה הקוסמית והנזקים מפגיעות של מיקרו-מטאורים.

את רעיון הקולטים הגה ד"ר פיטר גלזר בשנות השישים, ובשנת 1973 אישר לו משרד הפטנטים האמריקני פטנט שמספרו 3,781,647 על הטכניקה שפיתח כדי להעביר חשמל למרחקים גדולים בעזרת קרני מיקרוגל. הטכניקה שלו כללה שני סוגי אנטנות, האחת בקוטר של ק"מ רבוע המוצבת על הלוויין ליד הקולטים והאחרת גדולה יותר ומוצבת על הקרקע. אנטנות אלה נקראות רֶקְטֵנָה (rectenna). מאז 1978 נערכו ניסויים ומחקרים במוסדות לאומיים ובתעשיות פרטיות כדי לבחון את ישימות הטכנולוגיה, את יתרונותיה ואת חסרונותיה. היו כמובן עליות ומורדות בדחיפות להמשיך לחקור ולפתח את הטכנולוגיות הקשורות אליה. אך בניגוד לדעה המקובלת, ישימותה כבר הוכחה לפני זמן-מה. ויליאם בראון, למשל, הדגים את יעילותה ואת ישימותה עוד בשנת 1964, בשידור טלוויזיה באחת מתוכניות החדשות של וולטר קרונקייט ב-CBS. המערכת שהוא הדגים שידרה חשמל לעבר הליקופטר המונע על ידי קרני מיקרוגל בכמות שהספיקה לו להמשיך לעוף באוויר. כמו כן, כבר בשנת 1975, חברת JPL Raytheon הדגימה טכנולוגיה שבעזרתה שידרו הטכנאים, שבראשם עמד בראון, 30 קילו-ואט חשמל למרחק של 1.6 ק"מ ביעילות של 84%.

ובשנת 1999 החלה נאס"א בתוכנית פעולה ששמה (Space Solar Power) SERT Exploratory Research and Technology Program כדי לבחון ולבצע פרויקט היתכנות שיאמת את כל ההנחות הקשורות להקמת תחנות ייצור חשמל בחלל ושידורו לקרקע. התוכנית מכינה גם את אבני הבניין להעברת 5 עד 10 גיגה-ואטים דרך האנטנות. נצילות תאייהם הסולאריים של הקולטים המתוכננים תהיה יותר מ-40%. רוב התאים הקיימים כיום בשוק מגיעים לנצילות של 24%-30%.

מכל מקום, נראה כי הבעיה שנותרה אינה קשורה אלא לתחושת הדחיפות הפוליטית והכלכלית ולסוגיית הכשרת כוח האדם הרלוונטי למשימה. בדרך כלל תחושה זו נפתרת כאשר יש עימות אלים שבכת אחת מעלה את תחושת הדחיפות לפתרונות בעלי ערך מוסף מוכח. ואז, לרוב, הממשלות מוכנות להשקיע משאבים ללא כל עכבות מיותרות. מי שעוקב אחר הפעילות בעשור הראשון של המאה ה-21 יכול להסיק שהקרקע בשלה למהפך הזה אף כי ייתכן שיעברו עוד שלושה-ארבעה עשורים עד שנראה את התחנות הראשונות בחלל. אם יהיה סכסוך אלים בשנות העשרים של המאה, כפי שאני מעריך וכפי שעוד נראה בהמשך, אזי הטכנולוגיה תקבל דחיפות, והיא תוכל להתממש בתוך פחות מארבעה עשורים. בין כך ובין כך אני מעריך שזו תהיה המהפכה של אמצע המאה ה-21 ולא לפניה.

המהפכה של אמצע  
המאה ה-21

הפעילות אינה מרוכזת רק בארה"ב והיא כבר גולשת לעוד מקומות. למשל, בשנת 2001 הכריזה סוכנות החלל של יפן (NASDA) על תוכנית ניסוי להצבת לווייני קולטים בחלל שיוכלו להפיק חשמל בכמויות שביין 1 קילו-ואט ל-1 מגה-ואט.

ב-10 באוקטובר 2007 הצהירה המחלקה לביטחון לאומי בחלל של הפנטגון (Pentagon's National Security Space Office – NSSO) על תוכניתיה לבנות תחנת חלל בינלאומית להפקת אנרגיה. תחנה זו, בשונה מהלוויינים האחרים המתוכננים, תחוג בגובה נמוך (low-earth orbit – LEO).

בשנת 2009 הודיעה חברה פרטית חדשה ששמה Space Energy על תוכניתיה לספק חשמל מהחלל באספקה מסחרית בתוך עשור אחד, וחברת החשמל האמריקנית (Pacific Gas and Electric – PG&E) דיווחה שהיא פועלת לקבלת אישורים רגולטוריים להסכם שהיא רוצה לחתום עם החברה Solaren כדי לקנות 200 מגה-ואט חשמל שיופק בחלל, החל משנת 2016.

באותה שנה הגישה חברת PowerSat שני פטנטים לאישור. האחד, פטנט בדבר מקבץ תחנות חלל סולאריות המסוגלות במבנה מיוחד לשרד גלי מיקרוגל לקרקע. והאחר, בדבר מכניזם מיוחד המסוגל להשתמש במערך סולארי מהחלל כדי להפעיל מנוע-יוני שנועד להרים לוויין סולארי מגובה נמוך בחלל (LEO) לגובה רב יותר (GEO). מנוע יוני הוא סוג מיוחד של מנועים המשמש להנעת גְּשׁוּשׁוּיּוֹת לתיקוני מסלול של לוויינים. המנוע משתמש באלומות יונים שהוצאו בעזרת שדה חשמלי חזק כדי ליצור דחף.

