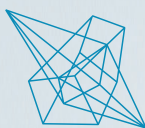


עיין ערך:

02



אסכולה
רשת הבוגרים



מרכז מדעני העתיד
MAIMONIDES FUND

עיון ערן: 02

03	דבר המערכת	35	אבן פינה לפילוסופיה מוסרית חדשה- ישנה איתמר דריימן
05	בין הדמיון, העט ומחשב העל: על חיזוי והבנה של מזג האוויר אור הדס	45	הבהלה לתוכנה נעם קרופניק
08	הלך הרוח היוצר - ומה עם הלך הרוח הסופר? נועה שטראוס	49	נווה מדבר (שיר) נוי גבאי
14	במבט מגבוה (שיר) ויסלבה שימבורסקה	50	קטעים מיבגני אונייגין (שיר) אלכסנדר פושקין
15	גבר מכה (קולאז') אפוכה	51	על שלושה סוגי חלקיקים: חלקיקים, חלקיקים שלא קיימים וסטטיסטיקה איתי בלוך
16	מאמר תגובה ל"בשבח חוסר ההכרעה" מאת שלו אלי ישראל מלכיאל	56	דיוויד יום והמדע המודרני נמרוד נקדימון
19	מבוא קוונטי לעולמות מרובים אורי שם אור	61	קריקטורה יונתן שוקרון
27	אינטרפרטציית העולמות המקבילים אורי שם אור	62	חידה נדב ברגמן
33	מנגד (שיר) רחל בלובשטיין	64	תשבץ איתן סטודן וגיא ז'יטניק
34	מזרקה (פסל) מרסל דושאן	65	המלצה - "הקול בראש" עזריה איצקוביץ'

דבר המערכת

כבר בדבר המערכת הראשון, כשתהינו על המכנה המשותף של חברי הרשת, בעצם שאלנו את עצמנו את השאלה שהיא אולי הבסיסית ביותר שאליה אנו נדרשים תדיר במהלך חיינו, בין אם נרצה בכך ובין אם לאו: מי אנחנו ומה אנחנו רוצים? השאלה הזו, שלמעשה מכוננת כל נרטיב שאנו מאמצים במהלך חיינו, נשאלת מעצמה גם בהקשר שלנו: מיהם האסכולאים ומה הם רוצים?

אלא שמעצם הזיהוי של השאלה הזאת לא כחיפוש אחר אמת אובייקטיבית, אלא כהתלבטות בבחירת נרטיב, יוצא שאין כאן תשובה נכונה. אסכולה תהיה מה שאנחנו נבחר שהיא תהיה.

אומנם לכאורה איש לא התייעץ איתכם בשאלה כיצד כתב העת שלפניכם צריך להיראות, אולם מה שחשוב הוא שבכוחכם להשפיע על כך. רק בידיכם הכוח למלאו בתוכן, רק בידיכם הכוח למחות ולבקרו על שגיאותיו. עיין ערך הוא שלכם, הוא שלנו - האסכולאים.

נוסף על כך שעיין ערך הוא שלנו, הוא כלי שרת בידינו - הוא מאפשר לנו להקים את הבמה המרכזית של הרשת ולייצר את מוקד השיח. הוא ההזדמנות שלנו להכיר, להשפיע, ליזום ולסחוף.

אולם לא פחות חשובה ולא פחות שימושית מן ההזדמנות לתת, היא ההזדמנות לקבל. ללא הנכונות להקשיב ולהשתנות לא ניתן להשתפר ולהתפתח. אנו, שנרתמנו לעולם המדע - עולם שהבין שעצם ההודאה בבורותו וביכולתו לשנות היא-היא המפתח להצלחה - אמורים להכיר בכך יותר מכול.

הגיליון החדש רב-גוני יותר עוד יותר מקודמו: נוסף על יצירות אומנות חדשות של חברי הרשת, הוא כולל בתוכו גם כמה יצירות אומנות קנוניות וחידות בין המאמרים המדעיים תמצאו הפעם לא רק ידע חדש בתחומי המחקר והעבודות המרתקות של חברי הרשת, אלא גם ביקורת על תהליכים המתרחשים בקהילה המדעית. בגזרת הרוח, מלבד מאמרים חדשים על השראה, מוסר ומדע, תמצאו גם מאמר תגובה שנועד להמשיך ולהרחיב את הדיון בדבר "חוסר ההכרעה" מן הגיליון הקודם.

אנו תקווה שהגיליון שלפניכם יפתח אתכם לצלול אל לב הרב-שיח האסכולאי.

שלכם, חברי המערכת.

הכירו את המערכת

*המשתתפים מוצגים לפי סדר ה-א"ב



דניאל חרסונסקי שריד, לומדת רפואה ומדעי המחשב במסלול צמרת באוניברסיטה העברית, אוהבת לקרוא, ללמוד (מי לא?) ולרקוד.



גולן הופמן, סיימה ש"ש בחווה תעסוקתית לאנשים עם צרכים מיוחדים. כרגע מלש"בית. למדה באודיסאה תל חי. כתבה עבודת גמר על חומר שמרחיב עורקים. מתגייסת בצדמבר לקורס פראמדיקים. מתעניינת בביולוגיה, ובמחול.



איתמר דריימן, איתמר דריימן, סטודנט לפילוסופיה וסוציולוגיה-אנתרופולוגיה באוני' העברית. כותב שירה ופרוזה קצרות (מסיים לערוך את ספרו בימים אלה). מנהל (יחד עם שלו אלי) את "הסטודיו" - קהילת היוצרים של רשת אסכולה.



נמרוד נקדימון, מלש"ב. למד מדעי הרוח ביאס"א, כתב עבודת גמר על חוש הומור כמידה טובה לפי האתיקה של אריסטו. מתעניין בפילוסופיה יונית ובספרות רוסית.



עזריה איצקוביץ, בוגר המכינה הקדם צבאית תבור. ביצע עבודת גמר בביולוגיה במסגרת תכנית אלפא. חולם להיות רופא, מדריך ומתנדב במד"א. מתעניין מאוד בפוליטיקה ישראלית.

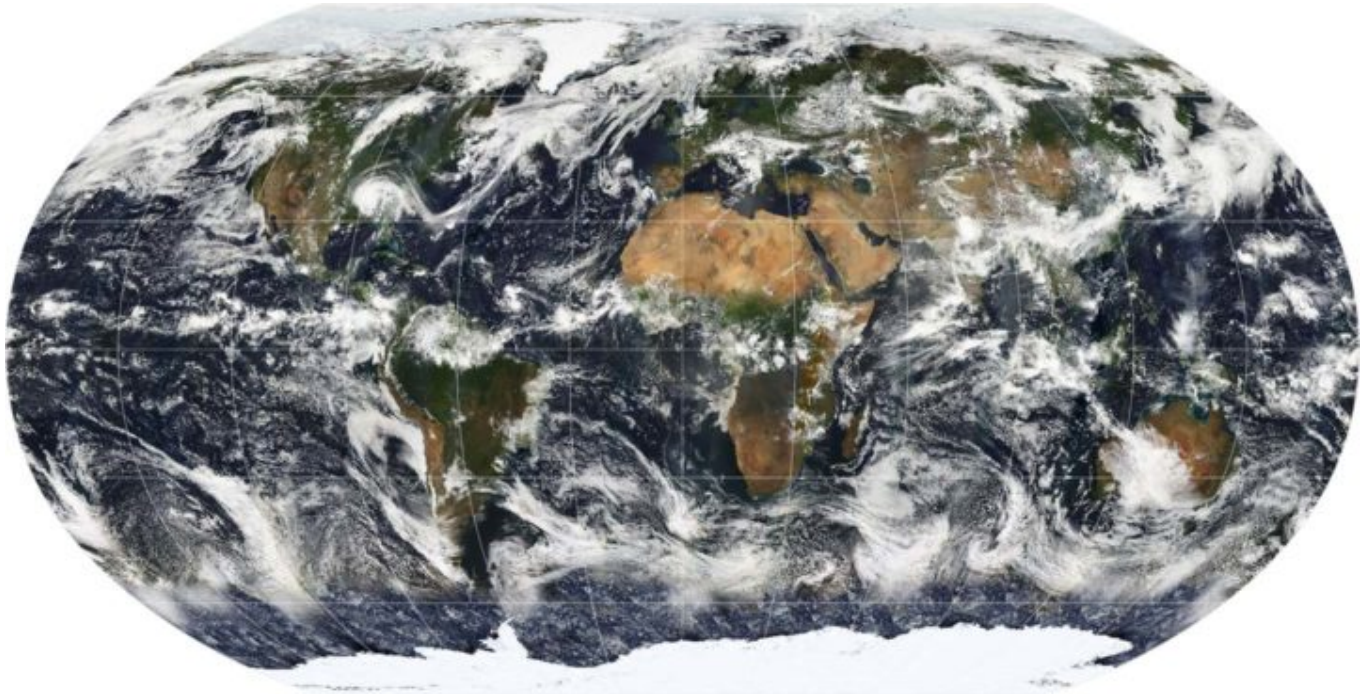
מעוניינים לכתוב לגיליון הבא של עיין ערך?

שלחו את הצעתכם לכתובת המייל:

HaAscolaPaper@gmail.com

בין הדמיון, העט ומחשב העל: על חיזוי והבנה של מזג האוויר

מאת אור הדס



מזג האוויר במלוא מורכבותו. תמונה: נאסא

מדעי האטמוספירה מתקדמים באופן שונה מעט מרוב תחומי המדע, כיוון שלא ניתן לבצע במסגרתם ניסויים. אין לנו יכולת לשלוט בצורה מבוקרת בגורמים שיוצרים את מזג האוויר בכדור הארץ כמו שכימאי שולט בכמות המגיבים שהוא מכניס למבחנה. בדומה, אין ברשותנו מגוון חיידקים שאפשר לחקור כפי שעומדים בפני הביולוג. למעשה, רק אחרי עשרות שנים של איסוף נתונים מאומץ יש לנו כמעט מספיק נתונים על האטמוספירה של כדור הארץ, בנוסף לכמות מאוד לא מספקת של נתונים על שתי פלנטות, ארבעה ענקי גז ושני ירחים. הכלי שנותר בידי החוקרים הוא מידול של המערכות האטמוספריות. ניתן לחלק את המודלים לשניים: מודלים רעיוניים-אנליטיים, שמציעים תיאור איכותי או פיזיקלי-מתמטי של התהליכים הפיזיקליים השולטים במזג האוויר ושל הקשרים הסיבתיים בין אובייקטים באטמוספירה; ומודלים נומריים שהם סימולציות שחזות כיצד תיראה זרימת האוויר בהינתן תנאים מסוימים, בעזרת פתרון משוואות פיזיקליות וכימיות בצורה מקורבת במספר מוגדר מראש של נקודות סריג שנקבע על ידי רזולוציית המודל.

מאז ומתמיד ניצבו חוקרי אטמוספירה בפני אתגר מן המעלה הראשונה. האטמוספירה והאוקיינוסים הם מערכות דינמיות מורכבות, והשילוב בין גודלה של האטמוספירה מצד אחד והאופי הכאוטי שלה מצד שני עושה את המחקר על אודותיה למאתגר במיוחד. אף על פי כן, ההתקדמות במאה השנים האחרונות הייתה אדירה: עברנו מהבנה כללית בלבד של הגורמים השולטים במזג האוויר להבנה עמוקה של רוב תופעות מזג האוויר הנצפות בכדור הארץ ומחוצה לו. במישור נוסף, השגנו במאה האחרונה יכולת חיזוי מדויקת שמגיעה לרזולוציה של קילומטרים בודדים ולטווחים של שבועות. התקדמות זו משקפת השקעה אדירה, הנובעת מהכרה בחשיבות האטמוספירה בחיי האדם ובהבנת הטבע: הכרה בהשפעות הכלכליות העצומות של מזג האוויר ובהשלכות של פעילות האדם על המשך החיים על הכדור, והבנת האופן שבו נוצרה מערכת השמש והתנאים ההכרחיים להיווצרות חיים. במאמר זה אסקור את שתי הגישות העיקריות לביצוע מחקר בתחום, את החשיבות של כל אחת מהגישות ואת האופן שבו ניתן לשלב ביניהן.

המודל הזה הוא מהפכני מסיבות מגוונות, אבל בעיניי ההיבט הכי מרשים בו הוא הדמיון לתובנת ה"נוע תנוע" של ניוטון. היכולת של הדלי להביט בתופעות מזג האוויר בכלים הפרימטיביים שעמדו לרשותו ולהבין מי מהן יסודית ומי מהן תוצאה של היבטים שרירותיים כמו סידור היבשות ואפילו עונות השנה מעורר השתאות וכמעט בלתי נתפס. במובנים רבים, זהו האידיאל של חקר האטמוספירה: בחינה של מערכת מורכבת, הבחנה בין גורמים מהותיים למקריים, והסקה של מערכת קשרי סיבה ותוצאה שמסבירה את הנצפה.

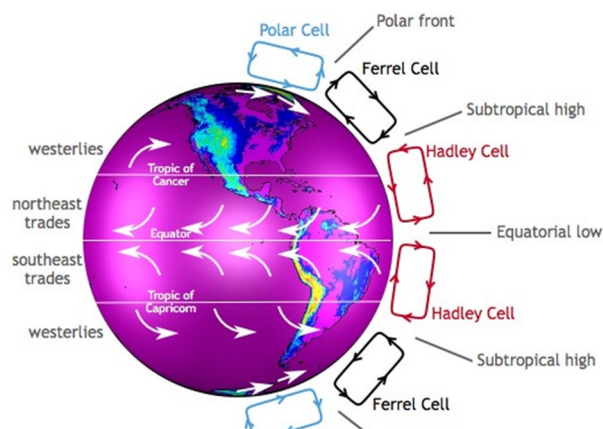
כמתניים שנה לאחר מכן, לאור השימוש ההולך וגובר במחשבים, החלו מדענים וחוקרים להשתמש במודלים נומריים. מודלים אלו מאפשרים לחוקרים לשלב בהם אלמנטים מורכבים בהרבה ממה שניתן לשלב במודלים האנליטיים, וכך הם יכולים ללמוד מערכות מורכבות הרבה יותר. סוג אחד של מודלים שחוקרים משתמשים בהם הוא מודלים מקיפים. מודלים אלה מכילים בתוכם פירוט רב של תהליכים כימיים ופיזיקליים, והם מסוגלים ליצור מזג אוויר דומה לזה שנצפה בכדור הארץ. מודלים מסוג זה מאפשרים לחוקרים לחקור למשל את השפעת מהירות סיבוב כדור הארץ על מזג האוויר בצורה דומה לזו שבה כימאי חוקר השפעות של ריכוז מגיבים על תגובה. בנוסף, חוקרי מזג אוויר משתמשים במודלים אידיאליים. אלו הם מודלים פשוטים יותר שלא מתיימרים לחקות את מזג האוויר הנצפה, אלא מנסים להפשיט מהאטמוספירה אלמנטים שהחוקרים מאמינים שאינם נחוצים למחקר, וכך ליצור מערכות פשוטות יותר שקל יותר לחקור, בדומה לצורה בה משתמשים ביולוגים בחיידקי *E. coli* על מנת למדל מערכות ביולוגיות מורכבות.

המחקר שלי סובב סביב המפגש שבין שתי גישות המידול. אני מנסה להבין היחלשות בלתי מוסברת של סופות מעל האוקיינוס השקט בחורף, כאשר בשאר חצי הכדור הצפוני הסופות בשיאן. האנמליה הזאת סותרת את רוב המודלים, רעיוניים ואנליטיים, שדרכם אנו מבינים את הקשר בין מערכות מזג האוויר הגלובליות והסופות,

המודלים הראשונים היו כמובן רעיוניים. אריסטו, שהציע את מודל מחזור המים במאה הרביעית לפנה"ס, נחשב למטאורולוג הראשון. על המטאורולוגיה אמר:

"המטאורולוגיה עוסקת באירועים טבעיים, אך כאלה שהחוקים שלהם פחות מושלמים מאלו של היסודות הראשונים של הגופים".

היום אנו יודעים כמובן שמזג האוויר נובע מחוקי טבע בסיסיים, אבל דבריו של אריסטו מדגישים עד כמה היה קשה להבין זאת בעולם העתיק. המודל הראשון שקושר רעיונית בין מזג האוויר הנצפה ובין חוקי טבע בסיסיים הוא מודל המתאר את תנועת האוויר באזורים הטרופיים, והוא הוצע במאה ה-18 בידי עורך הדין והמטאורולוג החובב ג'ורג' הדלי (Hadley). המודל היה פשוט ואלגנטי: עקב זווית הפגיעה הישירה של קרני השמש בקו המשווה, הוא מקבל את כמות הקרינה הגדולה ביותר מבין קווי הרוחב. החימום האינטנסיבי הופך את האוויר הסמוך לקרקע לקל יותר ולכן הוא עולה, מה שגורם לגשמים הכבדים הנצפים בשעות הצהריים ואחר הצהריים באזור זה. לאחר שהאוויר מגיע לגובה מסוים הוא נתקל במחסום, ובשל כך מתחיל להתקדם לכיוון הקטבים. סיבוב כדור הארץ מטה את הרוח למזרח, עד שבשלב מסוים האוויר לא יכול להמשיך להתקדם לכיוון הקטבים ולכן שוקע, מה שיוצר את אזורי המדבריות. על מנת להשלים מסלול, האוויר נע בחזרה לקו המשווה, והפעם סיבוב הכדור מטה אותו לכיוון מערב, מה שיוצר את רוחות הסחר, הרוחות שנושבות באזורים טרופיים.



המודל שהציע הדלי

PC: Center for Multiscale modeling of Atmospheric Processes

1. אריסטו, "מטאורולוגיה", 338

2. "The Complete Works of Aristotle" Edited by Jonathan Barnes, 1995 p. 555.



הכתם האדום הגדול של צדק, חידה אטמוספרית עד עצם היום הזה. תמונה: נאסא

המחקר התיאורטי של מזג האוויר בפלנטות אחרות דורש הבנה עמוקה של הגורמים הבסיסיים ששולטים במזג האוויר ויצירתיות רבה, כיוון שהמטרה שלו היא לחזות תופעות מזג אוויר שלא נצפו מעולם. דוגמה להישג בתחום מהשנים האחרונות היא חיזוי הפרעות גרביטציוניות משני צדדיו של קו המשווה של צדק שאינן סימטריות, דבר שיכול להיגרם אך ורק מהפעילות האטמוספרית המסיבית של ענק הגז. זאת ועוד, על פי חישובים שלוקחים בחשבון הפרעות גרביטציוניות אלה, עומק התנועה האטמוספרית המסיבית כפי שהיא נצפית מפני צדק הוא כ-3000 קילומטר, דבר שלא יכול להימדד בצורה ישירה עקב התנאים הקשים השוררים בצדק. למדידת עומק הסירקולציה בצדק ישנה השפעה מכרעת על הברירה בין מודלים שונים של פנים צדק והיווצרות מערכת השמש.

קל יותר היום למדל תופעות מזג אוויר נצפות מאשר להסביר אותן. אף על פי כן, אין בכך כדי לומר שאנו יכולים לוותר על תיאור רעיוני ואנליטי של התופעות הנצפות, משום שיש לו חשיבות רבה. הבנה עמוקה של מזג האוויר אחראית במידה רבה להכוונת התפתחות המודלים הנומריים ולחקר האטמוספירה של כדור הארץ ואטמוספרות של עולמות אחרים במערכת השמש וביקום, שללא הבנה עמוקה של מזג האוויר היה שרירותי ולא יעיל. עם זאת, על חוקרי האטמוספירה לדעת להשתמש במודלים האטמוספריים בצורה טובה ויצירתית, כיוון שהם כלי חשוב לניתוח והפשטה של תופעות מזג האוויר הנצפות.

אור הדס, בוגר מחזור ג' של תוכנית אודיסאה באוניברסיטת תל אביב. מאסטרנט בתחום של דינמיקה אטמוספרית. אם תצליחו לתפוס אותי מחוץ למכון ויצמן, אני ממש כניראה בקיר טיפוס. אם אני גם לא בקיר, אין מה להמשיך לחפש, אני עלול להיות בכל מקום.
השכיל ליצור קשר: hadas.or11@gmail.com

דבר הרומז על קיומם של אלמנטים בקשר שהקהילה המדעית לא מבינה. אחת הגישות לפענוח האנומליה הזאת הייתה מידול נומרי רגרסיבי של המערכת: למרות שאין לנו הבנה רעיונית של הגורמים לאנומליה הזאת, אנחנו מסוגלים לדמות אותה בעזרת מודלים אטמוספריים מורכבים. במהלך השנים, העוסקים בנושא ניסו לשנות או להעלים אלמנטים שונים במודלים, וכך ללמוד על השפעתם על פעילות הסופות בשיא החורף. דוגמה לאלמנט כזה היא הרמה הטיבטית: חוקרים הציבו גבהי הרים שונים במודל חיזוי מזג אוויר, וכך בחנו את ההשפעה של הרמה הטיבטית על היחלשות הסופות במהלך החורף. הם גילו שהרמה תורמת להיחלשות הסופות, מה שחזק את ההשערה שהגיאוגרפיה של מזרח אסיה היא אחד הגורמים לאפקט. במחקר שלי, אני ניגש לשאלה מזווית שונה. במקום להחסיר ולשנות גורמים ממודלים מורכבים, אני משתמש במודלים פשוטים מאוד ומנסה להבין מה הכרחי להוסיף להם כדי שתיווצר בהם התופעה. בסימולציה שאני מריץ אין עונות שנה, מחזור יממתי, יבשות או עננים. המוטיבציה לשימוש במודלים כה פשוטים היא שהם קלים יותר להבנה. הפשטות שלהם מאפשרת לראות בבירור את הקשרים האיכותיים בין האלמנטים באטמוספירה ודרך כך לנסות להבין את הקשרים הסיבתיים. אנו משתמשים במזג האוויר שהמודל מנבא על מנת להסיק מסקנות על טיבה של האינטראקציה בין האזורים הטרופיים ובין סופות החורף ולגשר בין המודלים הרעיוניים הקיימים היום ומזג האוויר הנצפה.

תחום נוסף שמעסיק את המעבדה שלנו הוא מזג האוויר בפלנטות אחרות. תופעות מזג האוויר שנצפות בפלנטות ובירחי מערכת השמש הן שונות ומגוונות; החל בסופות חול מסיביות על מאדים, עבור במערבולות מרהיבות בצדק וכלה בזרמי אוויר אדירים בשבתאי. כיוון שאיסוף מידע על האטמוספרות הללו הוא תהליך קשה ויקר מאוד, חוקרי מזג אוויר משתמשים לעיתים קרובות במודלים שמטרתם לחזות את התופעות על אותם כוכבים כדי להדריך את משימות החלל היכן לחפש מידע בעל ערך.

הלך הרוח היוצר - ומה עם הלך הרוח הסופר?

מאת נועה שטראוס

"ישנם שלושה כללים פשוטים לכתיבת רומן - הצרה היא שאף אחד לא יודע אותם" ~ סומרסט מוהם

מחברו של המאמר, קונסטנטין סטניסלבסקי, היה מהיוצרים המשפיעים ביותר בעולם התיאטרון במאה ה-20, ובהמשך פיתח את אחת משיטות המשחק המפורסמות ביותר עד היום, "שיטת סטניסלבסקי" - שיטה המיישמת, בין היתר, רעיונות המופיעים במאמר, אבל מכילה גם הרבה שינויים ותוספות להם. בהתבסס על מסקנות המאמר "הלך הרוח היוצר", אציג בסיס רעיוני משלי ל"שיטת כתיבה" שכותבים יכולים להיעזר בה על מנת לקבל השראה ביתר קלות.



מהי השראה?

גם הכתיבה וגם התיאטרון הם אומנויות נרטיביות, שמספרות סיפור. כתוצאה מכך, לכותבים ולשחקנים יש מטרות דומות: להעביר את היחסים בין הדמויות, לייצר אווירה, לשמר את ההיגיון הפנימי ביצירה וכו'. התחומים אולי נבדלים ביניהם בצורת הביטוי (תיאורים בכתיבה, התרחשות בימתית במשחק) אבל התהליך הבסיסי הוא זהה - ביטוי של סיטואציות ושל רעיונות מופשטים דרך התרחשות עלילתית.

את התהליך היצירתי שמוביל לביטוי כזה ניתן לפרק בדרכים רבות ומגוונות. אחת מהן, שאותה אתאר במאמר זה, מתייחסת ליצירה כתהליך ארוך ומתגלגל של קבלת החלטות בדרגות שונות -

הקלישאה הגדולה ביותר בעולם הספרות אומרת שאין לדעת מניין מקבלים הסופרים את רעיונותיהם. אנשים רבים, מהם סופרים ומהם אחרים, ניסו לתת את דעתם לקלישאה, שהולכת בערך כך: סופר חיי לו את חייו ביובש, מדדה לו ממקום למקום בחוסר מעש, על-פי רוב ממורמר למדי. ביום בהיר אחד המוזה מגיעה - ומאחר שהמוזה שלנו לא ניחנה בשכל ישר, תחושת זמן או נימוס בסיסי, היא יכולה להופיע גם בחלום, באוטובוס, או אפילו בשירותים - ומספקת לו הבזק של השראה פתאומית שמטיס אותו להקיא מתוכו את יצירת המופת הבאה. כשהיא נמצאת - חגיגה של אומנות. כשהיא לא - מדבר שממה. התסכול בהתגלמותו.

כשבוחנים את הסיפור הזה לעומק, מגלים שמילת המפתח היא אחת - "פתאומית". ההנחה המובלעת היא שהשראה היא דבר מה חיצוני ובלתי תלוי, כך שאין ליוצר שליטה על הרעיונות שלו. הבעיה, כמובן, היא בזמנים שבהם אין לנו השראה פתאומית - כלומר רוב הזמן. יוצר שהאומנות יקרה לליבו ותופסת מקום מרכזי בחייו (ולעיתים אף יותר מכך - היא מקור פרנסתו), לא יכול להרשות לעצמו להסתמך על הבזקי השראה רגעיים שלא ברור מתי יקרו ובאילו נסיבות. בנוסף, שיח שמגלגל את האחריות על היצירה מהאומן למין כוח עליון חיצוני נוטל מהאומן את ההזדמנות להתבונן בעצמו במבט ביקורתי, לעקוב אחר תהליך היצירה שלו ולהשתפר.

בניגוד לקלישאה הזאת על ספרות, ואולי על מרבית תחומי האומנות, בעולם התיאטרון קיימת השקפה שונה, לפיה ההשראה היא בת השגה באמצעות יישום קפדני של שיטות משחק. במאמר שלפניכם אציג את אחד המאמרים המכוננים שהובילו להתפתחות שיטות המשחק המודרניות, "הלך הרוח היוצר" - מאמר שהיה מן הראשונים לתאר דרך מעשית שמובילה למצב המעודד קבלת השראה (מצב שנתן למאמר את שמו).

ההנחה היא שבסופו של דבר תהליך כזה, שמתמקד בקבלת החלטות שמרגישות נכונות, יוביל לשיפור תמידי ביצירה ובסופו של דבר לתוצאה שהחלטות שהתקבלו הן באמת נכונות מבחינת היוצר.

אם כן, תחושת ההשראה, היינו תחושת הביטחון של היוצר בעבודתו ובהחלטותיו, אינה עניין של מה בכך. יתר על כן, היא אומנם מגדילה את הסיכוי לקבל החלטות טובות, אבל היא לא מבטיחה אותן. כשהגדרה שלנו כזו מעורפלת ולא מעשית, קשה להאשים את אלו הטוענים שההשראה איננה מובנת ואיננה נשלטת.

משום כך עולה הצורך בשיטה - כזו שלא רק תספק ליוצר דרך לחוש השראה לעיתים קרובות יותר ובכך להתמיד בתהליך היצירה ולשפר את התוצר ביעילות רבה יותר, אלא תעזור לו לרדת לחקר ההשראה, להבין למה התחושה הזו מגיעה מתי שהיא מגיעה ולהבין מה בהחלטות שמתקבלות מעורר אותה. מתוך רידיה לחקר השורשים של ההשראה והיכרות עם "כלי העבודה" שעומדים לרשותנו בתהליך היצירתי, ניתן לשפר את הדיוק של תחושת ההשראה ולהפחית את הטעויות. כך יוכלו יוצרים לשפר לא רק את היצירה אלא גם את עצמם, ולשלוט על ההתפתחות שלהם כאומנים.

השראה בתיאטרון

בדומה ליוצרים באופן כללי, גם השחקן צריך לקבל החלטות יצירתיות רבות בזמן העבודה שלו על דמות, ולשם כך הוא זקוק לתחושת השראה שתנחה אותו. אלא שבניגוד למה שנדמה, תהליך היצירה של השחקן לא תם כשנגמרות החזרות - הוא ממשיך לעלות על הבמה ערב ערב עם אותה הצגה. מתוך תפיסה שמציבה את השחקן כיוצר חושב בפני עצמו ולא רק כחומר ביד הבמאי, התפתחה בתיאטרון גישה שמעודדת את השחקן לבחון מחדש את החלטות המשחקיות שהוא קיבל ולהמשיך את החקר של ההצגה בין הופעה להופעה, ואפילו בזמן ההופעה. עליו להמשיך להציג מתוך תחושת ההשראה, לבחון מחדש את החלטות המשחקיות שהתקבלו,

מהחלטות מרכזיות הנוגעות לסדר ההתרחשויות בעלילה ועד להחלטות קטנות הנוגעות לשימוש במילה מסוימת בתיאור הסצנה. כדי שהיצירה תהיה טובה, על היוצר לקבל החלטות מדויקות שמתאימות כמה שיותר למה שהוא רוצה להעביר. כאשר החלטות מדויקות כאלה מתקבלות, הכותב חש ביטחון ואישור פנימי, שמובילים לקבלת החלטות מדויקות יותר בהמשך (שכן הן מתבססות על ההחלטה המדויקת שהובילה לתחושת הביטחון). בעיניי, זוהי ההשראה.

השראה, אם כן, מוגדרת לפי התוצאה שהיא מייצרת - קבלת החלטות מדויקות שתורמות ליצירה. עם זאת, אם מוסיפים להגדרה גם את תחושת הביטחון של היוצר ביצירתו, מוחזרת למשוואה גם ההבנה שהיוצר הוא בן אדם, ושהתחושות שלו עלולות להטעות. במקרה כזה עדיין יכול להיות שהחלטה שהתקבלה בפרץ השראה בתחילה תוחלף בהחלטה טובה יותר שתגיע עם פרץ השראה אחר, לאחר בחינה מחדש של היצירה. מה הערך של השראה במקרה כזה?



חשוב לשים לב שגם אם החלטות הן שונות, התחושה שמלווה אותן לא משתנה; בתהליך שיש בו השראה, כל החלטות יתקבלו מתוך אותה תחושת אישור פנימי שהיצירה מתקדמת לכיוון הנכון, כלומר כל החלטה מרגישה מדויקת נכון לרגע שבו התקבלה. השאיפה היא, כמובן, שהחלטה תישאר מדויקת גם אחר כך, אך גם במקרה שלא - חשוב שהחלטה שתחליף אותה תרגיש מדויקת - ואולי היא זו שתישאר.

וכן - אולי גם לשנות אותן .

במבט ראשון נראה שהדבר יכול להעמיד את ההצגה בסכנה רצינית, אבל חשוב לזכור שלהצגה קדמו חזרות, שבמהלכן התקבלו החלטות חשובות שמרגע הבכורה לא נתונות יותר לדין. עם זאת, יש החלטות רבות (שמבססות על החלטות אלה) שהן דינמיות יותר, ואלו הן ההחלטות שהשחקן חופשי להחליט בכל פעם מחדש מתוך תחושת ההשראה. במקרה שאין לשחקן מה לשנות - הוא מרוויח תחושת ביטחון מוגברת וסיפוק רב יותר כאשר הוא בוחן מחדש את ההחלטות. כך, השחקן משיג את המטרות שעסקנו בהן בחלק הקודם - יש לו מוטיבציה להמשיך ולעלות על הבמה בכל ערב והוא נמצא בתהליך יצירתי שמאפשר לו ליטול חלק פעיל בהצגה ולשפר אותה, אם יש צורך.

"הלך הרוח היוצר"

אבי שיטות המשחק המודרניות, ואחד הראשונים שנתן לשחקנים כלים לקבל השראה בקלות רבה יותר היה קונסטנטין סטניסלבסקי, שחקן תיאטרון ובמאי רוסי שפעל בתחילת המאה ה-20. בבואו לפצח את סוד המשחק המוצלח הוא ערך מחקר של ממש, שכלל ניסויים על עצמו ועל עמיתיו ופיתוח שיטתי של כלים. את התוצאות הוא מסכם במאמר "הלך הרוח היוצר", וכמו בכל מחקר טוב, הוא מתחיל בהגדרת הבעיה:

"איך אפשר ליצור את התנאים הדרושים להופעתה של ההשראה בהתאם לרצונו של השחקן, או ליתר דיוק, איך אפשר ליצור את התנאים שבהם יגדל יותר הסיכוי שהשראה זו תפקוד את נפש האמן?"

במאמר, סטניסלבסקי מונה ארבעה גורמים מרכזיים שמאפשרים ליצור את מערכת התנאים המעודדת השראה תיאטרלית, כשאת התנאים האלה בכללותם, את המצב הנפשי והפיזי שמעודד את בואה של אותה השראה, הוא מכנה בשם "הלך הרוח היוצר".

1. שחרור הגוף - השחקן משתמש בגופו על מנת לתווך רעיונות לא גשמיים (תמות בטקסט, תחושות, רגשות, דעות) בצורה גשמית (על ידי מחוות או קולות). כתוצאה מכך, כל החלטה של השחקן המשקפת את העולם הפנימי של הדמות באה לידי ביטוי באופן פיזי על הבמה. על ידי שחרור הגוף באמצעות תרגילים מתאימים מסוגל השחקן ליישם החלטות שמשפיעות על הפיזיות שלו באופן מידי (שכן גופו קשוב לצרכיו) כמו גם לקבל החלטות מדויקות יותר, כיוון שהוא מיומן יותר בפעולת התיווך.

2. הפרדה בין הבמה לקהל - שמירה על תהליך יצירתי שמתמקד במה שנכון ומדויק ליצירה עצמה, כך שההחלטות מתקבלות בהתאם לשיקולים פנימיים (מה שמרגיש נכון ליוצר), לפני שנלקחים בחשבון גורמים חיצוניים (כמו הקהל).

3. ריכוז בתפקיד - היכרות מעמיקה ככל האפשר עם הפרטים הנוגעים ליצירה והחלה מוחלטת של עולם התוכן שגלום ביצירה על תהליך העבודה, כך שיהיו גורמים רבים ככל האפשר להסתמך עליהם בקבלת ההחלטות וכדי שההחלטות שיתקבלו ישתלבו טוב יותר במכלול ההחלטות הקיימות.

4. הרגשת האמת - הרגשת האמת היא המפתח להלך הרוח היוצר, לדעתו של סטניסלבסקי. הוא מגדיר אותה בתור הצידוק הפנימי של השחקנים לפעולות שהם מבצעים על הבמה, ומסביר זאת בעזרת דוגמה: כאשר מותחים את היד כדי להשיג דבר מה, ניתן לעשות זאת באמצעות חיקוי התנועה - הרמת היד ומתיחתה קדימה, אך אפשר לעשות זאת גם באמצעות הבנה של הצידוק הפנימי לתנועה - למה התנועה דרושה לי (כדי להשיג דבר מה, למשל) - ואז היא קורית מעצמה, באופן טבעי. סטניסלבסקי מבקש מהשחקנים להשתמש בתחושותיהם האמיתיות בתור הגורם המניע לכל פעולותיהם הבימתיות, ובכך לגשר בין הנסיבות הבימתיות המדומות לבין המניעים האותנטיים שגורמים לדמות לפעול כפי שהיא פועלת במחזה (ולשחקן לפעול כמוה בהצגה).

שיטות טכניות לכתיבה יוצרת ולשכלול של יצירה קיימת יש לא מעט, אבל ההשראה עדיין נתפסת כמשהו שצריך לחכות לרגע הנכון ולתנאים המתאימים בשבילו, במקום ליצור אותם בעצמנו. המאמר נועד לקרוא תיגר על התפיסה הזו ולהציע דרכים לפתרון, או לפחות מצע שעליו כותבים יכולים לפתח את הדרכים האישיות שלהם לפתרון.

גורם ראשון: שחרור הגוף

בהקבלה בין משחק לכתיבה, את התפקיד שהגוף עושה למען השחקן, עושות המילים עבור הכותב; בשני המצבים נעשה שימוש בכלי על מנת לעצב את הדמויות ואת ההתרחשויות סביבן. לכן, בדיוק כפי שמחממים את הגוף ומשחררים אותו, רציתי למצוא דרך לשחרר את "כושר הכתיבה". בניגוד לגוף הפיזי, "כושר הכתיבה" הוא דבר אמורפי, וקשה יותר להבין מה פירוש הדבר לשחרר אותו.

מהו "כושר כתיבה", אם כן? בעיניי כושר הכתיבה הוא היכולת שלנו לכתוב ברצף ובצורה מדויקת.

אחת הדרכים לעודד את כושר הכתיבה, ששואבת השראה מרעיון שחרור הגוף, היא חימום המתאים לפעולת הכתיבה, למשל תרגיל של כתיבה חופשית, שבמהלכו אנו כותבים ברצף וללא מחשבה. תרגיל כזה מאפשר לנו לשחרר ביקורת שיש לנו על עצמנו תוך כדי כתיבה ו"ללוש" את המילים שכבר "כתבנו" במחשבה, להבין לאן הטקסט הולך מבחינתנו ואפילו להתרגל לעצם פעולת הכתיבה, כך שתהיה טבעית יותר עבורנו. נוסף על כך, חימום נכון יכול לתרום גם לדיוק הכתיבה. כמו שבספורט אפשר לעבוד על שרירים מסוימים, כך בעיניי אפשר למצוא תרגילי חימום שיכוונו למטרות ספציפיות: כתיבת קטעים מסוגים שונים, פיתוח דמות וכו'.

עד כה עסקנו בהיכרות עם הכישורים העומדים לרשותנו ובשכלולם.

כדי לעשות זאת הוא מציע להעלות את השאלה "אילו אני הייתי במצב הזה, מה הייתי עושה?", שמעודדת את השחקן להגיע להרגשת האמת תוך שימוש בנקודת המבט האישית שלו כנקודת מוצא שממנה הוא יכול לחקור את הצידוקים הפנימיים של הדמות שהוא משחק ולהבין אותם, כשהוא משתמש בדמיון שלו כדי לגשר על השוני בינו לבין הדמות ולהזדהות גם עם מצבים שהוא לא היה יכול להזדהות איתם במציאות. בהתנסות כזאת השחקן מפתח רגישות אומנותית לאמת - חדות הבחנה שמאפשרת לו למצוא את הצידוקים הפנימיים של דמויות גם מחוץ למסגרת עבודתו ולהשתמש ברגישות הזו כדי לנתח יצירות אומנות באופן כללי ולהבין את הכוחות המניעים האנושיים המעורבים בעיצוב הדמויות והתוויית העלילה.

כאשר שחקן מצליח לחוות את הרגשת האמת, הוא חווה את הצידוק הפנימי לכל הפעולות שמתרחשות בעלילה הבדיונית שהוא משחק - כלומר מקבל את ההחלטות הנכונות באופן אוטומטי - כלומר משיג את ההשראה כפי שהגדרנו אותה.

הלך הרוח הסופר

הייחוד ב"הלך הרוח היוצר", בעיניי, הוא שאפשר להגיע אליו ולהשתמש בו בכל צורת אומנות נרטיבית. זאת מפני שבלב ליבה, אומנות כזו עוסקת בדרך בה הנרטיב משרת אותנו בצורה אומנותית ובאופן שבו הוא קושר בין שאלות מהותיות או תמות רחבות שמעסיקות אותנו כבני אדם ובין סיטואציות אנושיות או חוויות שאפשר להציגן בצורה אמינה - יהא זה על הבמה, על מסך הקולנוע או על דף נייר. בבסיס השיטה עומד הצורך להתחבר לסיפור שאותו אנחנו מספרים דרך האומנות ולחקור אותו לעומק בעזרת הכלים שעומדים לרשותנו כיוצרים, ובכך להיעשות פנויים יותר להשראה ולרעיונות יצירתיים.

ככותבת, חשוב לי במיוחד לתרגם את הלך הרוח היוצר לכותבים, מפני שאני חשה שכשמדובר בהשראה, אנחנו מרגישים חסרי אונים במיוחד.

לחשוב על היבטים שונים שיכולים להשפיע על הקטע שהוא כותב, לשאול את עצמו שאלות על הדמויות, לקיים תחקיר מקדים ועוד. גם בזמן כתיבת הקטע חשוב מאוד שהכותב יהיה שקוע בעבודתו ויהיה מחויב לחקר מעמיק של מושא העבודה - למשל הסצנה הספציפית שהוא עוסק בה ומקומה בטקסט הכללי - כדי שיוכל לבחור את הבחירות הנכונות והרלוונטיות ביותר לנקודה שהוא עוסק בה באותו רגע.

הרגשת האמת

הרגשת האמת היא המסננת המחשבית שדרכה השחקן מעביר את כל ההתרחשויות והפעולות שעליו לבצע על הבמה - עליו להאמין בכל מאודו במה שהוא עושה ולהכיר בסיבות האמיתיות ובמניעים האותנטיים שמובילים להתנהגות של הדמות שלו במחזה. כדי להגיע למצב זה סטניסלבסקי ממליץ שהשחקן ישאל את עצמו "אילו ההתרחשויות האלה היו מציאות של ממש, מה הייתי עושה?".

סטניסלבסקי, שביים תיאטרון ריאליסטי, התאים את השיטה שלו לתפיסה שבה משחק טוב תלוי בהזדהות מוחלטת עם הדמות. בעיניי אפשר להרחיב את הלך הרוח היוצר לתפיסות אחרות בתיאטרון (וגם לתפיסות בכתיבה, כפי שאראה בהמשך) דרך שימוש אחר בהרגשת האמת; במקום שתחושותיו של השחקן יניעו את פעולותיו על הבמה ואת פענוח הדמות שלו, הן ישפיעו עליהן - השחקן יוכל להשתמש בתחושות הללו ולהתייחס אליהן כראות עיניו (להיעזר בהן, להעביר עליהן ביקורת, להביע אותן בצורה מוגזמת וכו'), בהתאם לתפיסת המשחק, הבימוי והיצירה שהוא עובד לפיה.

בכתיבה, הרגשת האמת חשובה לא פחות. להבנה לעומק של הסיבות והגורמים שמניעים את העלילה לצד הצידוקים הפנימיים שהדמויות פועלות לפיהם יש חשיבות עצומה, מפני שהיא מסייעת לפרק את המורכבות של העלילה ולכתוב בצורה מדויקת ומודעת יותר.

דרך נוספת לחדד את הכתיבה ולעשות אותה למדויקת יותר היא הרחבת אופקים והתנסות דרך עבודתם של אחרים: דרך קריאת ספרים, למשל, אפשר להיחשף להרבה סגנונות לא מוכרים ולשאוב רעיונות לדרכי ביטוי חדשות, וכך גדל הסיכוי שיימצאו לנו המילים המדויקות לכתיבה.



הפרדה בין הבמה לקהל וריכוז בתפקיד

אם כן, הגורמים השני והשלישי שסטניסלבסקי מתייחס אליהם נוגעים למסירות ולהעמקה בעבודה. שוב, גם אותם אפשר להקביל לעבודה על פרויקטים באופן כללי - מחשבות על איכות העבודה או על הדרך שבה היא תתקבל עשויות להסיח את הדעת ולהטות את הכיוון למקומות לא נכונים בניסיון לרצות אחרים. היכולת להתמקד בתפקיד ולהתעלם מהסחות דעת חשובה כדי להסיר מכשולים מהדרך ולהגיע ביתר קלות להשראה. יתר על כן, ככל שמעמיקים יותר בעבודה וממשיכים לחקור ולאסוף מידע על מה שצריך לעשות, אפשר ליצור קישורים ולהיות בעולם תוכן רלוונטי שיאפשר למצוא, גם במקומות לא צפויים, רעיונות טובים יותר להמשך - להגיע למצב של השראה.

בנוסף, ה"ריכוז בתפקיד" בכתיבה הוא קריטי מאין כמוהו - שכן העיסוק הוא לרוב בהמצאה של תוכן ובהתוויה של רעיונות שונים מאפס. לכן חשוב שהכותב יהיה בקיא מאוד בנושא שהוא כותב עליו, ולא יפסיק לחקור את היצירה שלו -

כאשר הכותב מבין עד הסוף את המניעים האנושיים שקיימים ביצירה שלו ומזהה את האותנטיות שביצירה הבדיונית, הוא יכול לדייק את ההחלטות שלו בהתאם ולחוות השראה רבה יותר, שתוביל אותו ליצירה איכותית ושלמה יותר.