אפשר להמשיך עוד ברשימה זו, אך דומני שדי בזה כדי שהקורא יוכל להתרשם מהפוטנציאל הטמון בהתפתחות שכזו ובישימותה. המטרה שלי היא להמחיש שאף כי אנחנו עדיין בשלבים מוקדמים של מימוש הטכנולוגיה הזו ואף שרבים עדיין חוששים, שלא בצדק, מעלויותיה ומסיכויי הבריאות שבה, ההיגיון הטמון בהתפתחות התודעה של הממד הרביעי מחייב אותה. ייתכן שעוד יימצאו דרכים זולות יותר ושונות לחלוטין לשידור האנרגיה מהחלל, כפי שראינו את התפתחותן של שיטות חדשות בשידורי אלחוט להעברת נתונים. אך ככל הנראה ההתפתחות הזו מחויבת המציאות, והיא תשנה לחלוטין את הבנת המרחב. היא תרחיב את תודעתנו והבנתנו היכן אפשר לפעול, ליצור וגם להילחם. היא תביא עמה שחרור מכבלים קיימים אבל גם פחדים מרחב חדשים שיעצבו בתורם את החששות של סוף המאה ה-21 ויחוללו את הקונפליקטים החדשים. בינתיים ייהנו רבים מאיתנו מהחירות החדשה במרחב שנזכה לה, ולא ירחק היום שבו לא רק נשדר

לא ירחק היום שבו לא רק נשדר אנרגיה מהחלל אלא גם נשדר אותה זה לזה

אנרגיה מהחלל אלא גם נשדר אותה איש לרעהו, כפי שחברת witricity מבטיחה, והגדג'טים שלנו יצאו סוף סוף מעבדות לחירות.<sup>71</sup>

## פרדיגמה של פרדיגמה

תגליות מדעיות  
ופיתוחים טכנולוגיים  
אינם אקראיים או  
בלתי-סדירים אלא הם  
תוצאה של בשלות  
תודעתית

אני מודה שתיאוריית הממדים הזו מאתגרת את הבנתנו כיצד בכלל מתפתח המדע. אני מסכים שהיא קיצונית ולא כולם יסכימו לקבל את ההנחה העיקרית הטמונה בה. בקשתי רק שנשקול אותה ונדון בה כי יש בה משהו שיכול להסביר מגמות. ההנחה הנסתרת שלה אכן מהפכנית. היא למעשה מניחה שתגליות מדעיות ופיתוחים טכנולוגיים אינם אקראיים או בלתי-סדירים. יתרה מזו,

היא מניחה שהם תוצאה של בשלות תודעתית. אם הבשלות הזו עדיין לא התגשמה בתודעה הקולקטיבית של החברה, אזי אף אם מישהו מועד במקרה לעבר תגלית חשובה, תלעג לו החברה ואולי גם תרחף אותו להתאבד כפי שקרה בעבר. ודאי שהתגלית לא תתפתח להיות נפוצה ומיושמת.

חוקי טבע רבים אינם  
אבסולוטיים  
ואובייקטיביים מחוץ  
לתודעה ולכלי המדידה  
שלנו

מעבר לזה, ההנחה החשובה ביותר הטמונה בתיאוריית הממדים היא שאין זה ודאי כלל שיש חוקי טבע אבסולוטיים ואובייקטיביים מחוץ לתודעה ולכלי המדידה שלנו. למעשה, רוב חוקי הטבע יחסיים לתודעה שלנו, וככל שתתבגר התודעה ותשתנה, היא "תגלה" שחוקים חדשים וחוקי יסוד פתאום יידמו פרימיטיביים. העובדה שבשפה העברית למילה "מציאות",

המתייחסת לעולם שמחוץ לתודעה, ולמילה "המצאה", שהוראתה יצירה יש מאין של התודעה ולא תגלית על העולם המוחשי והחיצוני לה לכאורה, יש שורש משותף: מ-צ-א – מרמזת שהתודעה יכולה וצריכה לחפש, למצוא וגם "להמציא" את המציאות. באנגלית המילה reality לא מכילה את דו-המשמעות הזו. מבחינה זו, אולי נגלה שאין תיאוריית-על סופית המאחדת את הכול, ומשם והלאה ננוח על זרי הדפנה. אמנם תיאוריית-העל היא משאת נפשם של רבים כיום, אבל ייתכן שעם השנים תתברר תיאוריה חדשה שלא יכולנו לכלול אותה בתיאוריית-העל שלנו כי לא היינו מודעים לקיומה אז.

יש באבחנה זו, לעניות דעתי, עוצמה אינטלקטואלית גדולה. היא למעשה מציבה לנו את דרכה של התודעה בקוסמוס. והמסע הזה של התודעה, במרחב ובזמן, הופך בעקבותיה לאינסופי, למפעים ולמבטיח, והוא מבטיח הפתעות

למכביר והתקדמות והשתכללות תמידיות. יש שייבהלו מההיקף וממוטת הזמן שמכילה האבחנה. אני, במלוא הענווה, לא נבהל. אני נפעם. מדענים אחראיים יסכימו להנחה זו. למיטב הכרתי, זוהי תכונתן האמיתית של פרדיגמות מדעיות כפי שרבים בפילוסופיה המדעית ובראשם תומאס קון הבינו אותן. תורת הקוונטים בוודאי תומכת בהנחה זו, ואני מאמין שעוד יהיו לה ימים טובים יותר במאה ה-21.