כדי ליישם זאת חשוב שהכותב יפתח את המיומנות של רגישות אומנותית לאמת. כאן השאלה שסטניסלבסקי מציג, "אילו אני הייתי במצב הזה, מה הייתי עושה?" חשובה בעיניי. ראשית, היא עוזרת להקנות אמינות לתהליכים המוצגים ביצירה הכתובה בכך שהם מושווים למציאות הממשית ואפשר לעצב אותם בהשוואה אליה ולהגיון הפנימי של הכותב, כך שהיצירה מקבלת היגיון פנימי משלה. שנית, היא מפעילה את הכותב - היא גורמת לו להתמודד עם השאלות שהדמות שואלת את עצמה, לחשוב עליהן ולהעמיק בהן. שלישית, ואולי החשוב מכול - היא גורמת לאותו ה"קסם" שהיא גורמת לשחקן: היא מעוררת רגש או זיכרון של חוויה אנושית, ובכך יוצרת נקודת מוצא לחיפוש אחר הצידוק הפנימי שהדמות אוחזת בו. באמצעות פיתוח של הדמיון וחקר מעמיק של הדמות אפשר לחשוב אם הדמות הייתה פועלת באופן דומה או שונה, ומה עלולים להיות הגורמים שמשפיעים על תגובתה.

לסיכום, הצעדים שמפרט סטניסלבסקי במאמר "הלך הרוח היוצר" מסייעים לשחקנים לקיים הלך רוח שנועד לעורר השראה באופן קבוע. צעדים אלו מכסים את כל הטווח שבין עיסוק בפיזי והקיים (שחרור הגוף) ובין תהליך מחשבתי רוחני יותר (הרגשת האמת) ומאפשרים לשחקן לגשר בין שני העולמות האלה - להיות במצב נפשי וגופני ייחודי שיאפשר לו לצלול לתוך התפקיד ולקבל את ההחלטות היצירתיות שיאפשרו לו לעשותו על הצד הטוב ביותר. בהמשך, סטניסלבסקי התבסס על רעיונות אלה כדי לפתח שיטת משחק של ממש, הקרויה על שמו, ושיוצרים אחרים מעולם המשחק השתמשו בה כדי לפתח שיטות משחק משלהם. שימוש בגורמים הלקוחים מהמאמר יכול לאפשר גם לכותבים לגייס את ההשראה ביתר קלות וליצור בדרך שמתאימה להם, בזמן ובמקום המתאימים להם - בלי לפגוע בחופש הפעולה ובדמיון, אלא דווקא להעשיר אותם.

נועה שטראוס, בקרוב מאוד סטודנטית
לביולוגיה ופסיכולוגיה בהדגש מדעי המוח
באוניברסיטת תל אביב. תולעת ספרים, חובבת
תיאטרון מושבעת וכותבת סיפורים קצרים
לעת מצוא. אוהבת למצוא קישורים לא צפויים
בין תחומי ידע שונים והומור בריטי.
Noastrauss20@gmail.com

במבט מגבוה

ויסלבה שימבורסקה

על דרך עפר מוטלת חיפושית מתה.
שלושה זוגות רגליים זעירות קיפלה בקפידה על בטנה.
במקום התווה של המוות - סדר וניקיון.
אימת המראה הזה - מתונה,
תחומה לחלוטין למקומה, מהיבלית עד המינתה.
העצב אינו מדבק.
השמיים כחולים.

בעלי חיים מתפגרים, למען שלוות נפשנו,
-לא מתים - באורח כאילו רדוד יותר,
הם מאבדים - רוצים אנו להאמין - פחות תחושה ועולם
ומסתלקים - כך נדמה לנו - מבמה טרגית פחות.
אין נשמתם הרכה מפחידה אותנו בלילה.
הם מכבדים שמירת מרחק,
יודעים דרך ארץ מהי.

והנה חיפושית מתה זו על הדרך
נוצצת, בלא מספד, נוכח השמש הטובה.
די להעיף בה מבט כדי לחשוב:
דומה כי לא ארע לה שום דבר חשוב.
החשוב שמור, כמדומה, לנו,
רק לחיינו, רק למותנו,
המוות שעומדת לו זכות הקדימה הכפויה.

ויסלבה שימבורסקה, כלת פרס נובל לספרות לשנת 1996, הייתה לאחת המשוררות החשובות של המאה ה-20. בסגנונה הנקי והפשוט, שהשפיע משמעותית על תחום השירה, היא הצליחה לחדש ולסקרן אף שנושאי שיריה - טבעו של העולם וטבעה של הנפש - הם רבים בשנים. שימבורסקה אוהבת להביך אותנו, להעמיד אותנו על טעויותינו ולחשוף את תמימותנו, אך היא יודעת לעשות זאת בעדינות ובחמלה.

ויסלבה שימבורסקה, רגע בתרגום דוד וינפלד. ירושלים: הוצאת כרמל

גבר מכה

אָפּוֹכָה



אנחנו חיים בתרבות מתקדמת, תרבות שִׁמְנָנָה ומוקיעה אלימות. האומנם?
גאוה, דומיננטיות, רכושנות, כוח - כל אלה מאפיינים את הגבר-גבר שלנו, את הגיבור שלנו,
את המודל לחיקוי שלנו.
אז אולי זה בכל זאת חלק מהתרבות שלנו? להיות גבר ____!

אָפּוֹכָה (מיוונית: Epoché), שם עט - מצב תודעתי של "השהיית השיפוט". התנקות מכל תפיסות העולם אותן צברת במהלך חיך על מנת להצליח לגשת אל הבעיה באופן אובייקטיבי.

חוסר הכרעה?

תגובה למאמרו של אלי שלו "בשבח של חוסר ההכרעה"

מאת ישראל מלכיאל

צודק שלו כשהוא מבקר במאמרו את מי שאוחזים באמת שלהם ללא ביקורת עצמית; אלו שמחזיקים בתפיסות שלעולם לא העמידו למבחן מול אחרים, או מול עצמם. הוא גם צודק בכך שצריך לחפש את האמת היטב, עם ביקורת רבה, בפתיחות ובקשב. אלא ששלו ממשיך ושואל "אולי בכלל אין אמת?" זו אפשרות שניתן לדון בה בצורה מעמיקה, אבל שלו קופץ ללא הסבר אל התשובה - אין. מכך הוא מסיק שאלו שמחפשים אותה או אוחזים בה משעבדים עצמם לדבר שלא קיים ובכך כולאים את רוחם. החלופה שהוא מציע היא קיומו של אדם בעל רוח חופשית, שמסתובב בעולם ונע "במרחב חסר הגבולות של האינטלקט", מודע לחוסר קיומה של האמת. הביקורת שלי על דבריו של שלו תתמקד בשתי נקודות: האחת - קביעתו כי לא קיימת אמת נסמכת על ריקון מתוכן של מושגי יסוד, ריקון שהוא מתמודד עימו באמצעות הגדרות מחדש וסמנטיקה שאינה פותרת דבר. השנייה - דרך החיים ששלו מציע אינה נובעת מתפיסת המציאות שהוא מציג, והיא למעשה בלתי ניתנת ליישום.

כשאין אמת, המובן הפשוט והרגיל של "משמעות", כפי שכולנו מבינים וחיים לאורו, מאבד מתוקפו ומערכו. למען מה קם אדם בבוקר, לומד, עובד או חי בכלל? אנו מונעים מן האמונות שלנו, והעשייה שלנו קשורה בקשר הדוק למשמעויות שאנו מייחסים לה. כשכל אלו אינם אמיתיים, האדם עומד נבוך¹. הצעתו של שלו ש"השיטוט הנלהב האינסופי במרחב חסר הגבולות של האינטלקט, הוא-הוא מימוש חירות הרוח" ובניסוחו של ניטשה "אם ברצונך להיות תלמיד של האמת - חפש", נהיית לחסרת משמעות בעולם שבו אין אמת. שלו מכיר בדבר ושואל היטב, "את מה אנחנו מחפשים? אם אין בכלל אמת שניתן להשיג ולהישען עליה, לשם מה החיפוש? האין זו שליחות חסרת מטרה? ומה תוקפו של מסע ללא יעד?" לדעתי התשובה לשאלות אלו היא שאכן, עולם שאין בו אמת הוא עולם ריק וחסר מטרה. בשלב זה נדמה לי ששלו, שלא מקבל את האפשרות הזו, בורח, כדי לפתור את שאלותיו, אל משחקי מילים שלא ברור מה עומד מאחוריהם. את מושג האמת הוא מגדיר מחדש כ"מרחב של גישות, דעות, אופני חשיבה, פרספקטיבות, עולם ומלואו שבו תועה האדם החושב, המנסה להתעלות אל מעבר לאפסות ולניוון שבהיצמדות לנקודת מבט אחת." זוהי הגדרה רחבה שכלל לא קשורה למובן המקורי של "אמת". הוא ממשיך וטוען ש"כל עוד אנו תועים במרחבי החשיבה אנחנו חיים במלוא מובן המילה. לכן ניטשה אומר לנו לא לוותר לעולם ולהמשיך בהשתנות ובחיפוש הכמעט אבסורדי, אף שאין להם יעד סופי". אם כן, על פי שלו, עצם התעיייה במרחב היא "חיפוש" ו"אמת".

ניתן לקרוא לתעיייה הזו כך, ניתן גם לקרוא לה "לודוויג" ו"ברטראנד". ניתן גם להשתמש במילים שהשימוש המקורי בהן בשפה תואם לתוכן, דוגמת "שיטוט" ו"נוודות". בכל אופן הגדרת "אמת" ו"חיפוש" באופן מחודש לא פותרת את השאלות ששלו העלה - שאלות שבניסוחן קיימים מובנים אחרים של "אמת" ו"חיפוש". נותרת אם כן על הלוליינות הסמנטית, ובהסתמך על המובנים המקוריים נשאל שוב את שאלותיו החשובות של שלו: "את מה אנחנו מחפשים? אם אין בכלל אמת שניתן להשיג ולהישען עליה, לשם מה החיפוש? האין זו שליחות חסרת מטרה? ומה תוקפו של מסע ללא יעד?"

שלו מנסה לתמוך את תפיסתו שאין אמת אובייקטיבית בכך שתפיסה זו רווחת כיום בתחומי האומנות. נשים לב שגם כאן הכול טמון בהגדרות. אם נגדיר את משמעות הטקסט (או כל סוג אמנות) כ"כוונת המחבר", אזי אין ריבוי-משמעויות. יש בדיוק משמעות אחת נכונה. יכול להיות שאין לנו דרך לגלות את המשמעות הזו ושניתן רק לשאוף אליה תוך הכרה במגבלותיו.

¹ וכששום דבר אינו אמיתי [וגם למוסר אין תוקף אובייקטיבי, אלא הוא סובייקטיבי ויחסי, כלומר כשמדובר ברלטיביזם אתי] הוא עלול להגיע למחוזות בעייתיים. "ברצוני לטעון עכשיו שאם כי הרלטיביזם האתי נשמע רעיון מתקדם, ליברלי, פלורליסטי, אפילו דמוקרטי, הוא למעשה הקרקע שעליה נבנית מיד אידיאולוגיית הכפייה הכוחנית, האידיאולוגיה שיצרה את הקומוניזם הרוסי והסיני ואת הפשיזם האיטלקי והגרמני, מכיוון שבהיעדר קריטריון אובייקטיבי אחד לטוב המשותף, אין שום נימוק אתי מן האפשר נגד הכפייה של קריטריון שרירותי כלשהו על כל החברה בכוח הזרוע ובכוח הפחד. ומן הרגע ששיקולי היעילות והשרידות הדרוויניסטים מצטרפים למשחק, נהפכת הדמוקרטיה לאמצעי בלבד, ככל אמצעי אחר, להשלת אתיקה אחת" (זאב בכלר, פילוסופיית המדע של אריסטו. תל אביב: משרד הביטחון, תשנ"ב).

לחלופין, ניתן להגדיר משמעות סטרוקטורליסטית, כזו שנובעת מהקשרו ההיסטורי של הטקסט. גם למשמעות הזאת קשה להגיע במדויק, והשגה שלה דורשת הרבה עבודה וחיפוש. השלב הבא הוא הקביעה ש"לטקסט מעולם לא הייתה ולא תהיה משמעות יחידה; משמעויותיו מתפשטות ומתחברות לאובייקטים נוספים הנמצאים מחוצה לו [...]".² אנו קוראים יצירה מתוך פתיחות למשמעויות מגוונות בה. רבים יגידו היום שאין פרשנות אחת נכונה ולכן יציגו בדבריהם פרשנויות שונות.² אם כן, הטקסט נהיה רב-משמעי, בעקבות ההגדרה המרחיבה של "משמעות". כך גם ביחס למשמעות בעולם. אם מושג המשמעות מעוגן בכונת מישו או בהקשר כלשהו, אין רב-משמעויות. רק אם נגדיר משמעות כניתנת לפרשנויות שונות עולמנו יהיה לרב-משמעי. באופן דומה אפשר להגדיר מחדש אמת כ"כל דבר שמישהו קורא לו אמת" ולקבל ריבוי אמיתות, שאף יכולות להיות סותרות. מחיר ההגדרות חובקות-כול הללו הוא קבלת משמעויות ואמיתות סובייקטיביות ולא מחייבות שאינן יכולות עוד להישפט, כיוון שאין משמעויות ואמיתות אובייקטיביות שאליהן אפשר להשוות אותן. האל ומפלצת הספגטי המעופפת הם אמיתות שוות בערכן; משכורתו של המנתח וערך החיים הן משמעויות שוות של ניתוח חירום; שיטוט חופשי בטוויטר ובפייסבוק וקריאה בערך הוויקיפדיה על אפלטון הם חיפוש שווה אחר השכלה.

בעקבות זאת עולה השאלה איך נראים בפועל חיים לפי התפיסות הללו. כאן שלו מותיר עמימות. הוא מתאר את האדם המשוחרר בעזרת ציטוטים מניטשה, מילים יפות ושירי הלל: "שיטוט נלהב", "עולם ומלואו", "הבה נכריע פחות וננדוד יותר". אלו תיאורים מפתים שקל להי בעקבות זאת עולה השאלה איך נראים בפועל חיים לפי התפיסות הללו. כאן שלו מותיר עמימות. הוא מתאר את האדם המשוחרר בעזרת ציטוטים מניטשה, מילים יפות ושירי הלל: "שיטוט נלהב", "עולם ומלואו", "הבה נכריע פחות וננדוד יותר". אלו תיאורים מפתים שקל להישבות בקסמם ובשחרור שהם מציעים, בייחוד לאחר טראומות שחוויו מהצד השני, הבטוח בעצמו. אבל אלו תיאורים שאין מאחוריהם דבר. כל ניסיון לתרגם את הרעיונות האלו לדרך חיים במציאות יעלה בתוהו.³ הסיבה פשוטה - הקמת משפחה, לימודים לתואר, קידום המדינה והמדע, השגת רווח עצמי, התנדבות, המשך הקיום, כולם מבוססים על אמיתות כלשהן בדבר ערך וחשיבות. אפשר כמובן לעשות אותם מכוח האינרציה והעקיבה האוטומטית אחרי האמיתות המקובלות,⁴ אך אם זו דרך החיים שמציע שלו, היה נכון ומדויק יותר שיכתוב בשבחו של חוסר החשיבה, או בשבחה של העדריות. באשר לתנועה המוצעת בין דרכי חיים ופרספקטיבות, היא מאפשרת להתנהל כך: לחיות יום אחד כחרדי ולהתהלך עבדקן, ולמחרת לחגוג במועדונים; להתקשר בנישואין לאהובה ולהוליד ילד, וכשהמחויבות למחויבות מעיקה, לעבור לאחרת ולנתק קשר עם התינוק ואימו.

² נתבונן במשפטו של אריסטו: "שבהיותנו אוהבים את ידידינו וגם את האמת, מצוה קדושה היא להעדיף את ההיא" (אריסטו, **אתיקה מהדורת ניקומאכוס**. תרגום יוסף ג' ליבס, תל אביב: הוצאת שוקן, תשמ"ה, עמ' 20) מהי משמעותו? ניתן לקבוע שמשמעות המשפט היא כוונתו של אריסטו לבדה, שקרובה, אני חושב, להדגשת חשיבותה של הדבקות באמת על אף המחיר החברתי. ניתן לקבוע שהמשמעות רחבה יותר ונובעת גם מהקשר המשפט בספר ומההקשר ההיסטורי והתרבותי שבו נכתב ואולי לדון במצב החברתי וביחס לאמת בתקופתו של אריסטו. ניתן גם לקבוע שאין משמעות יחידה, אלא פרשנויות שונות הנובעות גם מאובייקטים החיצוניים למשפט. לצורך העניין אציע את המשמעות הבאה: דבריו של אריסטו מרמזים על היותו הומופוב, שבין אהבת גברים לאהבת האמת - אותה הוא רואה באהבת נשים - רואה כמצווה קדושה להעדיף את ההיא - האמת או האיש, תוך התכחשות לזהות המינית של האדם. המענה לשאלה מהי משמעות המשפט של אריסטו ואם יש כאן ריבוי משמעויות או לא, תהיה תלויה, אם כן, בהגדרתנו. אעיר בקצרה שגם בהגדרה המרחיבה של משמעות טקסט, ניתן עדיין לשמור על מידה של אובייקטיביות ושיפוט ביחס למשמעויות. כדי לחדד זאת אציע את משמעות המשפט הבאה: אריסטו בדבריו מספר לנו על סלידתו מגלידת אוכמניות. למשמעות הזו, בניגוד לקודמת, אין כלל עיגון בטקסט (אפשר כמובן לשים לב שהמילה "אמת" מרמזת למילה אוכמניות). אם נצרף להגדרה המרחיבה של המשמעות דרישה לעיגון בטקסט, נקבל משמעות נכונה ומשמעות שלא (או משמעות שנכונה יותר מהשנייה).

³ **בדלדולה של הרוח באמריקה** (תל אביב: עם עובד, 1989). מתאר אלאן בלום כיצד רלטיביזם הדומה לזה שמציע שלו הוביל למה שבלום מכנה "דלדולה של הרוח באמריקה".

⁴ או כי זה נוח. "בהיעדר קריטריונים אובייקטיביים כלשהם, עלינו לאמץ ערכים לפי התועלת המוסרית, או תועלות אחרות, שניתן להפיק מהם. כיון שאין מאמינים במאומה, ניתן לאמץ אמונות באופן פרמטי, כדי להשיג חיים שיהיו נוחים ומועילים ככל האפשר" (מיכאל אברהם, **שתי עגלות וכדור פורח**. כפר חסידיים: הוצאת תם, תשס"ז, עמ' 253).

אפשר לחיות כשחקן ניהיליסט בעולם ולעשות עוד דברים רבים, אך לא באמת לעבור בין פרספקטיבות. בהיותו חרדי, בן זוג, הורה, פעיל שלום, אידאולוג, אותו אדם ששלו מציע לנו להיות יישאר בתפיסתו האמיתית היחידה, שהיא פרדוקסלית - היעדרה של אמת. אידאולוג כזה יהיה חסר מוטיבציה לקדם את תפיסתו, כי הוא כלל לא מאמין בה. כשיפגין בעד זכויות אדם או ישמור שבת, המשמעות הפשוטה, שאותה מוצא במעשים אלו אדם התופס כאמת את קיומו של אלוהיו או את ערך השוויון, לא תהיה רלוונטית בעבורו. הוא אומנם ייחשף בצורה הזו למגוון תרבויות וחוויות, אך ישלם את מחיר הזרות, ויאבד את ההזדהות, העומק והמשמעות⁵.

ובכן, מאחורי האדם שמתאר שלו באופן רומנטי מסתתר אידאולוג של ריקנות. אציע לו בזהירות את מתודות הביקורת העצמית ששלו הציג בתחילת מאמרו, ואולי כך יתגנבו אליו ספקות באשר לתפיסתו. אם אחרי כן יוותר משוכנע בכך שאין אמת, כדאי שישים לב, כי שלו טועה בכך ש"אנחנו נידונים לנדוד לעד". גם כניהיליסט, ביכולתו לבחור בדרך חיים אחת: נוחה, מרגשת, או אפילו אקראית, ולהשתקע בה כל ימיו. הוא לא חייב לבחור בתעויה המשגעת של ניטשה:¹ הרי כשאין אמת או משמעות אחת, מה זה כבר משנה?

ישראל מלכיאל, בוגר אלפא ירושלים, לומד
בישיבת מחניים ועומד לקראת גיוס לצה"ל.
yd.malkiel@gmail.com

⁵ "נראה שהחנות מלאה בכל מיני דברים מופלאים, אבל מוזר יותר מכך היה כי בכל פעם שנתנה עינה באחד המדפים, תמיד היה אותו מדף ריק לגמרי, אף שהמדפים סביבו היו עמוסים לעייפה." (לואיס קרול, **עליזה בארץ המראה ואשר מצאה שם**. תרגם אהרון אמיר, תל-אביב: מחברות לספרות, 1972)

מבוא קוונטי לעולמות מרובים

מאת אורי שם אור

הערה: עבור מי שכבר למדו קוונטים ומכירים היטב את הנושא מומלץ לדלג למאמר הבא: "פירוש העולמות המרובים"

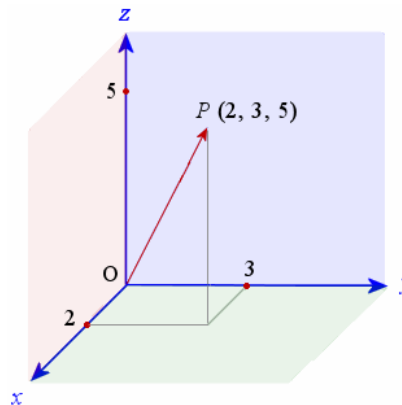
הקדמה

פירוש (אינטרפרטציה) העולמות המרובים של הפיזיקה הקוונטית הוא אחד התחומים המדוברים ביותר במדע הפופולרי, אשר שובה את הלבבות של חובבי מדע ופיזיקה רבים ברחבי העולם. בדומה לתחומים רבים אחרים במדע הפופולרי בכלל ובפיזיקה קוונטית בפרט, התיאור שלו רווי בחוסר דיוקים ובטעויות. אלא שבניגוד לתחומים אחרים, כאן חוסר הדיוק והטעויות אינם מנת חלקם של המתעניינים בתחום בלבד. גם המתעמקים בפיזיקה (ואפילו רוב הסטודנטים לפיזיקה), מפספסים כמה נקודות עמוקות בנושא. במאמר זה נדון במושגים משונים כמו תודעה המתפצלת לחלקים רבים ונדבר על תוצאות חשובות כמו פתרון לבעיית המדידה. גם אם פירוש זה לא עדיף על פני כל פירוש אחר למכניקה הקוונטית, הוא לכל הפחות שונה מהותית. לכן חשוב לדעתי שכל מי שמתעניין במדע בכלל ובפיזיקה בפרט, ידע ויבין את המשמעויות הפיזיקליות, העקרוניות הפילוסופיים, הבסיס המתמטי האלגנטי להפליא ואף את ההשלכות הניסיוניות שיש לפירוש מדהים ומרתק זה. כדי להבין את הרעיון של עולמות מרובים, ראשית עלינו להבין איך עובדת מכניקת הקוונטים. לכן, בפרק זה ננסה לספק רקע עליה לפי התיאור הקלאסי שלה, ונראה כיצד חושבים על פיזיקה קוונטית בצורה הפשוטה ביותר. בפרק הבא נסביר מהו בדיוק פירוש העולמות המרובים.

וקטורים

וקטור הוא אובייקט מתמטי בסיסי, והבנתו חשובה ובסיסית להבנת הקוונטים. וקטורים הם צורת ייצוג של נקודה כללית במרחב. לדוגמה, אם נרצה לתאר את המיקום של חלקיק כלשהו במרחב בעל שלושה צירים שכולם (והראשית שלהם) מוגדרים שרירותית במרחב, נוכל לאפיין אותו לפי שלושת המספרים x, y, z , כלומר לפי וקטור יחיד בעל שלושה רכיבים:

$$v = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$



וקטורים יכולים לתאר נקודות במרחבים מופשטים או כלליים יותר מאשר המרחב שלנו. כך למשל, וקטור בעל ארבעה רכיבים יכול לתאר מיקום של חלקיק במרחב בעל ארבעה ממדים או מיקום של שני חלקיקים במרחב דו-ממדי:

$$v = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

כמו כן, מכיוון שווקטור מייצג נקודה במרחב, אפשר גם להסתכל על האורך שלו, כלומר על המרחק של הקצה שלו מראשית הצירים (אותו נסמן כ: $\|v\|$). כאשר למשל, האורך של הווקטור $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ יהיה לפי משפט פיתגורס:

$$\left\| \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right\| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

בצורה דומה ניתן לחשב אורך של וקטורים בממדים גבוהים יותר.

הדבר האחרון שחשוב לנו לדעת על וקטורים בהקשר שלנו הוא שהם חיבוריים, כלומר ניתן לפרק אותם לרכיבים שלהם ולהסתכל על כל אחד בנפרד. כך למשל, במקרה התלת-ממדי מתקיים:

$$\begin{pmatrix} x+a \\ y+b \\ z+c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x+a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ y+b \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ z+c \end{pmatrix}$$

פונקציית הגל

בפיזיקה קלאסית אנו טוענים שכל אובייקט בטבע מורכב מחלקיקים וכי בכל רגע נתון, כל אחד מהם נמצא במיקום מסוים ועם מהירות מוגדרת. כלומר, ניתן לתאר כל מצב של היקום, כל אפשרות לקיום המציאות בזמן מסוים, מרגע הנחיתה על הירח ועד לתבוסת נפוליאון בעכו, לפי המיקומים והמהירויות המדויקים במרחב של כל החלקיקים בטבע באותו הרגע. אבל בפיזיקה קוונטית אנחנו כופרים בכך, וטוענים שהחלקיקים נמצאים בכמה מצבים במקביל.

נתאר רעיון זה באופן מתמטי על ידי ייצוג של המצב הקוונטי של החלקיק באמצעות וקטור כלשהו באורך 1 (בקרום נבחר מדוע), מעל מרחב המצבים הקלאסיים הסטטיים - כלומר מרחב האפשרויות שהחלקיק היה יכול להתקיים בהן, כאשר כל ציר במרחב מייצג מצב קלאסי סטטי כלשהו. ככל שערך הקואורדינטה של החלקיק בציר כלשהו גבוה יותר (כלומר הוא "רחוק" יותר בכיוון של אותו ציר), כך הוא "קיים" יותר באותו מצב קלאסי במקביל. הרעיון שאנו מייצגים את המצב של החלקיק כנקודה במרחב כל כך אבסטרקטי - מרחב המצבים הקלאסיים (בניגוד לשימוש הקלאסי כנקודה במרחב הפיזי) הוא רעיון שקשה תחילה להבין את משמעותו - אבל הוא יהיה הבסיס לניסוח שלנו למכניקת הקוונטים.

נסתכל לדוגמה על חלקיק כלשהו המוגבל על ידי כוח חיצוני לשתי נקודות במרחב, r_1, r_2 : אם נגדיר מרחב לינארי שהצירים שלו הם אותם שני מצבים קלאסיים, אזי בפיזיקה קלאסית שני המצבים האפשריים היחידים שהחלקיק יכול להיות בהם הם (עד כדי דקות קטנה שלא ניכנס אליה עכשיו):

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

אין משמעות למשל למצב: $\begin{pmatrix} 1 \\ \sqrt{2} \\ 1 \\ \sqrt{2} \end{pmatrix}$, מכיוון שכאמור, בפיזיקה קלאסית חלקיקים לא יכולים להיות בשני מקומות בו

זמנית (כלומר בעלי ערכים בשני צירים בו זמנית). אבל בפיזיקה קוונטית, כל מצב מהצורה: $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ שהאורך שלו 1 הוא אפשרי.

ואם החלקיק לא מחויב רק לשתי נקודות אלא יכול להיות בכל מקום במרחב, אזי התיאור של המצב הקוונטי שלו יהיה וקטור במרחב בעל אינסוף ממדים, כלומר אינסוף צירים, כאשר הצירים שלו הם המיקומים האפשריים של החלקיק במרחב הקלאסי (כי לחלקיק יש אינסוף מקומות שבהם הוא יכול להתקיים).

כעת נבין מה המשמעות של וקטור זה, שנכנה אותו "פונקציית הגל". הרי אנחנו לא חווים את הטבע כמתקיים בכמה מצבים במקביל; אם צופה מסתכל על מכונת, היא נמצאת במקום אחד מוגדר בכביש. כאן נכנסת לתמונה השחקנית החשובה השנייה של הפיזיקה הקוונטית מלבד פונקציית הגל, והיא המדידה הקוונטית או הקריסה.

קריסה

פיזיקה קוונטית (בניסוח הרגיל שלה) מתוארת לפי שלוש אקסיומות, או שלוש שחקניות, המגדירות יחד את התורה. השחקנית הראשונה היא כאמור פונקציית הגל, והיא מתארת את המצבים שהמציאות בכלל וחלקיקים בפרט יכולים להתקיים בהם. השחקנית השנייה היא משוואת שרדינגר (או מקבילות מתוחכמות יותר שלה), המתארת כיצד פונקציית הגל משתנה בזמן (היא פחות קריטית לדיון שלנו כאן). אלא שלא ממש ברור מה המשמעות הפיזיקלית של שתי השחקניות האלו לבד. מצד אחד אנחנו אומרים שהמציאות מתוארת על ידי איזשהו וקטור אבסטרקטי במרחב המצבים הקלאסיים, אבל מצד שני כשאנחנו חווים את הטבע אנחנו כן חווים את כל החלקיקים המרכיבים את המציאות כאילו הם במצב קלאסי יחיד ולא בכמה מצבים בו זמנית.

על פער זה מכסה השחקנית השלישית והמזרה ביותר במכניקת הקוונטים - "המדידה הקוונטית" או "הקריסה". ישנה עוד מכניקה, חיצונית למשוואת שרדינגר (לפחות בניסוח הרגיל), שבה מודד חיצוני כלשהו יכול לנסות ולמדוד תכונה קלאסית כלשהי של פונקציית הגל, כמו מיקום, מהירות או אנרגיה. כאשר מדידה זו מתבצעת, פונקציית הגל כבר לא יכולה להישאר במקביל באותם מצבים קלאסיים ביניהם היא נמדדת, אלא חייבת לבחור באחד מהם. את הבחירה הזו היא עושה בצורה אקראית, וככל שהיא "נמצאת יותר" במצב קלאסי מסוים (כלומר בעלת ערך גבוה יותר בציר מסוים), כך גובר הסיכוי שהיא תקרוס אליו (והוא הערך המוחלט בריבוע של הרכיב של החלקיק באותו הציר).

לדוגמה, כאשר אנחנו מודדים את המצב הקוונטי המדובר $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$, הוא יהיה חייב לבחור באחד משני המצבים הקלאסיים האפשריים: $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ או $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$. בחירה זו הוא עושה בצורה אקראית, כאשר בהגדרה, הסיכוי שלו לקרוס למצב הראשון הוא:

$$|a|^2$$

ולמצב השני:

$$|b|^2$$

מכאן אנחנו מבינים את המשמעות של פונקציית הגל בניסוח הרגיל של מכניקת הקוונטים. פונקציית הגל של חלקיק מייצגת "עד כמה" הוא נמצא בכל אחד מהמצבים הקלאסיים, וככל שהרכיב המתאר מצב קלאסי כלשהו גדול יותר, כך המצב הקוונטי "נמצא יותר" באותו מצב קלאסי. כאשר אנחנו מודדים את אותו הווקטור - את אותה פונקציית גל - הוא חייב לבחור מצב קלאסי כלשהו, ואת זה הוא עושה בצורה אקראית, כאשר הסיכוי שלו לקרוס למצב קלאסי מסוים גדול יותר ככל שהוא "נמצא יותר" באותו מצב.

זאת גם הסיבה שהאורך של פונקציית הגל צריך להיות 1, כי סכום ההסתברויות הוא בהגדרה 1, והאורך של הווקטור הוא שורש סכום ההסתברויות:

$$1 = \left\| \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \right\| = \sqrt{|a|^2 + |b|^2} = \sqrt{P\left(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}\right) + P\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}\right)}$$

כלומר:

$$P\left(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}\right) + P\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}\right) = 1$$

שאלה חשובה היא איך ומתי מדידה כזאת באמת מתבצעת, שהרי אמרנו שמדובר במכניקה מחוץ למשוואה שמתארת איך פונקציית הגל משתנה בזמן - משוואת שרדינגר. נוסיף לנדון בכך בהמשך.

לסיכום, בפיזיקה הקלאסית אנו מתארים את הטבע לפי המצב של כל אחד מהחלקיקים, שהוא מצב קלאסי יחיד כלשהו. בפיזיקה קוונטית המצב של כל אחד מהחלקיקים הוא וקטור כלשהו באורך 1 במרחב המצבים הקלאסיים שמתקדם בזמן לפי משוואת שרדינגר (זה לא לגמרי מדויק, זהו מרחב המצבים הקלאסיים הסטטיים, אך הדבר לא מהותי לעניינינו). ככל שהרכיב המתאר מצב קלאסי מסוים גדול יותר, כך המצב הקוונטי "נמצא יותר" באותו מצב קלאסי, וכאשר אנו מודדים את אותו הווקטור (את אותה פונקציית הגל), הוא חייב לבחור מצב קלאסי כלשהו, ואת זה הוא עושה בצורה אקראית, כאשר הסיכוי שלו לקרוס למצב קלאסי כלשהו גדול יותר ככל שהוא "נמצא יותר" באותו מצב.

ניסוי שני הסדקים

כביכול, הרבה יותר מתקבל על הדעת שהחלקיק לא באמת נמצא בכמה מקומות בו זמנית, אלא שהמצב הקוונטי מתקיים רק בשל חוסר ידיעה באיזה מיקום הוא באמת, כלומר פונקציית הגל לא מתארת חלקיק שנמצא בכמה מקומות במקביל, אלא היא בסך הכול מעידה על מחסור סטטיסטי במידע. אבל ניסוי שני הסדקים מדגים שלא מדובר רק בהסתברויות שונות, אלא שהחלקיק באמת נמצא ממש בשני המצבים בו זמנית, כלומר פונקציית הגל היא לא רק תיאור סטטיסטי, אלא אובייקט עם משמעות הרבה יותר עמוקה.

נבנה מערכת שבצידה האחד יש מקור חלקיקים (דוגמה לכך היא מנורה או שמש שמשגרת פוטונים, אבל זה יכול להיות גם מקור אלקטרונים, פרוטונים או כל חלקיק אחר), ובצידה האחר יש לוח המודד כמה חלקיקים פגעו בו בכל נקודה. בין הלוח למקור החלקיקים קיים מחסום, ומעבר החלקיקים מתאפשר רק דרך שני סדקים צרים. נסכים שאם החלקיק במצב $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ סימן שהוא עבר דרך הסדק הימני, ואם הוא במצב $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ סימן שהוא עבר דרך הסדק השמאלי.

כעת, אם נסגור את הסדק השמאלי, נקבל התפלגות כלשהי של פגיעת החלקיקים על הלוח, המתאימה למצב שבו חלקיקים עברו רק דרך הסדק הימני, ונקבל את ההיפך אם נסגור רק את הסדק הימני. אם באמת פונקציית הגל מסמלת רק חוסר ידע קלאסי על מיקום החלקיק, היינו מצפים שאם נפתח את שני הסדקים ביחד נקבל התפלגות שהיא סכום ההתפלגויות של שני הסדקים בנפרד, אלא שבמקום זה קיבלנו את ההתפלגות המוזרה הבאה:



התעלמו מהמילים "תיאוריית הגלים", ו"תיאוריית החלקיקים". הצורה היותר נכונה לחשוב על זה היא שתיאוריית החלקיקים פירושה שקוונטים הם רק דבר סטטיסטי, ותיאוריית הגלים משמעותה שיש באמת דבר כזה שנקרא "סופרפוזיציה" (הרעיון שהחלקיק נמצא בכמה מצבים בו זמנית).
מה זה אומר? זה אומר שהמצבים השונים שמרכיבים את פונקציית הגל:

$$\begin{pmatrix} 1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

קיימו ביניהם אינטראקציה! כלומר, החלקיק היה חייב להיות ממש בשני המקומות בו זמנית! הדבר מראה שפונקציית הגל היא לא רק אנסמבל של הסתברויות, אלא ממש מתארת תופעה מוזרה - סופרפוזיציה, כלומר קיומו של החלקיק בכמה מצבים בו זמנית.

אגב, אם אנחנו מודדים את אחד הסדקים (נניח מניחים גלאי שבודק בזמן אמת אם החלקיק עבר או לא עבר דרכו), נקבל שפונקציית הגל קורסת ברגע שהיא עוברת דרך הסדקים, ואז אכן נקבל מחדש את ההתפלגות של תיאוריית החלקיקים!

רעיון זה של סופרפוזיציה, שלפיו החלקיקים מתקיימים באמת בכמה מצבים בו זמנית ומקיימים ביניהם אינטראקציה, ורעיון המדידה אשר מקריס למצב ספציפי, הוא הטרור של הקוונטים!

בנקודה זו נרצה לדון בצורה שבה חושבים על קוונטים בכלל ועל ניסוי שני הסדקים בפרט במדע הפופולרי. פעמים רבות כאשר מדברים על פיזיקה קוונטית אומרים שפונקציית הגל היא "גם חלקיק וגם גל" או "לפעמים חלקיק ולפעמים גל" ושניסוי שני הסדקים הוא דוגמה לתופעה זו. זאת צורה שטחית ולא מאוד נכונה לחשוב על קוונטים או על ניסוי שני הסדקים. כן, אם חושבים על פונקציית הגל לא בתור וקטור במרחב המצבים הסטטיים, אלא בתור התפלגות של החלקיק במרחב (שזה תיאור יותר קלאסי ושקול פיזיקלית), אפשר לראות שהיא מקיימת משוואה שבאמת מזכירה את משוואת הגלים - המשוואה שמתארת גלים קלאסיים בטבע, כמו גלי קול או גלים אלקטרומגנטיים (אור), ולכן קוראים לה פונקציית גל. כן, לפעמים, בניסויים מסוימים, פונקציית הגל מתנהגת בצורה שמזכירה את הצורה שבה מתנהגים חלקיקים, אבל גם גלים רגילים מתנהגים במערכות מסוימות בצורה שמזכירה זאת, ואין כאן שום דבר מיוחד (חשבו למשל על לייזר שמתנגש במראה. לייזר הוא גל אלקטרומגנטי, והוא מתנהג לגמרי כמו כדור שמקפץ ממראה). אין כל חידוש בכך שגל יכול לפעמים להתנהג כמו חלקיק. הנקודה העמוקה שניסוי שני הסדקים מדגים היא שהטבע שלנו באמת (המצב הקוונטי) נמצא בכמה מצבים קלאסיים במקביל, ושאפשר להקריס אותו לאחד מהם באמצעות מדידתו.

אינטראקציה ושזירה

אז לפני שניכנס עמוק יותר לדיון בשאלה מה זו בדיוק מדידה, נרצה לדבר על איך חלקיקים מקיימים ביניהם אינטראקציה (מתקשרים). במהלך הפרק אמרתי שפונקציית הגל מתארת חלקיק כלשהו, זה אכן נכון. אבל אפשר גם להתייחס אל פונקציית הגל כמשהו שמתאר לא רק חלקיק יחיד, אלא קבוצה של חלקיקים, ואף את היקום כולו. את זה אפשר לעשות פשוט באמצעות האמירה שהקואורדינטות של הווקטור שמתאר את הטבע שלנו הן לא רק המצבים הקלאסיים של החלקיק, אלא המצבים הקלאסיים של כל הטבע. נסתכל למשל על מערכת דומה לזו שהצגנו קודם, רק שהפעם יש לנו שני חלקיקים: \mathbf{A} ו- \mathbf{B} , כאשר כל חלקיק יכול להימצא באחד משני מקומות: r_1 ו- r_2 עבור חלקיק

A, ו- s_1 ו- s_2 עבור חלקיק B. נקבל ארבעה מצבים קלאסיים אפשריים: $(r_1, s_1), (r_1, s_2), (r_2, s_1), (r_2, s_2)$ ולכן ניתן לייצג את המערכת הקוונטית שלנו לפי וקטור בעל ארבעה רכיבים:

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

כאשר נגיד שכל אחד מהרכיבים שלו מייצג את אחד המצבים הקלאסיים:

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow (r_1, s_1), \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow (r_1, s_2), \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow (r_2, s_1), \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow (r_2, s_2)$$

אבל אפקט זה ביחד עם קריסה יוצר תכונה מעניינת. נסתכל למשל על המצב הקוונטי:

$$\begin{pmatrix} 1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

זהו מצב קוונטי לגיטימי לכל דבר ועניין. הוא וקטור במרחב המצבים הקלאסיים הסטטיים בעלי אורך 1. אבל הנה נקודה מעניינת: נניח שאנחנו יודעים מראש שזה המצב הקוונטי שלנו (למשל כי בנינו אותו בצורה מבוקרת במעבדה). ונניח שאנחנו מודדים את המיקום של החלקיק הראשון ויוצא לנו r_1 , מה שזה אומר הוא שהמצב הקוונטי שלנו אחרי המדידה הוא:

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow (r_1, s_1)$$

כלומר מתאים למיקום של החלקיק השני - s_1 . אבל אם היינו מודדים ומוצאים שהמיקום של החלקיק הראשון הוא r_2 , היינו מקבלים שהמיקום של החלקיק השני הוא s_2 . כלומר, ניתן לדעת על-פי המדידה הקלאסית של מצב החלקיק השני מה מצבו של החלקיק הראשון! יוצא מכאן שהחלקיקים קשורים זה בזה והמצבים האפשריים הקלאסיים שלהם תלויים זה בזה. תופעה זאת נקראת "שזירה קוונטית".

שזירה בין חלקיקים בטבע מתרחשת כאשר החלקיקים מקיימים ביניהם אינטראקציה כלשהי (חשמלית, מגנטית, התנגשות, כוח חזק, כוח חלש וכו'). בדרך כלל החלקיקים לא נשזרים בצורה מושלמת מספיק כך שאפשר לדעת בוודאות את המצב של החלקיק הראשון לפי המצב של החלקיק השני, (לרוב יש רק קשר סטטיסטי). אבל במחשוב קוונטי למשל, הרעיון של שזירה כמדויקת חשוב מאוד.

בדומה לפיזיקה הקלאסית, נרצה לא פעם לפרק את תיאור הטבע לחלקיקים הספציפיים שמרכיבים אותו, ויש שתי דרכים לעשות זאת. הדרך הראשונה היא לפרק לינארית את האינטראקציה של כל אחד משני החלקיקים. נציג זאת כך:

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + b \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} + c \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + d \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

הווקטור שבצד שמאל מייצג את המצב של החלקיק הראשון, ואלו שבצד ימין מייצגים את המצב של החלקיק השני, ואנחנו מפרקים את הווקטור לכל שזירה אפשרית.

מדידה כללית

הצורה שבה נערוך מדידה כללית ניתנת לתיאור על ידי אובייקט שנקרא "מטריצה הרמיטית מממד מתאים". לא ניכנס בשלב זה לפרטים המתמטיים של מבנה האובייקט הזה, שכן המאמר קצר והמלאכה מרובה (ואין מספיק מקום בשולי הדף), אבל כן נדבר על המשמעות הפיזיקלית שלו. המשמעות הפיזיקלית של המטריצה הרמיטית היא שהיא מסמלת לנו איזשהו ניסוי - מדידה - שניתן לערוך על פונקציית הגל, וכך מטריצות שונות מסמלות ניסויים שונים. לדוגמה, יש מטריצה (בשם מטריצת המיקום), המסמלת לנו את הניסוי שבוחן מה המיקום הממוצע של החלקיק בפונקציית הגל. מטריצה אחרת מסמלת לנו את הניסוי שבוחן מה המהירות הממוצעת של החלקיק בפונקציית הגל. את המטריצות נסמן בעזרת האות M , ואת תוצאת הניסוי שהן מייצגות נסמן בתור:

$\langle M \rangle$

כמו כן, יש לציין שישנו משפט מתמטי שמראה שעבור פונקציית גל כלשהי, אם אנחנו יודעים את התוצאה של כל ניסוי אפשרי, אזי אנחנו יודעים לחלוטין את המבנה של פונקציית הגל (עד כדי דקות לא מדידה שלא ניכנס אליה כרגע).

במאמר הבא נכנס יותר לעומק של הדיון בקוונטים בכלל, ובפירוש העולמות המרובים בפרט.

אינטרפריטציה העולמות המקבילים

מאת אורי שם אור

הבעיה עם קריסה

פרשנויות לטבע

החתול של שרדינגר

בפרק הקודם דיברנו על שני השחקנים הגדולים של הקוונטים - פונקציית הגל, המתארת את המצב הקוונטי של הטבע, והקריסה, שנותנת לה משמעות מדידה. אבל מה זו בכלל קריסה? סביר להניח שכולכם שמעתם על החתול של שרדינגר. ניסוי מחשבתי זה של שרדינגר (שהוצע במהלך התדיינויותיו עם אלברט איינשטיין), הוא ניסוי שמטרתו הייתה להראות את חוסר ההיגיון במודל הסופרפוזיציה שהצגנו כעת. בניסוי, חתול ישב בתוך קופסה סגורה, שאי אפשר למדוד מה קורה בתוכה, כאשר מערכת קוונטית אקראית קבעה אם ברגע מסוים גז רעיל ישתחרר או לא. מכיוון שהמערכת היא קוונטית, אזי מה שפרשנות מכניקת הקוונטים אומרת הוא שהגז גם השתחרר וגם לא השתחרר באותו הזמן (סופרפוזיציה), ומכיוון שכל מה שקרה בחדר היה מבודד ובלתי ניתן למדידה המערכת לא קרסה, ולכן החתול בתוך הקופסה היה גם חי וגם מת בו בזמן. רעיון זה נראה אבסורדי בעיני איינשטיין ושרדינגר והם ניסו להביא ניסוי מחשבתי זה בתור דוגמה לכך שעקרון הסופרפוזיציה של מכניקת הקוונטים: הרעיון שחלקיק יכול להיות בכמה מקומות בו זמנית - מה שאנו דיברנו עליו בתור ההצגה הווקטורית של חלקיק - הוא בלתי הגיוני או בלתי אפשרי (שזה דבר משעשע משום שהעבודה של שניהם הייתה חלק מהבסיס שממנו רעיון זה התפתח).

פרשנות לתיאוריה היא דרך אחרת לתאר את אותן תופעות. למשל, "אלוהים גורם לעצמים להימשך זה לזה", "חוקי הטבע גורמים לעצמים להימשך זה לזה", "העצמים נמשכים זה לזה", ו"חדי קרן בלתי נראים מושכים את העצמים זה לזה" - הם כולם פרשנויות לאותה תיאוריה של כוח המשיכה, כיוון שככל הידוע לנו, הפרשנויות מתארות את אותה המציאות המדידה. באותו אופן, הטענה "חוקי ניוטון תקפים אך ורק עד שנת 2023" היא פרשנות של התיאוריה "חוקי ניוטון תקפים לשלוש השנים הקרובות", כיוון ששתייהן יחזו את אותה תוצאה לכל ניסוי שניתן להעלות על הדעת. נשאלת השאלה, אם כן, מדוע אנו מתייחסים לתיאוריות מדעיות רבות כאילו אמיתותן תקפה גם לעתיד? מדוע אנו בונים חלליות לפי חוקי הפיזיקה שאנו מודדים עכשיו בכדור הארץ ובכך מניחים שהם יהיו תקפים גם אחרי שיגור החללית בחלל בעוד כמה שנים? לדעתי, אין דרך אובייקטיבית להכריע בין פרשנויות שונות כשאין לנו ניסוי שיבדיל ביניהן, אבל בכל זאת אפשר להכריע ביניהן על-פי התער של אוקהם, שהוא העיקרון של העדפת האפשרות הפשוטה והאלגנטית ביותר. הסיבה שאנחנו מאמינים בגישה זו והמשמעות של המונחים "פשטות" ו"אלגנטיות" הן נושאים מורכבים במיוחד בפילוסופיה של המדע, אבל בלי התער של אוקהם אין לנו שום יכולת לבצע תחזיות על הטבע. במאמר זה אנסה להראות שפרשנות העולמות המרובים עולה על פרשנות קופנהגן - הפרשנות הסטנדרטית למכניקת הקוונטים (שעל פיה עבדנו עד עכשיו) - בפשטות ובאלגנטיות שלה, ועל כן

הוא אקראי, יש בזה משהו שנוגד את האינטואיציה והפילוסופיה הבסיסיות שעומדות מאחורי הרעיון של הפיזיקה, או כפי שאיינשטיין אמר, "אלוהים לא משחק בקוביות".

פרשנות קופנהגן מציגה את הקריסה כאפקט מוזר, אקראי ולא טבעי, שלא ברור מהיכן הוא מגיע ומה החוקיות הפיזיקלית שלו, ועדיין הוא היה הבסיס לכל המשמעות המדידה של הטבע.

כלומר, בניגוד למה שאיינשטיין חשב, פרשנות קופנהגן כן טכנית נותנת לנו פתרון לכל הבעיות שלנו שאי אפשר למצוא לו סתירה מדידה בטבע, אבל הפרשנות הזו כל כך לא טבעית ואינה מוגדרת היטב בכל כך הרבה מקומות, שאפשר לומר שהיא עובדת, אבל ממש לא יפה, וכאן עדיין לא תמו הבעיות שלנו איתה!

EPR

איינשטיין, במתקפתו נגד מכניקת הקוונטים (שכפי שצוין הוא היה אחד האבות שלה), ניסח ביחד עם שני פיזיקאים אחרים - פודולסקי ורוזן (EPR - Einstein, Podolsky, Rozen), פרדוקס שהיה אמור להוכיח שיש בעיה מהותית עם הרעיון של קריסה כאשר מקשרים אותו לשזירה.

לשם הצגת הפרדוקס הציעו שלושת הפיזיקאים ניסוי מחשבתי שבו אנו שוזרים שני חלקיקים בדיוק כמו בדוגמה שהבאנו קודם, רק שאת אחד החלקיקים אנחנו שמים באנדרומדה ואת השני אנחנו משאירים בכדור הארץ (בלי למדוד את החלקיקים, כלומר הם עדיין לא קרסו). כעת, נסיין באנדרומדה מודד את החלקיק, וזמן קצר לאחר מכן, נסיין אחר מודד אותו בכדור הארץ - זמן כל כך קצר שאור לא יספיק להגיע מאנדרומדה לכדור הארץ (למעשה זה לא צריך להיות זמן כזה קצר, אנדרומדה ממש רחוקה). מכיוון שהחלקיקים שזורים, העובדה שהחלקיק קרס למצב

הפתרון הקלאסי לבעיה זו של פרשנות קופנהגן למכניקת הקוונטים (שהיא הפרשנות הרגילה של מכניקת הקוונטים שמאמינה באקראיות ובקריסה ושעל פיה עבדנו לאורך מאמר זה), היא שקריסה או מדידה לא קשורה לבני אדם שמפרשים אותה, אלא היא מתרחשת כאשר המערכת הקוונטית שלנו מקיימת אינטראקציה עם מערכת מקרוסקופית (גדולה) כלשהי. כלומר, רעיון החתול של שרדינגר בלתי אפשרי, שכן החתול בעצמו יבצע את המדידה ויקריס את פונקציית הגל ובכך יכריע אם הוא ימות או יחיה. פרשנות קופנהגן טוענת שמדידה לא חייבת להתבצע בידי בני אדם, אלא יכולה להתבצע בידי כל דבר גדול מספיק - חתול, סוס, כוכב, סלע, הים התיכון, מחשב, או אפילו ברווז... העובדה שהמערכת הקוונטית שלנו מקיימת אינטראקציה עם מערכת מקרוסקופית היא מה שגורם לקריסה.

אבל מה פירוש "גדולה"? היכן עובר הגבול? 10,000 אטומים כבר נחשבים לדבר מקרוסקופי? 1,000? 100? 10? ומאיפה האפקט הזה בכלל מגיע? מהו הקסם הזה של הקריסה שמתנהגת כמו אינטראקציה סופר-מוזרה, שנותנת משמעות לטבע מחוץ למשוואת שרדינגר? אנחנו יודעים שלא כל אינטראקציה גורמת לקריסה, שכן מדדנו הרבה מאוד אפקטים שדורשים אינטראקציה קוונטית רגילה בלי קריסה. בדרך כלל, כששואלים מישהו שמאמין בפרשנות קופנהגן שאלות כאלה, התגובה שלו היא במקרה הטוב משיכת כתפיים בבלבול או האמירה "אנחנו עוד לא יודעים", ובמקרה הרע מעבר מפרשנות קופנהגן לפרשנות הפרגמטית למכניקת הקוונטים - "שתוק וחשב".

בכלל, עצם העובדה שיש אקראיות בפיזיקה שלנו בצורה שקריסה מתבצעת, טורדת את מנוחתם של פיזיקאים. גם אם אין טכנית שום סתירה בכך שהטבע

הרבה פעמים, מכל כך הרבה כיוונים, ומעולם לא מצאנו ניסוי שמהווה סתירה לרעיון של קריסה, אקראיות ופרשנות קופנהגן. ועדיין, זאת פרשנות כל כך לא טבעית בכל כך הרבה רבדים. היא אקראית, שזו כבר צורה בעייתית לחשוב בה על הטבע מסיבות פילוסופיות שונות; יש בה אינפורמציה שנעה מהר יותר ממהירות האור, שגם זה לא "להיט" משום שאומנם אין כאן סתירה לאחת התיאוריות הכי מאוששות בהיסטוריה, אבל הדבר נוגד את כל הפילוסופיה שלה; ובכלל, כל הרעיון של קריסה וכך גם המכניקה שעל פיה היא עובדת והבסיס שעליה היא נשענת, לא ברורים בכלל.

כן, אם כל מה שאנחנו רוצים זה "לשתוק ולחשב" אז היא מצוינת. אבל אם אנחנו רוצים להבין איך מכניקת הקוונטים מתנהגת בצורה עמוקה יותר, יש הרבה סיבות פילוסופיות להאמין שאולי כדאי לנסות לחשוב על הטבע בצורה קצת שונה.

עולמות מרובים

הערה

הנוסחאות בפרק זה כתובות בצורה מקוצרת לצורך פישוט, והמשמעות שלהן תוסבר באופן מילולי. מי שלמד קוואנטים, ובמיוחד מטריצות צפיפות, מוזמן לנסות לשחזר את התוצאות של הנוסחאות.

EPR משופר

לאחר שלמדתי את פרדוקס EPR, שמתי לב לנקודה מעניינת: הפתרון לפרדוקס הוא שהמידע הנוגע לשאלה "לאן החלקיק קרס?" אינו שמיש, ולכן אין בעיה. אבל מה אם אנחנו לא שואלים "לאן החלקיק קרס?" אלא "האם החלקיק קרס?" כמו שראינו בניסוי שני הסדקים, אנחנו יכולים למדוד אם קבוצה גדולה של חלקיקים כלשהי קרסה או לא, כי ישנם ניסויים וויחוחו רחמוצו חוצאות וווחו ורור התהרה "החלקיק // פירוש העולמות המרובים מאת אורי שם אור זנ

כלשהו באנדרומדה קובעת מה ימדוד גם הנסיין בכדור הארץ. הנסיין לא יכול למדוד משהו לא מתאים, כי אז נקבל סתירה לשזירה. אבל פירוש הדבר הוא שהמידע על המצב שאליו החלקיק קרס נע מהר יותר ממהירות האור מאנדרומדה לכדור הארץ.

ידוע לנו מתורת היחסות של הפרטית של איינשטיין, שאינפורמציה לא יכולה לעבור מהר יותר ממהירות האור. זה לא איזשהו אפקט צדדי של יחסות פרטית או תוצאה ניסיונית לא ברורה, זהו חלק עמוק מהבסיס הפיזיקלי של התיאוריה, שסתירה שלו משמעה שאפשר לחזור בזמן ולרצוח את סבא שלך, ושאין משמעות לסדר של דברים. כלומר, נראה שהעובדה שחלקיקים יכולים להישזר ולקרוס (שתי דרישות בסיסיות למכניקת הקוונטים) מהווה סתירה עמוקה של הפיזיקה היחסותית (תיאוריה שעל פי מדידות אנו יודעים בוודאות שהיא נכונה). בכך ניסו שלושת החבר'ה שלנו להדגים שיש בעיה עמוקה במכניקת הקוונטים.

אבל גם לפרדוקס זה פרשנות קופנהגן נתנה פתרון. מעצבן, אומנם, אבל טכנית - עובד. מה שפרשנות קופנהגן אמרה הוא שאומנם מידע זורם מהר יותר ממהירות האור, אבל הנסיין באנדרומדה לא יכול לשלוט ולקבוע לאיזה מצב החלקיק יקרוס. לכן, אומנם מידע עבר, אבל אין בו שום שימוש. הנסיין באנדרומדה לא יכול לנצל זאת כדי להגיד משהו לנסיין בכדור הארץ. כלומר, אין מעבר מידע אחורה בזמן, ואין פרדוקסי סבא. הפתרון הזה עובד ללא ספק, ומסביר את הניסוי, אבל עדיין יש משהו מטריד באופן יסודי בכך שמידע נע מהר יותר ממהירות האור, גם אם הוא לא שמיש.

סיכום

פרשנות קופנהגן והרעיון של קריסה מספקים תיאור שמתאים לניסויים שאנו עור במעבדות, בכך אין ספק. מכניקת הקוונטים היא תיאוריה שנבחנה כל כך

כפי שהסברנו, ניתן לייצג ניסוי כללי באמצעות מטריצה הרמיטית מממד מתאים M , ואז התוצאה הממוצעת של ניסוי שנעשה עבור המצב שלנו תהיה:

$$1. \langle M \rangle = \sum_{i,j=1}^n c_i \cdot c_j \cdot M_{i,j}$$

אבל מה יקרה אם נקריס את המערכת? נניח שלפני שערכנו את הניסוי המיוצג על ידי M מדדנו באיזה מצב אנחנו נמצאים. כעת, אם נחזור על הניסוי הכללי נקבל שהתוחלת שלו היא:

$$2. \langle M \rangle = \sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot M_{i,i}$$

מה יקרה אם נשזור את החלקיק אל חלקיק אחר כמו שעשינו בפרדוקס קודם? פונקציית הגל הכללית של שני החלקיקים תהיה:

$$\varphi_{tot} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot e_i \times e_i =$$

$$c_1 \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} + c_2 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} + \dots$$

$$+ c_n \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$$

כאשר הווקטורים בצד שמאל מייצגים את החלקיק הראשון, ואלו שבצד ימין מייצגים את החלקיק השני.

התוחלת של הניסוי, אם כן, תהיה:

$$3. \langle M \rangle = \sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot M_{i,i}$$

לא יודעים בהסתברות מסוימת שהחלקיק נמצא באחד משני מצבים, כלומר גם המידע הנוגע לשאלה "האם פונקציית הגל קרסה?" הוא מידע שמיש, ולא רק "איך היא קרסה?"

אז מה אם כמו בפרדוקס EPR ניקח זוג שזור של חלקיקים שאחד מהם באנדרומדה והשני בכדור הארץ, אבל הפעם ניקח הרבה זוגות כאלו, ואז נניח שברגע מסוים האיש באנדרומדה מודד את החלקיקים ובכך מקריס אותם (או שלא), כעת האיש בכדור הארץ יערוך עימם את ניסוי שני הסדקים ויראה אם הוא מקבל התפלגות של שזירה או לא, וכך הוא יוכל לדעת אם החלקיקים קרסו, או שלא, ובכך להעביר מידע שימושי מהר ממהירות האור!

פרדוקס זה הטריד אותי מאוד, ולכן החלטתי לנסות לחשב אותו, וכאשר עשיתי זאת הגעתי למסקנה אדירה לגבי האופן שבו צריך לתאר את מכניקת הקוונטים (מסקנה שלצערי יו אוורט הסיק קצת לפניי ב-1957). אבל כדי להבין אותה אנחנו צריכים שוב להכנס קצת למתמטיקה.

קריסה מול מטריצת צפיפות

נביט שוב בניסוי הקודם, רק שהפעם את החלקיק שנשאיר בכדור הארץ נכנה חלקיק B, ואת החלקיק שאנחנו לוקחים למדוד באנדרומדה נכנה חלקיק A, ובמקום להניח שיש לכל אחד מהם שני מצבים אורתונרמאליים (כלומר מאונכים, ובעלי אורך 1) אפשריים, נניח שיש להם n מצבים אפשריים.

כעת, נניח שאנחנו מתחילים עם מצב כללי של החלקיק הראשון, ואז כמו במקרה הקודם ניתן לייצג אותו כווקטור, אבל הפעם עם n רכיבים שונים:

$$\varphi_A = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix}$$

באופן זהה לנוסחה 2, הלים!

ומכיוון שמדובר במצב כללי ובניסוי כללי, אנו רואים שבאופן כללי שזירה למצבים אורתונורמאליים מתנהגת בדיוק כמו קריסה.

אבל כאשר חושבים על זה לעומק מבינים שהתוצאה הזאת לא מקרית, ואין סיבה להלם. אם חלקיקים שזורים לא היו מתנהגים כמו חלקיקים שקורסים, היינו מקבלים בדיוק את הפרדוקס שעליו דיברנו קודם. זאת כיוון שכאמור, שום דבר, כולל מידע, לא יכול

לנוע מהר יותר ממהירות האור. כלומר אם שזירה לא הייתה נראת בממוצע כמו שקריסה נראת בממוצע, היינו מקבלים מידע שמיש שנע יותר מהר ממהירות האור.

אבל העובדה שיש לנו שני אפקטים שונים, שמתמטית נראים זהים לגמרי - קריסה ושזירה, נראית קצת מנוונת ומוזרה. אז מה אם במקום להגיד שיש לנו גם קריסה וגם שזירה שנראות זהות, נגיד שקריסה היא בסך הכול אפקט מקומי אפקטיבי של שזירה?

כלומר, אם ניקח מערכת קוונטית ונחשוף אותה לאינטראקציה עם מערכת גדולה (כמו היקום), המערכת הקוונטית שלנו תתחיל להישזר עם חלקיקים מהמערכת הגדולה. החוק השני של התרמודינמיקה אומר שהטבע נהיה פחות ופחות מסודר עם הזמן, ואחת התוצאות של אפקט זה היא שבמערכות גדולות, כאשר חלקיקים נשזרים זה עם זה יש להם נטייה לעולם לא להיות במצב של "אנטי-שזירה", אלא רק להמשיך ולהישזר חזק יותר. כלומר, המצבים שאליהם המערכת הקוונטית שלנו שזורה במערכת הגדולה ייעשו יותר ויותר מאונכים זה לזה (וכאן יש הוכחה ברורה מדוע מורכב לכתוב בפורמט כל כך מצומצם. נאמר רק שמדובר באותם נימוקים לכך שהאנטרופיה הולכת לאינסוף במערכת של מכניקה סטטיסטית רגילה, רק שהפעם מסתכלים על אנטרופיית שזירה, כמו אנטרופיית וון ניומן, במקום על אנטרופיה רגילה. לחלופין, מי שמכיר את הרעיון של מכפלה פנימית יכול לחשוב על כך שבכל פעם שחלקיק נוסף נשזר למערכת, המכפלה הפנימית של

מה שהיה שזור עד עכשיו תוכפל במכפלה הפנימית של החלקיק החדש). מכיוון שהמערכת הגדולה מלאת חלקיקים ומאוד מבולגנת, אי אפשר לערוך עליה ניסויים ולבדוק לאיזה מצב היא קשורה, ולכן מה שנשאר לנו זה לערוך ניסויים על המערכת הקוונטית שלנו. אבל מכיוון שהמצבים של המערכת הקוונטית שזורים למצבים שנראים כמעט מאונכים לגמרי, היא תתנהג כמעט כמו בקריסה, עד כדי כך שלא יהיה אפשר להבדיל בין האפקטים.

המשמעות של פירוש העולמות המרובים

הוא בסך הכול שאין כזה דבר קריסה! אין תוספת מוזרה של מבנה אלגברי משונה, אין מכניקה מורכבת חדשה. להיפך, אנחנו רק נפטרים ממה שהיה לא טבעי שהיה קודם ואומרים שהוא תופעה אפקטיבית שנובעת מתרמודינמיקה וממשוואת שרדינגר, בלי שום תוספת חיצונית!

אך נדמה שהתיאור הזה לא עולה בקנה אחד עם העובדה שאנו עדים לאקראיות שאנחנו כן מודדים בטבע, בתופעה שכונתה עד כה "קריסה". ההסבר לכך הוא שגם המוח שלנו מיוצג על ידי מצב קוונטי, שגם כן נשזר למצבים קוונטיים רחוקים. בכל "קריסה" התודעה שלנו מתפצלת לחלקים נפרדים שלא יכולים להרגיש זה את זה כי הם שזורים למצבים קוונטיים שונים. כלומר, כל חלק מהתודעה שלנו שלא מודע לחלקים האחרים מרגיש שיש אקראיות, אבל התודעה בכללותה תופסת את היקום כדטרמיניסטי, וכך גם כל הטבע דטרמיניסטי!

היקומים לא מתפצלים בגלל שבן אדם קיבל החלטה כלשהי (כפי שאוהבים להציג זאת בספרי מדע פופולרי), אלא כי פונקציית הגל נשזרה למצבים שמאוד קרובים להיות מאונכים זה לזה.

נקודה זו של התפצלות התודעה מטרידה אנשים רבים, ביניהם פיזיקאים ופילוסופים. הרי איך יכול להיות שהתודעה שלי התפצלה אם אני מרגיש את עצמי בזמן מסוים? הסבר אפשרי אחד הוא שהתודעה לא באמת התפצלה, אלא היא הייתה מלכתחילה נפרדת בין החלקים השונים של פונקציית

פיזיקלי מספיק גדול כך שהוא ללא ספק מקרוסקופי, ונשחזר איתו את ניסויי שני הסדקים, רק שבמקום להשתמש בחלקיק מיקרוסקופי, נשתמש באותו אובייקט מקרוסקופי. אם פרשנות קופנהגן נכונה, האובייקט המקרוסקופי יגרום לקריסה גלובלית של פונקציית הגל, ולכן הוא ייצור התפלגות המתאימה לקריסה. אבל אם פירוש העולמות המרובים נכון, הקריסה הייתה רק אפקט מקומי אפקטיבי. לכן, אם פירוש העולמות המרובים נכון ונצליח לבדוד מספיק את המערכת כך שהאובייקט יהיה נפרד לגמרי מהלוח ומכל הפרעה חיצונית, נוכל לשחזר את ההתפלגות של סופרפוזיציה עם אותו אובייקט מקרוסקופי, ובכך ממש להוכיח שפירוש העולמות המרובים לא רק חזק יותר מבחינה פילוסופית מפרשנות קופנהגן, אלא נותן תוצאות אחרות (וכך גם לסתור חלק מהפרשנויות האחרות לקוונטים שלא הזכרנו במאמר זה). במילים אחרות, עם יכולת מדידה מספיק טובה, פירוש העולמות המרובים הוא לא רק פרשנות אחרת לאותן התוצאות של פרשנות קופנהגן, אלא גם חוזה תחזיות שונות.

הסיבה שניסויי כזה לא נעשה היא שככל שאנו מנסים לשחזר את ניסויי שני הסדקים עם אובייקט גדול יותר, קשה הרבה יותר לבדוד את המערכת מהשפעות חיצוניות, והמערכת צריכה להיות הרבה יותר גדולה ומדויקת. אבל תיאורטית, אם פירוש העולמות המרובים נכון, ציביליזציה מתקדמת יותר תוכל לשחזר את ניסויי שני הסדקים על גרגרי חול, ברוזים, ואפילו בני אדם. למעשה, מדענים כבר הצליחו לשחזר את ניסויי שני הסדקים עם מולקולה המורכבת מ-810 אטומים (ומי אמר שזה לא מקרוסקופי? גם כך הגבול בין מה שנחשב למקרוסקופי ובין מה שלא הוא שרירותי למדי).

אורי שם-אור, בוגר אוניברסיטת תל-אביב
מסלול פיזיקה, במהלך התואר השני שלו
בפיזיקה.

הגל, אבל לפני השזירה החלקים השונים לא היו יכולים להבדיל בין אחד לשני, ואז אחרי השזירה הם נפרדו. כלומר אין אקראיות בהתנהגות של היקום. האקראיות לכאורה נובעת מהזהות שיוצרת התודעה שלנו בין החלקים השונים של פונקציית הגל. הסבר קלאסי יותר הוא שהתודעה שלנו פשוט לא מודעת לחלקים השונים שלה, והסיבה שהרעיון של תודעה שמתפצלת לכמה חלקים כל כך מטריד בני אדם, היא שהם רגילים מדי לחשוב על עצמם בצורה אינדיבידואלית.

כך או כך, פירוש זה פותר לנו עניין נוסף: מידע לא עובר מהר יותר ממהירות האור, כי קריסה היא אפקט מקומי שמתרחש ברגע שנעשית השזירה, והשזירה זורמת על פני היקום במהירות האור, ולא מתרחשת בדיעבד מהר יותר ממנה. כלומר גם אם אין לתיאוריה יתרון ניסויי על פרשנות קופנהגן, היא מסבירה את אותן תוצאות בצורה הרבה יותר אלגנטית גם מבחינה מתמטית וגם מבחינה פיזיקלית. היא מגדירה בדיוק מה המשמעות של קריסה, בניגוד לפרשנות קופנהגן שמשאירה את הדבר מעורפל; היא דורשת פחות הנחות מתמטיות בסיסיות מאשר כל ניסוח אחר; והיא פותרת לנו את הבעיות הפילוסופיות של אקראיות ומידע שנע מהר יותר ממהירות האור. פירוש העולמות המרובים, אם כן, מסביר בצורה פשוטה יותר ועם פחות בעיות פילוסופיות את מכניקת הקוונטים מאשר פרשנות קופנהגן, ולכן אני חושב שהיא עדיפה.

ישנה נקודה אחרונה שאני רוצה לדון בה, והיא המשמעויות הניסיוניות של פירוש העולמות המרובים. נזכיר שלפי פרשנות קופנהגן קריסה מתרחשת רק במקרה של אינטראקציה עם מערכת מקרוסקופית,

בניגוד לפירוש העולמות המרובים, שלפי קריסה היא אפקט מקומי שמתרחש אפקטיבית עם מערכת מקרוסקופית, והבדל זה מאפשר לנו לבנות ניסוי תיאורטי שיוכל להבחין בין פירוש העולמות המרובים לבין פרשנות קופנהגן; ניקח אובייקט

מנגד

רחל

קְשׁוּב הַלֵּב. הַאֵזוֹן קִשְׁבָּת:
הַבָּא? הַיְבוּא?
בְּכָל צַפְיָה
יֵשׁ עֶצֶב נְבוֹ.

זֶה מוֹל זֶה - הַחֹפִים הַשְּׁנִים
שֶׁל נַחַל אֶחָד.
צוּר הַגְּזֵרָה:
רְחוּקִים לְעַד.

פָּרֵשׁ כְּפִים. רְאֵה מְנַגֵּד
שְׁמָה - אֵין בָּא,
אִישׁ וְנְבוֹ לוֹ
עַל אֶרֶץ רְבָה.

השיר 'מנגד' של רחל עוסק באהבה נכזבת בפרט, ובאכזבה בכלל.
רחל שואבת את ההשראה לתיאור האכזבה מתחושת ההחמצה העוצמתית המתוארת בתנ"ך, כשמשה לא
זוכה להיכנס לארץ המובטחת, אליה הוא הוביל את עם ישראל 40 שנה במדבר - "כִּי מִנְּגַד תִּנְאָה אֶת הָאָרֶץ
וְשָׁמָּה לֹא תָבוֹא אֶל הָאָרֶץ אֲשֶׁר אָנִי נֹתֵן לְבְנֵי יִשְׂרָאֵל" (דברים ל"ב, כ"ב).

השימוש שרחל עושה בתיאור שהסיפור מאחוריו וגודל הציפיה הבלתי ממומשת שבו מוכרים וידועים על מנת
להמחיש געגוע, מעלה נקודות למחשבה, בין היתר על חווית רגשות קולקטיבית ועל דמיון תיאורי התנ"ך
לחיינו.

רחל בלובשטיין, מנגד. תל-אביב: דביר, תר"ץ: עמ' 40.

Fountain

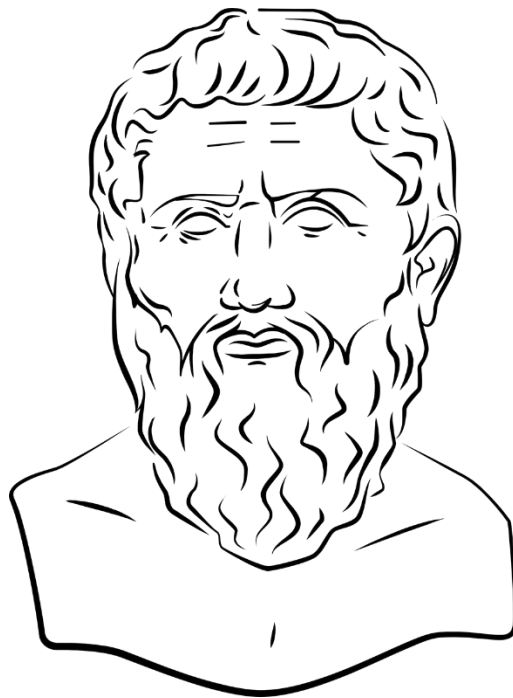
Marcel Duchamp



"מזרקה" היא ככל הנראה אחת היצירות החשובות והידועות ביותר במאה ה-20. ייתכן אפילו שבחרנו ביצירה ידועה מדי. השיח האומנותי המוכר לנו היום לא היה כפי שהוא ללא הרעיון והמעשה ההיסטוריים בדמות הצבתה של המשתנה הזו על הכן, שקראה תיגר על מרבית הקונספציות המקובלות.

אבן פינה לפילוסופיה מוסרית חדשה-ישנה

מאת איתמר דריימן



יחד, נצא למסע בעקבות כמה מן השאלות הגדולות ביותר בפילוסופיה, ואולי בחיים בכלל. נעשה זאת תוך הישענות רבה (אך ביקורתית ויצירתית) על כמה מן הרעיונות המשפיעים ביותר בתחום. בין ההוגים שיוזכרו יהיו אפלטון, ליוטאר ומיל. נתקדם עקב בצד אגודל, כאשר אני משתדל להציג נאמנה בכל פעם רעיון קנוני אחד ולאחר מכן לרתום אותו לטובת המהלך העצמאי הכולל. המאמר שלפניכם יציע בחינה מחדש של מקורן וטיבן של התפיסות המוסריות השכיחות כיום, ושל השפעתן על היחיד והחברה. חציה השני של התיאוריה שלי, שמציע פרדיגמה מוסרית אלטרנטיבית לחיי היחיד והחברה, ייאלץ לחכות להזדמנות אחרת.

מהלך המאמר בקצרה

נפתח בקריאה משותפת בקטע מכתבי אפלטון, שעבורי הפך עולמות בשעתו. הקטע יציג היפותזה על אודות מקורו, טיבו וכדאיותו של המוסר. מיד לאחר מכן אמנה את הקשיים הפילוסופיים והמדעיים של ההיפותזה הקנונית הזו. לעומתם, אציג את ההיפותזה שלי בנושא, שמספקת פתרונות לקשיים הללו ומיישבת כמה מן הקונפליקטים המוסרתיים בפילוסופיה של המוסר. אחר כך אשתמש בהיפותזה החדשה שלי בדבר מקורו וטיבו של המוסר על מנת לבחון באור חדש את תהליכי השיפוט וקבלת החלטות של כולנו. אוסיף ואדגים את מסקנותיי באשר לתהליכים הללו באמצעות מקרה בוחן אקטואלי, ואסיים בקריאה לפעולה וטעימה מחציה השני של התיאוריה, ששואף להוביל לחברה נבונה, יעילה, בטוחה ומאושרת יותר. בד בבד, אתן גם מענה לקושייה החשובה בדבר עצם המוסריות של המאמר שלפניכם. אני מקווה שעד לסימו תשתכנעו שהוא מוסרי בהרבה מן התפיסות שנהוג לכנות בחיי היומיום "מוסר".

המאמר

בטקסט שהוא אחד המועמדים המובילים לתואר "הטקסט החשוב ביותר בתולדות האנושות": פוליטיאה (המדינה), פורס אפלטון את כלל משנתו הפילוסופית דרך דבריה של הדמות הראשית - סוקרטס. משנה זו, בניגוד למשתמע מכותרתו של הדיאלוג, עוסקת לא רק בשאלות מדיניות, אלא גם בשאלות הנוגעות לנפש האדם, להבחנה בין טוב ורע, לטיבה של האומנות ולמציאותם של הרעיונות. למעשה, לגבי כמעט כל נושא פילוסופי שנבחר, נגלה שאפלטון אמר משהו, כנראה גם בפוליטיאה.

התיאוריה המפותחת והמפותלת שאפלטון פורס בפנינו על פני 420 עמודי הדיאלוג היא למעשה כל כולה ניסיונו של סוקרטס לפתור את הקושייה המוסרית שמביא לפתחו גלאוקון. אם כן, מה היה כל כך קשה לפתרון עד שאילץ את אפלטון לעשות כְּאֵלֶּה שמיניות באוויר כדי לנסות להתמודד איתו?

הבה נקרא יחדיו ונגלה:

{Those who dont master Hebrew are invited to use support from "The Republic" (Politeia) in their native language - universal page numbers will be marked this way: [1]}

[357-358]

גלאוקון: [...] ואוקר קודם כל, מהי הצדקה¹ לדעת הבריות ומה מוצאה.

ושנית: אטען שכל העוסקים בה עושים זאת שלא מרצונם, כבדבר הכפוי עליהם ולא כעוסקים במה שהוא טוב.²

ושלישית: שהתנהגותם זו - מובנת מאליה; שהרי חיי הרֶשָׁע³ עולים לדבריהם, הרבה על חיי הצדיק.

אומנם ההקדמה של גלאוקון לטיעוניו ברורה מאוד, אך חשוב לחדד דבר מה: גלאוקון איננו מנסה לקרוא לאנרכיה. הוא מציע הסתכלות פרגמטית על החיים החברתיים, בניגוד להסתכלות הנאיבית שהוא מייחס לסוקרטס. גם גלאוקון וגם סוקרטס מסכימים שניתן לחלק את הדברים הרצויים בחיים לשלוש קטגוריות: (1) דברים הרצויים בזכות עצמם - הנאות; (2) דברים הרצויים בזכות תוצאתם - פעולות הכרוכות בסבל או במאמץ אך הן משתלמות (לדוגמה, התעמלות גופנית והימנעות מעישון); (3) דברים הרצויים הן בזכות תוצאתם והן בזכות עצמם (לדוגמה, בריאות וְתְבֻנָה⁴). סלע המחלוקת, אם כן, הוא בשאלה: לאיזו קבוצה שייכת הצדקה? גלאוקון הפרגמטי סבור שהצדקה אינה משתלמת ליחיד בטווח הקרוב, אך היא אמצעי הכרחי בטווח הרחוק, הן עבור היחיד והן עבור הקבוצה, ולכן היא שייכת לקבוצה השנייה. סוקרטס, המייצג את הדעה הרווחת גם ב-2020, סבור שלצדקה יש ערך גם בפני עצמה⁵, ולכן הוא משייך אותה לקבוצה השלישית.

⁵ שכן גם ב-2020, להיות "אדם טוב" על פי התפיסה החילונית השלטת, או "צדיק" על פי התפיסה הדתית, הוא דבר ראוי בפני עצמו - מטרה שאיננה אמצעי להשגת מטרה אחרת. הרי אם יתגלה כי אדם עשה מעשה שלא בשם "הטוב" ו"הצודק" אלא בניסיון לשפר את תדמיתו או להשיג תועלת אגואיסטית אחרת, אזי ייאמר עליו שהוא איננו "אדם טוב" או "צדיק".

¹ הצדקה - הצדק או המוסר.
² גם אנשים הנחשבים לצדיקים מאולצים להיות כאלה, ולא פועלים כך משום שלדידם הצדק רצוי בזכות עצמו.
³ שימו לב שבניגוד לאינטואיציה, לכל אורך הדיאלוג המונח "רשע" לא ישמש במשמעות של מעין סדיסט, אלא במשמעות של "נוכל": אדם אגואיסט אשר איש לנזק שהוא מסב לזולת.
⁴ למעט העישון, אלו כולן דוגמאות שלהם ששניהם מסכימים עליהן. לעניות דעתי הקבוצה השלישית יכולה לכלול רק הנאות שמולידות דברים רצויים.

שעד אליו היינו פְּרָאִיִּים. הפילוסוף תומאס הובס מכנה זאת בכתביו "המצב הטבעי"; מצב שבו כל אחד היה לעצמו. האמנה החברתית נכרתה כאמור מטעמי נוחות בלבד - מדובר במעין "הסכם שלום אישי"; הסכם שאומנם מגביל את שבהישג ידך, אבל שומר עליך מפני אחרים; הסכם שהתוקף שלו הוא סובייקטיבי בלבד ואיננו מבוסס על איזושהי סמכות אובייקטיבית.

לכאורה, הטיעון יכול היה לבוא אל סיומו. אלא שגלאוקון יודע שמדובר בקונספציה אנושית בסיסית מאוד שלא ניתן לשנותה בנקל. הוא מעוניין להרחיק לכת אף יותר בנימוקיו. כפי שנראה בקרוב, הוא בוחר להעמיק את הזווית האישית באמצעות ניסוי מחשבתי. כך יינתן המענה ל: (1) שאלת מקומו של המוסר בהלך המחשבה של אנשים כמונו שלכאורה כבר "מתורבתים" ו"מחונכים" (לעומת אנשים שהכירו וחוו את "המצב הטבעי") ול: (2) השאלה: אם זו אכן ההשקפה הנכונה על אודות טיבו של המוסר, כיצד ייתכן שהיא נדחקה בצורה כה גורפת מהמחשבה הציבורית?

הניסוי המחשבתי: גלאוקון מעוניין להראות שכולנו מקיימים את הצדק בעל כורחנו ובניגוד לטבענו האמיתי, ולא מפני שכל אחד מאיתנו בוחר בצדק או אוהב אותו. לשם כך הוא מציע שנדמיינ את טבעת הקסמים שעל-פי האגדה היוונית (שנדלג עליה) הייתה שייכת לגיגס, מלך לידיה; טבעת שהעונד אותה הופך לבלתי נראה ומסוגל לעשות ככל העולה על רוחו מבלי לתת על כך את הדין. נִתְּנָנו את הטבעת לאדם טוב ונורמטיבי ורצנו להסתתר:

כעת נקרא את תשובותיו של גלאוקון לשלוש השאלות שהוא עצמו מנה, ובאמצעותן, גם השייך של הצדקה לקבוצה השנייה יובהר:

[358-359]

גלאוקון: ובכן, שמע-נא את הדבר שאמרתי לדבר עליו תחילה: מהי הצדקה ומה מוצאה.

שכן נשמעת הטענה כי מטבעו של הדבר טוב לעשות עוול, ורע - לסבול עוול⁶; ואילו הרע שבסבילת העוול עולה בשיעורו על הטוב שבעשיית העוול, ולכן, שעה שבני אדם עושים עוול זה לזה וסובלים עוול זה מיד זה וטועמים גם מזה וגם מזה, הרי אלה שאין בכוחם להמנע מזה ולאחוז בזה⁷, להם יראה שכדאי להתנות ביניהם⁸ לבלתי עשות ולבלתי סבול עוול. והנה מטעם זה החלו שמים לעצמם חוקים וחוזים, וקראו למצוות החוק "חוקי" ו"צודק"⁹.

וזהו, אפוא, לפי הטענה הרווחת, מוצא הצדקה והווייתה: שרויה היא באמצע בין מה שטוב ביותר, דהיינו - שיעשה אדם עוול בלא שיתן את הדין, ובין מה שרע ביותר, דהיינו - שייסבול אדם עוול, בלא שיהא בידו לנקום נקמתו. והצדק, שהוא באמצע בין שניים אלו, אין מחבבים אותו בחינת מה שהוא טוב, אלא בחינת דבר שיש לנהוג בו כבוד מחמת חוסר-אונים לעשות עוול. שהנה מי שכוחו עמו לעשות עוול, והוא גבר אמיתי, ודאי לא יתנה לעולם עם שום אדם: לבלתי עשות ולבלתי סבול עוול; שאם כן, הרי משוגע יהא.

הבה ניקח הפסקה לרגע. מה היה לנו כאן? גלאוקון מציג בפנינו תיאוריה מסוג שמכונה בעגה המקצועית "תיאוריית אמנה חברתית". "האמנה החברתית" על-פי גלאוקון, נוצרה בשלב מסוים בהיסטוריה האנושית

⁷ הרי אלה שאין בכוחם להימנע מלסבול עוול בשעה שהם ממשיכים לעשות עוול.
⁸ מלשון תנאי - כלומר "להסכים ביניהם".
⁹ ו"מוסרי".

⁶ חשוב להבין את הטרמינולוגיה: המילים "טוב" ו"רע" משמשות במובן של "מועיל" ו"מהנה" למול "מזיק" ו"מסב סבל".

[360-361]

גלאוקון: והנה, אילו באו לעולם שתי טבעות כאלה, ואחת - שם אותה הצדיק על אצבעו, ואת השנייה - הרשע, הרי יש לשער ששום אדם לא יהיה עשוי פלדה עד כדי כך, שיעמוד בצדקתו ויבליג על נפשו להינזר מרכוש לא לו ולבלי געת בו, הגם שהרשות בידו לקחת בלי חשש אף מכיכר השוק ככל אשר ירצה, ולהיכנס לבתים ולשכב עם מי שירצה, ולהרוג ולהוציא מבית הסוהר את כל אשר ירצה, ולעשות כל שאר דברים כאלוהים בבני האדם. ובמעשים אלה לא יהיה הצדיק נבדל במאומה מהרשע, אלא שניהם ישאפו לאותה המטרה עצמה. והלא ראיה חותכת היא בפי הטוען,¹⁰ ששום אדם איננו צדיק מרצונו, אלא מתוך כפייה, ולא הצדק הוא טובתו של האדם; שהרי כל אחד עושה עוול, מקום שהוא סבור כי הדבר בידו.

[...] שאילו השיג אדם רשות מעין זו, ולא יהא נכון לעשות שום עוול, ולא יגע ברכוש לא לו, הרי שהמרגישים בכך יחשבוהו לאומלל וסכל מאין כמותו,¹¹ אלא שישבחוהו איש באזני רעהו, ברמותם זה את זה מתוך אותו פחד שמא עוול ייעשה להם.¹²

החלק הראשון אינו דורש יותר מדי הסברים. אתייחס כעת לחלק השני שקראנו - שהוא חלק מרכזי בתיאוריה. הוא חשוב מפני שבו נמצאת ההתייחסות היחידה של גלאוקון להשתרשות התפיסה של המוסר כדבר אבסולוטי. ייתכן שגלאוקון אינו מכביר במילים לפתרון השאלה מפני שהיא כבר נדונה בהרחבה בידי תראסימכוס - משתתף נוסף בדיאלוג, שגלאוקון תופס את מקומו. טענתו המרכזית של תראסימכוס הייתה כי

הצדק הוא תועלתו של השליט (הצדק מוכתב על ידי החוקים והמדיניות, ואלה מוכתבים על ידי השליט). בעניין זה התיאוריות של שניהם חופפות: שניהם טוענים כי לא רק הכללים המוסריים השולטים,¹³ אלא גם הנרטיב המוסרי השולט,¹⁴ מוטים במקרה הטוב, ונכפים על החברה בידי בעלי העניין והכוח במקרה הרע.

שוב נראה אפוא שהטיעון הגיע לסימו, אלא שנשאר עוד חלק אחד אחרון: בחלק הבא גלאוקון נהנה לכאורה לסובב את הסכין, אך יש לו היבט חשוב: ככל היוונים, סוקרטס מאמין שדרך החיים הנכונה היא זו שמובילה לאושר (אם כי ביוונית המונח הרלוונטי יתורגם נכון יותר להצלחה, רווחה או נחת). בקטע הבא והאחרון גלאוקון יבקש להראות כיצד ההתנהגות המוסרית אינה מגיעה אפילו למחצית הדרך אל מיצוי מלא של החיים - היא מזיקה לנאמנים לה ומהווה היפוך להתנהגותו של הרשע אשר תוביל אותו לאושר מושלם. הדבר יספק גם את התשובה המוחצת למחלוקת בשאלה אם הצדק טוב גם כשלעצמו או רק כאמצעי. נקרא את הדברים ואחר כך נחשוב מה מתוך התיאוריה הזאת יש לקחת איתנו לחיים ב-2020.

[360-361]

גלאוקון: ואילו לעצם ההכרעה על אורח חייהם של הללו שאנו דנים בהם: אם נקביל זה לעומת זה את האיש הצדיק ביותר ואת הרשע ביותר, כי אז נוכל להכריע לגבי אורח חייהם הכרעה נכונה, ואם לאו - לא נוכל.¹⁵ ומהי, אפוא, אותה הקבלה? הרי זאת: לא נגרע כלום, לא לרשע מרשעותו ולא לצדיק

13 לדוגמה, "לא תגנוב".

14 לדוגמה, "אלוהים מסר לנו את עשרת הדיברות".

15 גלאוקון שלנו הוא מדען רציני, הוא מבקש לעשות הפרדת משתנים.

10 והנה בכך הוכח.

11 ואם באורח פלא אדם שיזכה בטבעת יחליט שלא לנצל את כוחותיה, כל מי שישמע על כך יחשוב אותו ל"פראיר".

12 אולם למרות שהם חושבים בליבם שהוא "פראיר", הם יהללו אותו בציבור על מנת להשריש את אשליית הצדק, בתקווה שהיא תחזיק מעמד ותניא אותו מלפגוע בהם.

למען המתנות הריהו כמות שהוא.²¹ יש לערטלו, אפוא, מכל, חוץ מהצדקה, ולתתו במצב הפוך משל קודמו. בלא שיעשה עוול כל שהוא, יצא לו שם של רשע אשר אין למעלה ממנו, וצדקתו תיבחן בכך, שלא יתרכך בשל שמו הרע ותוצאותיו, ובלי שום סטייה ילך לו בדרכו עד יום מותו, כשכל ימיו יראוהו הבריות רשע, ואילו הוא - צדיק. כך ילכו-נא שניהם עד קצה הגבול, זה - של הצדקה, וזה - של הרשעות, ואזי תפול ההכרעה, מי מהשניים מאושר יותר.

וואו. איזה סיום. כעת עולה השאלה כיצד לגשת לעניין. על מנת לשאוב מן הטקסט את העיקר ואת החלקים שמשרתים את התזה שלי, אין מנוס מלהתייחס קודם כל לביקורת שראוי להשמיע כלפי "האמנה החברתית על-פי גלאוקון", ולהציג את המענה האישי שלי לביקורת הזו. במובן מסוים, מה שאני הולך לעשות הוא לא לבנות תיאוריה חדשה, אלא להכניס סדר בתיאוריות הקיימות ולסתום בהן כמה חורים.

את הביקורות על התיאוריה של גלאוקון ניתן לחלק לשני סוגים: ביקורות הנוגעות לחלק הדסקריפטיבי, היינו החלק שמנסה לתאר ולהסביר את המצוי (החלק הדסקריפטיבי חשוף במידה רבה גם לביקורת מצד דיסיפלינות מדעיות, לפחות לדעת חלק מהאסכולות), וביקורות הנוגעות לחלק הנורמטיבי, היינו החלק שמנסה להסיק ולפתח את הראוי (או את

מצדקתו, אלא נתאר לנו גם את זה וגם את זה כמושלם בהליכותיו שלו.¹⁶

וקודם כל ינהג-נא הרשע כמנהג האומנים המובהקים: הרי קברניט או רופא שהגיע לשיא המומחיות מבחין בין הבלתי אפשרי במקצועו, לבין האפשרי, ובה - ישלח ידו, וימְשֶׁכָּה מן ההוא; ואם אמנם ינחל כשלון, יהא בו כדי לתקנו;¹⁷ כך גם אותו רשע - כדי שיהיה רשע של ממש - יגש-נא אל מעשי העוול בדרך נכונה, ובל יוודע; שהנתפס - יש לראות בו רשע של מה בכך, שהרי שיא הרשעות הוא: להיראות כצדיק, בלא להיות צדיק. יש, אפוא, לייחס לרשע המושלם את הרשעות שבתכלית השלימות, ולא לשלול ממנו מאומה, אלא להניח, שבמעשי עוול גדולים ביותר יקנה לו שם טוב ביותר בחינת צדיק, ואם אמנם ינחל כשלון, יוכל לתקנו, ויהא בו כדי לשדל את שומעיו בכוח דיבורו, אם יוודע דבר ממעשי העוול שעשה; וכשלון הטעון כוח הזרוע, יהא בו כדי לתקנו בכוח, כשהוא נזקק לאומץ-רוחו וחוזק גופו, ומסתייע בידידיו וברכושו.^{18 19}

כך נתאר לנו את האיש הזה, ושוב נעמיד על ידו בדברינו את הצדיק, איש תם וישר, אשר כדברי איסכילוס אין רצונו להיראות טוב, אלא להיות טוב. יש, אפוא, לשלול ממנו את מראית העין: שכן, אם יראה צדיק, יזכה לכיבודים ולמתנות²⁰ משום שהוא נראה כך; ולא יהיה ברור אם למען הצדק או

בזכות תחבולותיו ליתרונות על פני יריביו לתחום, ובכך יצבור הישגים, קשרים, מעמד והשפעה.

20 "כיבודים" - הכוונה לכל תועלת חברתית; "מתנות" - הכוונה לכל תועלת חומרית.

21 לכאורה ישנה כאן סתירה בין הדרישות השונות מן הצדיק: הצדיק מתחייב כאן להוכיח (לחברה?) שהוא צדיק, כאשר הוסכם שהצדיק מבקש לפעול בשם הצדק עצמו ולא למראית העין. ההסבר נעוץ בכך שבכדי להיות צדיק עליו בכל זאת להוכיח לעצמו שלא מעורבים בפעולותיו מניעים אנוכיים. זאת יעשה באמצעות הפרדה בין התועלת האישית הפוטנציאלית ובין המטרה הצודקת, לדוגמה: מתן בסתר.

16 איש אחד הוא הנוכל המושלם, איש שני הוא הצדיק המושלם.

17 גלאוקון משווה בין הנוכל המקצועי לרופא או רב-החובל המקצועיים. הוא טוען כי כמו שרופא יודע אילו הליכים רפואיים יצליחו ואילו ייכשלו, אילו בעלי סיכון סביר ואילו לא, כך גם הנוכל המקצועי יודע מתי ניתן ומתי לא ניתן לבצע את פעולותיו.

18 הטענה הקונקרטית החזקה ביותר כנגד התנהגות לא מוסרית שסוקרטס מביא (במהלך השיחה עם תראסימכוס), מייחסת לרשע חיי בדידות, אך כולנו נסכים שרבים הם הנוכלים בהיסטוריה האנושית שזכו לאהדה ולתמיכה מצד קרוביהם ואף להערצה בקרב הציבור. 19 בקטעים שעליהם ויתרתי מפאת הצורך לתמצת, גלאוקון מתאר כיצד בכל תחום מתחומי החיים יזכה הנוכל

חייה החברתיים. כך, רגשות אשמה ובושה מסייעים להפיק לקחים משגיאות, קנאות מסייעת להגן על הלהקה ועל קניינה, חיבה והומור מעודדים השתתפות חברתית מוגברת, וכבוד וגאווה מעודדים מאבק על עמדות כוח וכפייה של הכוח על פרטים אחרים. מעבר להסבר של השלב החברתי הראשון, עצם היותם של הרגשות מניעים חזקים מבוססי התנהגות חברתית פתוחה לפרשנות²³ ישרת אותנו גם בהמשך.

בשלב הבא, פיתוח של תקשורת משוכללת יותר מאפשר הרחבה של המעגל החברתי ושל שיתופי פעולה. שיתופי פעולה שכאלה - לדוגמה בין שתי להקות שמסכימות: "הצד הזה של הנהר שלנו, הצד הזה של הנהר שלכם" או "נצוד ביחד ונתחלק בשלל" - הם צורות ראשונות של הסכמים; הסכמים שהשמירה או ההפרה שלהם תלויות לחלוטין באינטרסים ובגחמות של כל אחד מהצדדים. ובכל זאת, ככל שהאוכלוסייה נעשית צפופה יותר או שהרחבת שיתוף הפעולה כוללת יתרונות רבים יותר, כך גדל האינטרס לקיים את ההסכמים. אט-אט נוצרת חברה ש: (1) שמירת ההסכמים נעשית שגרתי בה; (2) גודלה מאפשר הטלת סנקציות וחוסר פשרנות כלפי פרטים שאינם מקיימים את ההסכמים. בין הסיבות לכך ניתן למנות את כוח הרבים על היחיד, היעדר רגשות הדדיים בין כל חברי הקבוצה ונזק קטן יחסית לתפוקת הקבוצה כתוצאה מנידוי.

שני השלבים שתוארו עד כה יפים לקבוצה מוגבלת שפרטיה חיים בצמוד זה לזה. הם מתאימים בעיקר לשלב של ציידים-לקטים. אלא שהשלב השני נשמע

המתגבשת. בשל כך, הצגתה מסתמכת על האינטואיציה של הקורא, בתקווה שיזהה את האמת המדעית ואת האמת היומיומית הידועות לו בטענות הכלליות שיוצגו. 23 רגשות הכבוד והגאווה נחווים כאשר פרט מפרש את מצבו כחיובי במיוחד ובהשוואה לפרטים אחרים. אשמה מבוססת על פרשנות של מעשינו כטעות. בושה מבוססת הן על אימוץ של תפיסות בדבר המקובל והלא מקובל בחברה והן על הפרשנות שלנו למחשבות הסובבים אותנו, וכן הלאה.

הרצוי. זה נושא לדיון בפני עצמו. אני למעשה מצדד באסכולת הרצוי). ראשית אתיחס לחלק הדסקרפטיבי, שכן החלק הנורמטיבי נסמך עליו.

הביקורות הדסקרפטיביות המרכזיות לטעמי הן אלו: (1) התיאוריה אינה עולה בקנה אחד עם קיומן של התנהגויות חברתיות בקרב יונקים אחרים; (2) התיאוריה מתקשה במידת מה להסביר את העומק הנפשי, בעיקר הרגשי, שהמוסר קשור בו (את הביקורת הזאת ניתן גם לייחס לאסכולה בתחום הפילוסופיה של המוסר אשר מכונה: "Emotivism" - שם המושג על הלחם של המילים **emotion** ו- **motive**); (3) התיאוריה מציגה את המעבר מן המצב הטבעי למצב המדיני כחד או כחד יחסית ומשקפת תהליכיות נמוכה; (4) ההתייחסות לנרטיב המוסרי אומנם משתמעת, אך אינה חד משמעית אלא פתוחה לפרשנות ואיננה ממצה. התיאוריה המוסרית שאני מציע מתמודדת עם ארבע נקודות הביקורת הללו באמצעות הצגת תהליך מורכב וממושך יותר הכולל בתוכו כמה שלבים.²²

ראשית, בצוותא עם יונקים רבים נוספים, במהלך שנים רבות של אבולוציה סיגלנו לנו מערכת רגשית שהבטיחה לכידות ושיתוף פעולה בקרב קבוצות קטנות, שכשמדובר בחיות אנו מכנים אותן "להקות". אולם חשוב להבין שלא מדובר כאן במערכת פשוטה וחד-ממדית של אהבה לקרובים ושנאה לזרים, אלא במערכת מורכבת שמסוגלת לייצר השפעה המותאמת למצבים השונים שבהם החיה צפויה להתקל במהלך

22 אני מוצא לנכון להבהיר כי דבריי מעתה והלאה אינם אפילו בגדר תיאוריה פילוסופית מלאה, אלא רק אבן פינה לתיאוריה כזו. לכן, למרות שהתיאוריה שואפת לעלות בקנה אחד עם האמת המדעית ואף להיות בת-תרגום לתיאוריה מדעית, התיאוריה שלפניכם אינה כזו. היא מתייחסת, מבלי לציין ולהפנות, לממצאים אמפיריים מסוימים ומניחה ממצאים אמפיריים אחרים. אופן הצגת התיאוריה נועד לייצר פרספקטיבה חדשה ולהעלות חשד סביר. זאת במטרה לסלול את הדרך להעמקה ולאישוש של התיאוריה

החברתיים שלנו: הנרטיב המוסרי, או במקור, הנרטיב הדתי-מוסרי, הוא יותר מאשר סתם נרטיב, הוא "מטא-נרטיב"²⁴ וככזה הוא מכתוב את הפרשנות שלנו לכל התרחשות בחיינו. משהוכתבה הפרשנות, מוכתבת ההפעלה של הרגש החברתי התואם, והוא בתורו, באמצעות העוצמה והאותנטיות שלו, שומר עלינו בתלם. יש לשער אפוא, שחברות בעלות יכולת פיזיולוגית לתפוס נרטיבים ולהישמע להם זכו ליתרון אבולוציוני על פני אחרות, וכי בדומה לתיאוריה המימטית, אף הנרטיבים עצמם היו נתונים לברירה טבעית אל מול נרטיבים מתחרים.

כעת תשמענה הביקורות הנורמטיביות. אתייחס לשתיים המרכזיות (שבמקרה או שלא במקרה תקפות גם לתיאוריה שלי). הראשונה היא כמובן: "בשביל מה אתה עושה את זה?! אם גלאוקון צודק, ועדיף להיות נזכר מאשר ישר, למה לפרסם זאת בחוצות העיר? הרי אתם מסכימים שיש צורך בסדר חברתי; אתם לא רואים שהכרה בנכונות ההיפותזה ובטלות המוסר עלולות לדרדר את החברה לאנרכיה?!" אלא שהמאמר טרם הגיע לסימומו, וכך גם המהלך הכולל. בשל קוצר היריעה, אסתפק כאן בתשובה הפשטנית: "אם ברצונך לבנות משהו חדש, אין מנוס מלהתחיל בלהרוס את הישן". כמובן שהמוסר החדש שייבנה אמור אף להגביר את היציבות החברתית.

רגע לפני שנשטח את הביקורת הנורמטיבית השנייה, אני רוצה שנבחן תוצר מעניין שנובע ממה שהשגנו עד כה. ביססנו את מקורו של המוסר כאוסף כללי שאנו מצויים עליהם מכוחו של מטא-נרטיב מסוים. כעת, אבקש להתעכב על ההשלכות של התובנה הזאת בכדי ללמוד יותר על המאפיינים היומיומיים של שיטות המוסר המקובלות שנגזרים ממנה:

כבר דומה מאוד להיפותזה של גלאוקון. בעיה נוספת בהיפותזה שלו צצה כאשר פרטים מתחילים לבוא במגע עם פרטים לא מזוהים בתדירות גבוהה. כאשר אין חשש מסנקציות חברתיות מצד עמיתך הקבועים לקבוצה, נפתח הפתח לעוולות. לכן, עם התפתחותה של הציוויליזציה כתוצאה מהמהפכה החקלאית ומההתמקצעות במלאכות שונות שהובילו להכרח במסחר וביצירת מפת קשרים חברתיים גדולה ומסופעת יותר, נדרשה שיטה חדשה להבטחת השלום שיבטיח את השגשוג. בדיוק בשלב הזה עלתה קרנם של השליטים שעליהם דיבר תראסימכוס (הצדק מוכתב על ידי החוקים והמדיניות, ואלה מוכתבים על ידי השליט). לראשונה נוצר צורך במנהיג במשרה מלאה (גם אם מארג הסיבות והתוצאות לכך מורכב יותר), והמנהיג הזה נדרש למסד את ההסכמות הכלליות הקודמות, לשכלל אותן ולשכנע את הציבור לעמוד בהן. במקום לשים את כל הביצים בסל אחד, הוא בוחר להשתמש בשני מסלולים מקבילים: חוקי הממלכה ומשפט הארץ וחוקי האלים ומשפט השמיים. כך, כל סמכות מדינית מציגה סמכות דתית תאומה. הסמכות הדתית מתגלה כשימושית במיוחד, והיא מכתובה נרטיב דתי החובק את כל תחומי החיים: היסטוריה, דרכי הטבע, מנהגים, טקסים וחגים תרבותיים, כללי עבודה, יחסים בין אדם לחברו וכמובן, לגיטימציה לשלטון.

אולם הסמכות הדתית משתמשת בחוקים שלה באופן שונה מהאופן שבו השלטון משתמש בחוקים שלו: החוקים הדתיים נאכפים בידי האלים בעולם הבא או באמצעות גורל עתידי עלום. לכן, חוקי הדת מוכרחים להיות מרתיעים במיוחד (אף יותר מחוקי המדינה). זה המקום שבו נעשה לשיטתי השימוש מחדש ברגשות

ליוטאר מזהה כמטא-נרטיבים לא רק נרטיבים דתיים ולאומיים אלא גם נרטיבים מודרניים כדוגמת הטוטליות של הליברליזם והטוטליות של תפיסות סוציאקונומיות כמו הקומוניזם והחלום האמריקאי.

24 מונח שטבע ז'אן פרנסואה ליוטאר. המונח "מטא-נרטיב" מציין תיאוריה מקיפה וראשונית שמסרבת להשאיר מרחב להידברות עם רעיונות ונרטיבים החיצוניים לה. מדובר בנרטיב מוחלט וטוטליטרי, שמכתוב למאמיניו אורח חיים מסוים שאין לסטות ממנו, לא רק בפעולה אלא גם במחשבה.

כנאורים אומנם מעוות את תפיסת המציאות, אך אין זה אומר שבמסגרת פרדיגמה רציונלית לא יכול להיות להם מקום. הפילוסוף ג'ון סטיוארט מיל, מנציגיה הבולטים של האסכולה התועלתנית,²⁶ מצדיק את השימוש בכללי אצבע מסיבות תועלתיות: החלטות רבות בחיינו צריכות להתקבל במהירות ללא אפשרות לחשב ולבחון לפרטים את שיקולי התועלת של כלל החלופות. גם בהחלטות כבדות משקל השימוש בעקרונות שכאלה - או בניסוח אחר: "הבנת הפוטנציאל של משתנים שכאלה" - כגון חירות, סובלנות, חמלה וחברות, מסוגל לסייע לנו להעריך טוב יותר את התועלת הגלומה בכל חלופה ולהמציא חלופות חדשות.

כעת, בתור דוגמה, אבקש לבחון את ההבדל בין כללי האצבע הנאורים (כלומר המערביים-ליברליים) לבין כללי האצבע התועלתיים בעזרת סוגיה אקטואלית: תקיפות מיניות של ילדים קטנים הן תופעה מזעזעת הממשיכה לפקוד את החברה גם במדינות המפותחות ביותר. המטא-נרטיב הליברלי, בהכתיבו לנו את הגדרת האדם הנאור, גם מכתוב לנו את הגדרת האדם הבזוי. בכך הוא מייצר דמוניזציה מוחלטת של כל קבוצות האוכלוסייה שזהותן מתנגשת איתו. אחת הקבוצות שעברו דמוניזציה מוחלטת היא הפדופילים.²⁷ באופן אירוני, החברה שמכפישה את ההזדהות של אדם כבעל נטייה מינית פדופילית היא אותה חברה ליברלית שמשמיצה אנשים שאינם מסכימים להכיר

כל מטא-נרטיב נדרש לספק נגישות ונהירות לקהל הרחב. אחרת, אפילו אם הקהל יאמין במטא-נרטיב, הוא לא יצליח לשפוט באמצעותו את חיי היומיום ולהחליט החלטות. לכן, שמירה על המוסר דורשת שימוש בסט מצומצם של כללים פשוטים וקלים ליישום. אך כיצד מסוגל אדם להחליט מגוון עצום של החלטות בהסתמך על מבחר מצומצם של כללים? הסוד לכך טמון באופיים של הכללים: הם מיוצגים עבורנו בתור ערכים כלליים ופשטניים בעלי משקל סגולי מיוחד או "מקודש" או "נאור" (המילה העכשווית היא "אנושי"). המטא-נרטיב יוצר מצב מעוות שבו ערכים שהם למעשה כללי אצבע רגשניים מְכַנְּים את השלב הראשוני בתהליך העיבוד האנושי של כל מצב שהם נוגעים לו, הן על ידי עיוות ההסתכלות הביקורתית והכתבת הפרשנות למצב, והן על ידי עיוות קבלת החלטות עצמה. יחידות מוסריות מוחלטות כאלו (ערכים), למן הרגע שהונחו על הכף, מטות את המאזניים בכל הכוח, ואין זה משנה כמה תועלת והנאה מונחות בצידן השני.²⁵ "ערכים" שכאלה יש בשפע: הסובלנות והחירות הליברליות, או "ואהבתך לרעך כמוך" שניתן לראותו מגולם גם בערכים כגון משפחה, חברות ואהבת המולדת. ערכים נוספים מגולמים בתכונות והתנהגויות רצויות כדוגמת אחריות, צניעות, אומץ, גבורה, נתינה, חמלה ומסירות. בנקודה הזאת אתם ודאי שואלים: ומה לך יש להציע? ועל כך אשיב: כמעט אותו דבר! הדגש החשוב הוא על ה"כמעט". עצם מיצובם של כללי אצבע כקדושים או

26 התועלתנות היא גישה שטוענת כי הערך המוסרי של כל פעולה צריך להימדד אך ורק על פי התועלת שצפויה לצמוח ממנה. המעשה שתוצאתו הצפויה בשקלול סך ההנאות והכאבים היא הטובה ביותר הוא המעשה שכדאי לעשותו.

בעולם חסר משמעות או כללים מוסריים אובייקטיביים (מקוצר היריעה נקבל זאת כאקסיומה), זאת בעיני הגישה המובנת מאליה.

לצד הגישות והרעיונות שמנינו עד כה שבהם הדגש הוא על הצד הדסקריפטיבי, התועלתנות תבסס עבורנו את השלב הראשון של החלק הנורמטיבי בתיאוריה.

27 הבהרה: השימוש במילה "פדופיל" כאן אינו מתייחס לעבריינים המורשעים בעבירות חמורות, אלא לנטייה מינית מולדת.

25 ההלכה היהודית היא לכאורה דוגמת נגד יוצאת דופן, שכן היא מפורטת מאוד. ואף על פי כן, כשבוחנים את היהדות באופן כללי רואים שהדבר נכון: ראשית, גם הלא מלומדים והלא אדוקים מוצאים ביהדות ערכים משמעותיים שמנחים אותם. שנית, לצורך קיום רשת המצוות הדקדקנית של היהדות עדיין נדרשת הפעלת שיקול דעת, ואת שיקול הדעת הזה בין רע לטוב מנחים הערכים. ולבסוף, הנרטיב היהודי דורש פעולה על-פי הערכים מכל מקיימי המצוות בלאו הכי, שהרי אדם שמקיים את המצוות רק כדי לצאתידי חובה ולא מתוך תחושת זכות ורצון לפעול ברוח ההלכה ועל פי ערכיה גם כאשר אין לו חובה והנחיה מפורשת, קרוב לוודאי שלא ייחשב לצדיק אמיתי.

שנית, מי אמר שזה בכלל עובד?! חלקים ניכרים מאוכלוסיית העולם ואף מאוכלוסיית ישראל אינם תומכים בקיומן של חלק מזכויות האדם. מטא-נרטיבים גזעיים, לאומיים, דתיים ואידיאולוגיים הובילו לשיאים חדשים של אלימות במאה ה-20 הקרובה אלינו מאוד. שיטת הממשל בגרמניה בתחילת שנות ה-30 של המאה הקודמת הייתה זהה לחלוטין לשיטות הממשל הנהוגות במדינות המפותחות. טרור למיניו איננו רק מנת חלקן של חברות פרימיטיביות או בעלות סכסוכים מיוחדים, אלא פוקד מדינות מפותחות רבות ואף צומח בהן באופן עצמאי. בדלנות לאומית מאפיינת את מרבית מדינות העולם, וסכסוכים על "אדמות קדושות" ו"ארצות מובטחות" גובים מחירים כבדים עד ימינו אנו, כולל אחד שמוכר לנו מקרוב. ובעתיד הממשמש ובא - אם כל הפתחים לפורענות הללו אינם מספיקים - הרי שנחזה בקרע חברתי חדש, כאשר מעמד הפועלים יתייטר כליל עם התקדמות האוטומציה.

לי לא נשמע שהדברים ממש עובדים. במקרה הטוב הם מקרטעים, ואין לדעת מי יהיה הקורבן הבא של הקרטוע.

לכן, רפורמה מוסרית היא אפשרות שחשוב לשקול. כפי שהתחיל להתגלות בעניין הערכים, לרפורמה שכזו קיים פוטנציאל רב לשיפור חיינו הפרטיים ולניהול החברה שלנו, מן הגדולה שבבעיות ועד לקטנה שבהן. אולם מה בדיוק תכלול הרפורמה? עד כה הספקנו להבין את מקורו של המוסר, להיחשף לחלק מהמגרעות שבהמשך ההסתמכות עליו ולאמץ את הגישה התועלתנית המאוד מאוד כללית כבסיס הראשון לתכנון המוסר החדש שלנו.²⁸

ההגדרה הזו, אני אכן מתכוון להציע מוסר חדש, אולם מדובר במוסר שצורתו שונה מהותית מהצורה השכיחה של המטא-נרטיבים המוסריים.

בנטיות חד-מיניות כמולדות ובלתי ניתנות לבחירה. כתוצאה מאותה דמוניזציה של פדופילים, נדיר היה למצוא פדופיל שישתף משפחה, חברים או אנשי מקצוע במצבו. יתרה מכך, כתוצאה מהחינוך האינטנסיבי ל"נאורות", שאותו יחווה מילדות, רבים הסיכויים שאפילו הוא יתעב את עצמו ויראה עצמו כאדם לא אדם, כמפלצת. ואם אתה בין כה וכה מפלצת, יש בכך משום רישיון להתנהג באופן מפלצתי. ואפילו אם לא יראה עצמו כמפלצת, איזה סיכוי יש לאדם להתמודד במשך חיים שלמים, בבדידות מוחלטת, עם נטייה מינית שאותה הוא מתאמץ שלא לממש?

התועלתנים לעומת זאת, יעודדו התמודדות יעילה יותר עם התופעה - למשל ברמה הממשלתית: הכרה באוכלוסיית הפדופילים כאוכלוסייה מיוחדת שזקוקה לתמיכה ולסיוע של שירותי הרווחה. כך, כל הפונה מרצונו לשירותי הרווחה יקבל טיפול וליווי צמוד לצד ניטור ביטחוני שלו, בהתאם להערכת המסוכנות. אני סבור שהדוגמה הזו ממחישה היטב את ההבדל בין אבסולוטיות המטא-נרטיב והשימוש העיוור בו לבין ביקורתיות שבוחרת את שאר הכלים המחשבתיים ובוחנת אותם באופן מתמיד.

ובחזרה לביקורת הנורמטיבית שתעלה כנגד המהלך: אומנם טוב ויפה שעל מנת לחדש יש צורך להרוס, אלא שמיד אפשר לטעון שאולי אין כל צורך לחדש: "אם זה עובד, אל תיגע". על כך אפשר לומר שני דברים: ראשית, על אף ששלילה אוטומטית של רעיונות חדשים היא מקור לבינוניות במקרה הטוב ולנסיגה איטית והתפוררות במקרה הרע, חשוב לשקול אותם תוך התחשבות בפוטנציאל הסיכון ופוטנציאל התועלת.

28 לכאורה סתרתי את עצמי כעת - אני מבקש לבנות מטא-נרטיב חדש? התשובה לכך שלילית. בשיח הפילוסופי, המונח "מוסר" משמש לעיתים גם במשמעות של "סט רעיונות קוהרנטי שמנחה את ההתנהגות האנושית". על-פי

שקאנט מפיח לביסוס מחדש של יחסי האדם לחברו על מערכת של מניעים רציונליים. אני רואה את כל זה רלוונטי למבחר נושאים בחיינו ב-2020, כמו למשל היחס המוסרי לבעלי חיים, פמיניזם ומשבר האקלים.

בכדי לסבר את האוזן, בחצייה השני של התיאוריה אני מבקש ליצוק תוכן ממשי לתוך התועלתנות, ולהניח אבן פינה פוזיטיבית לשאלה: כיצד כדאי לנהל את חיינו? אני עושה זאת באמצעות תשובתו של סוקרטס לשאלה: מה דרוש בכדי להיות מאושר? תשובתו של דקארט לשאלה: מיהו האדם החופשי? וההשראה

איתמר דריימן, סטודנט לפילוסופיה וסוציולוגיה-אנתרופולוגיה באוני' העברית. כותב שירה ופרוזה קצרות (מסיים לערוך את ספרו בימים אלה). מנהל (יחד עם שלו אלי) את "הסטודיו" - קהילת היוצרים של רשת אסכולה.
itamar.dreymann@gmail.com

הבהלה לתוכנה

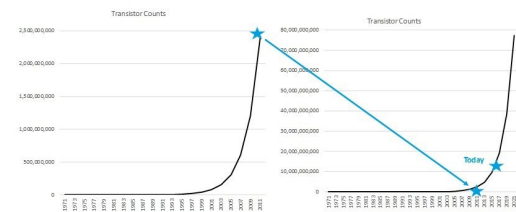
מאת נעם קרופניק

הבה נתחיל מקצת רקע. לפי ויקיפדיה, "מחשב הוא מכונה אלקטרונית המסוגלת לעבד נתונים על פי תוכנה, כלומר על פי רצף פקודות נתון מראש".⁴ כלומר, מדובר בסך הכול במכונה שממלאת פקודות. המחשב הופיע לראשונה בשנות ה-30 של המאה הקודמת, ובמהלך השנים השתכלל במישורים שונים: בגודל, במחיר, בשכיחות בשוק וברמת הביצועים. בשנת 1989 הגיע לעולם האינטרנט כפי שאנו מכירים אותו היום, ה-**WWW** (ראשי תיבות של **World Wide Web**), שאפשר כבר חיבור ותקשורת בין כל המחשבים בגלובוס ולקח את עולם המחשבים צעד גדול קדימה. אבל מאז ומתמיד המחשב הוא "השפוט המושלם" - עושה מה שאתה אומר לו לעשות, וזהו.

זמן מה מאז המצאת המחשב, בערך בזמן שבו התחילו לייצר אותו בסיטונאות ולהנגיש אותו לצרכנים פרטיים, הוא הפך להיות חבירו הטוב ביותר של האדם. אפשר לומר שכפי שהמכונות מאתגרת את הרגליים האנושיות ביכולותיה, כך המחשב מאתגר את המוח האנושי בביצועיו. אין מה לעשות - בכל הקשור בחישובים, בביצוע תהליכי קלט-פלט וכיוצא בזה - המחשב פשוט יותר טוב מאיתנו. כמובן שלנו יש את היתרונות שלנו, כמו יצירתיות, קשר בינאישי ושוני בין אדם למשנהו. כל זה לא מונע מהמחשב "לעקוף אותנו בסיבוב" בתחומיו. אותי באופן אישי זה מרשים מאוד. קוסם לי הרעיון של מכונה שיכולה כמעט להחליף את האיבר החשוב ביותר בגופנו. כפי שהנושא מרתק אותי, אני מאמין שהוא מרתק גם אנשים אחרים. אנחנו

תחום פיתוח התוכנה מתקדם בקצב מסחרר - מהיר יותר באופן קיצוני מזה של כל תחום פיתוח אחר. לשם המחשה נשווה בין שתי המצאות הנדסיות שפרחו במאה האחרונה וקידמו את התעשייה באופן נרחב. מכונות העל היום מהירות פי 30 מהמכונות הראשונות, וכל מחשב פשוט היום מהיר פי 3,700,000,000 מהמחשב הראשון.¹ בשנת 1965 חזה גורדון מור כי יכולות העיבוד של המחשב יוכפלו כל שנתיים (גדילה אקספוננציאלית!!!). עד היום, תחזית זו לא מאכזבת - המגמה האקספוננציאלית נמשכת.² כאיש תוכנה אני שואל את עצמי לא פעם: מה סוד הקסם של המקצוע הזה? איך קרה שלפני קצת פחות מ-100 שנים לא היו מחשבים, ואילו היום הם תופסים חלק כל כך מרכזי בחיים שלנו, עד שאדם בלי מחשב או סמארטפון יהיה חריג בנוף ואנשים ישוו אותו לאדם הקדמון? מדוע מקצועות הקשורים בהנדסת התוכנה נמצאים בראש טבלת המקצועות המבוקשים באוניברסיטאות (שניים רק לרפואה)?³ מה כל כך מיוחד במקצוע הזה?

במאמר הבא ננסה לראות מהם הגורמים להתפתחות הסילונית הזו של עולם התוכנה בהשוואה לתחומים אחרים. ייתכן שהמאמר יהיה מפוזר מעט, אך אין דבר, גם החיים שלנו הם כאלה. את הסדר וההבניה המושלמים נשאיר למחשב.



גרף מ-2017 המציג את מימוש חוק מור.¹ לרוב מציגים גרף זה על סולם לוגריתמי.

¹ 60 שנה לפני המחשב הראשון.
² סרטון חמוד על חוק מור: [Moore's Law](#)
³ הטכניון - [סיפי קבלה משוערים](#)
⁴ ויקיפדיה: [מחשב](#)

¹ על ידי השוואת [Benz model number 2](#) שמהירותה המרבית היא 16 קמ"ש ל-[Bugatti Chiron Super Sport](#) שמהירותה המרבית 490 קמ"ש והשוואת מחשב [Z1](#) שתדירותו 3700 MHz ל-[intel i7](#) למעבד ביתי שתדירותו 3700 MHz. נשים לב גם שהמכונות הראשונות נוצרו כ-

הוא מהגבוהים באקדמיה. למעלה מעשרה אחוזים (!) מהשכירים בישראל עובדים בתחום.⁵ הסיבה לכך היא מנגנוני היצע וביקוש עוצמתיים; הקפיטליזם מתבטא כאן במלוא הדרו. נוצר פה מנוע של "ביצה ותרנגולת" שממשיך וגדל; החברות משקיעות בתוכנה, ולכן צעירים רבים בוחרים לפנות לעולם התוכנה ומקדמים אותו, וככל שעולם התוכנה מתקדם - העניין בו מכל הכיוונים הולך וגובר, וחוזר חלילה.

כמי שעוסק בתחום אני שומע רבות את הטענה כי אנשי התוכנה בוחרים במקצוע בגלל אופיו הנוח - השהייה בחדר ממוזג והישיבה הממושכת (הפעולה הפיזית המאומצת ביותר שיעשו במהלך היום היא ההליכה מהחנייה למשרד). אומנם יש אמת בטענה, אך בהשוואה לסיבות האחרות, סיבה זו זניחה. נכון שרוב האנשים יעדיפו עיסוק במחשבים כל חייהם על פני טירונות בלתי נגמרת, אבל אין בכך כדי למשוך אותם דווקא להייטק. המציאות כיום היא שמקצועות רבים מציעים תנאים פיזיים נוחים, וגם חוקר כימיה, מהנדסת מכונות או אפילו מנהלנים ללא כל הכשרה פורמלית יעבדו בישיבה במשרד ממוזג. העבודה בתחום התוכנה, אם כן, אינה קשורה לטמפרטורת החדר ולנוחות הכיסא. היא כן קשורה, בין היתר, לשכר הגבוה המוצע למפתחי התוכנה - אך זה מתקשר באופן ישיר למנגנוני ההיצע והביקוש שהצגנו קודם. עד עכשיו בחנו את הגורמים הפסיכולוגי-ספורטיבי והכלכלי-קפיטליסטי להתפתחות עולם התוכנה. ברצוני להביא לתשומת ליבכם גורם משמעותי נוסף - המחשב עצמו (בתחום הנדסת התוכנה קוראים לזה רקורסיה). העיקרון הוא שהמחשב עצמו מבצע פעולות שמקדמות את עולם המחשבים. באופיו, המחשב מתאים לחישוב תרגילים ולבניית מבנים שימושיים מאוד דווקא בפיתוח תוכנה. הוא בונה מודלים של ציפים מתקדמים ויעילים, ובכך תורם ליצירת מחשב מהיר יותר; הוא כותב תוכנות שכותבות תוכנות בעצמן, ובכך מגביר את קצב החידושים, וכן הלאה. בפועל, המחשב הוא מנוע הצמיחה של עצמו.

מדברים כאן על המסע האינסופי לניפוץ שיאים. יש אנשים שעבורם אין דבר מושך מזה, ולכן הם נוהרים לעולם התוכנה ותורמים באופן ישיר ומיידי לקידומו. הרצון האנושי-פסיכולוגי מתלכד כאן עם הרצון הכלכלי של העולם הקפיטליסטי. לאחר שהבנו למה יעניין אנשים להתעסק במחשבים - נבין למה זה גם ישתלם להם. לשם כך נביט בשני צדדים - התעשייה והאינדיבידואל - שמשלימים זה את זה, ונראה מדוע תחום התוכנה משתלם לכל אחד מהם. כדי שתחום פיתוח כלשהו יזוז הוא צריך משהו שישקיע בו, ובהייטק כולם משקיעים. מניית ההייטק מרקיעות שחקים. אך מדוע שישתלם לחברת תרופות או נשק להשקיע מכספה בפיתוח תחום שאינו קשור אליה ישירות? חברות חקלאיות, תעשיות כבדות וספקי שירותים משקיעים משאבים רבים בפיתוח הייטק. מדוע?

משפט המפתח בדרך לתשובה הוא "המחשב לא טועה". אם הוא הצליח לבצע פעולה פשוטה 1000 פעמים, הוא יצליח גם בפעם ה-1001. את זה אי אפשר להגיד על בני אדם, שעלולים לטעות מדי פעם. לכן, אם המטרה היא לחשב מינונים וטמפרטורות או לקטלג את כל המוצרים שיוצרו עד כה - סביר להניח שהמחשב יבצע טוב יותר את המשימה. כל אחת מהתעשיות - מגדולה ועד קטנה, מחברת בואינג הענקית ועד המכולת השכונתית - כולן זקוקות למחשבים. כולן צריכות לנהל כספים, עובדים, מוצרים ושירותים באופן מסודר ומדויק.

אני מזכיר, המחשב הוא לא נבון, הוא "שפוט", עושה מה שאומרים לו. לכן, דרושים בני אדם שיגידו לו מה לעשות, ואלו הם מפתחי התוכנה. אם חברות מעוניינות במחשבים שיבצעו פעולות עבורן, עליהן להשקיע באנשי תוכנה שיטפלו בפקודות המחשב. כאן נכנס הצד השני של המטבע שלוקח חלק במנוע הכלכלי - האנשים עצמם, מפתחי התוכנה. כבר בתחילת המאמר ציינתי כי הביקוש למקצועות התוכנה

⁵ עובדי ההייטק עלה ל-10% מכלל המועסקים. [ynet](https://www.ynet.co.il).

⁵ ביילי פרנקל (2020, 3 בינואר). [לראשונה: חלקם של](#)

כר פורה לעלילות מדע בדיוני ותו לא. האם יימצא תחליף למחשב? איני יודע לומר. אולי המחשב ימשיך להתקדם באופן אקספוננציאלי לפי חוק מור עד האינסוף ומעבר לו, ואולי הקסם יתפוגג. הסיפור עדיין לא נגמר. מה שאני כן יודע לומר הוא שלעת עתה עולם פיתוח התוכנה רחוק מלהיות רווי בהיבט של כוח אדם או תוכן. לא משנה כמה אנשים מגיעים לעולם התוכנה, תמיד יש מקום לעוד, בבחינת "כל הנחלים זורמים לים והים איננו מלא"⁷. הלהט שמפגינה האנושות כלפי התוכנה מזכיר תקופות היסטוריות שבהן היא נהרה להשגת משאבים אחרים, ואולי אף ביתר שאת. סטודנטים רבים רוכשים תארים מתאימים, מדענים מסבים מקצוע וכו'. ואחרי כל אלה - תמיד יש מקום לעוד אנשים, לעוד רעיונות. סטרטאפים ממשיכים לקום, ואנו פוגשים בקדמה יום-יום, שעה-שעה. מספרים על כרישים כי הם לא מפסיקים לזוז לרגע במשך כל חייהם.⁸ אולי כמו כריש, עולם פיתוח התוכנה ימשיך להתקדם לעד.

תהליכים אלו הביאו לנקודת אל-חזור. כיום, חברות רבות יקרו ללא מחשב ותוכנה, גם אם הן רחוקות מאוד מלהיות חברות הייטק. חנויות מכולת לא יוכלו לנהל את ההזמנות ואת המחסנים שלהן ללא אמצעים ממוחשבים מתאימים, פקידי מס הכנסה לא יוכלו להנפיק אישורים, ואפילו מדריכי טיולים לא יוכלו לשווק את עצמם. התעשיות כולן יקרו ברגע. הצורך העמוק הזה, שנוצר תוך פחות מ-100 שנים, קושר בין בני האדם ובין המחשבים בקשר חזק, שפרימתו היא בגדר בלתי אפשרית. בנוסף לצורך הקיים, ראינו כי המחשב משפר ומקדם את עצמו, ובכך מקנה לעצמו עוד יותר יכולות, שגם הן יגבירו את הצורך בו. לכן, אני מאמין שיש עתיד לעולם הזה, והוא לא ייעלם בקרוב.

לדעתי האישית ולדעת רבים אחרים, לא רחוק היום שבו המחשב יקדם את עצמו לבד לגמרי, ובתהליכים שלמים לא תהיה מעורבת יד אדם. דוגמה לכך היא הלמידה העמוקה (**deep learning**)⁶ שמסיקה מסקנות מנתונים ומאמנת את עצמה על-פי דוגמאות קיימות. אנחנו רואים כאן תהליך שנביאי השקר יקראו לו "השתלטות הבינה המלאכותית על האנושות". העיקרון מאחורי דבריהם מובן; המחשב הוא בעל יכולות חישוב ועיבוד גדולות לאין שיעור משל האדם, ולכן עשוי לבוא יום בו יגבר המחשב על האדם ויבצע כל פעולה שהוא מבצע, כולל בניית מחשבים חזקים יותר ויותר. עם זאת, חשוב לזכור שהמחשב כולו, מהחומרה ועד התוכנה, נבנה והוגדר בידי אדם. למחשב אין רצונות או רגשות, אלא רק אוסף פקודות מוגדרות היטב, מורכבות ככל שיהיו. כפי שכבר אמרנו, המחשב הוא "השפוט המושלם" ולא יותר מזה, ולכן לא יכול לפתח רצונות ורגשות משלו. כלומר, זה סביר כמו שמחשב יהפוך מברזל לפלסטלינה - זה פשוט לא בטבע שלו. ניתן לתכנת את המחשב להביע רגשות, אך לא לחוש אותם. אפשרי להורות למחשב להציג רעיונות אנושיים, אך לא לחשוב עליהם בעצמו. שלטון המכונות ישאר כנראה

⁸ ויקיפדיה: [עמלץ לבן](#).

⁶ [למידה עמוקה](#)
⁷ (קהלת א, ז).

הערה - תרומה לקהילה בעולמות הפיתוח - הקוד הפתוח

נושא זה קשור בקשר רופף למאמר, אך בקשר הדוק לאסכולה. האם באחד התחומים הכי קפיטליסטיים בעולם יש היבט של תרומה לקהילה? התשובה היא כן, והוא לא מבוטל! אחת מדרכי התרומה המרכזיות לקהילה באה בצורה של קוד פתוח (open source). קוד פתוח הוא תוכנה / שפה / מערכת הפעלה או כל קוד אחר שמשותף באופן פומבי וחינמי. כל אחד יכול להשתמש בו, וכל אחד יכול לשפר ולעדכן אותו. בזכות הקהילתיות שבדבר, יש רווח גדול לכולם: כותבי הקוד זוכים לעזרה ממפתחים בכל העולם, ועולם הפיתוח זוכה לשלל אפשרויות נוספות - בחינם. זוהי הספרייה הציבורית של מפתחי התוכנה, שהם גם שואלי הספרים וגם כותביהם. עבורי זה פשוט פלא ודוגמה מצוינת לסינרגיה קהילתית.⁹ קהילתית.

נעם קרופניק, בן 22 בוגר אוניברסיטה בטכניון. מהנדס תוכנה בעולמות ה-devops וה-cloudops. אוהב לכתוב, לנגן, להקליט ולהופיע בזמני הפנוי, חי את הדיסוננס בין הריאלי להומני. רגע לפני סיום רוצה להודות לעורך שלי - עזריה איצקוביץ'. עזריה - מבחינתי המאמר הזה שלך כמו שהוא שלי. אשמח אם תשתפו אותי בחשיבתכם בעקבות המאמר. אחרי הכל - אני כאן כדי ללמוד.
noam.krupnik@gmail.com

⁹ קוד פתוח

נווה מדבר

נוי גבאי

אבק עולה
בשעת הצהריים
בקיץ חמים
מההרים המחוספסים
אבן אבן נשחקת לאיטה

למדבר אין מה להסתיר
עומד הוא עניו בפני השמש
כל פינה גלויה היא
באור הקיץ

החיות יודעות הן
שהמדבר הארוך דובר אמת תמיד
נלחמות על כל פירור
על כל פינת מחסה
אך אין הן מייחלות למים

על שפת האגם על המזח
המים עכורים ושחורים
להיזהר לא להחליק
להיזהר לא לרכון מטה
ולהביט

נוי גבאי, בוגרת נבחרת כימיה, משרתת
בצה"ל בחיל הרפואה כמפקדת בקורסי
הכשרות. מעוניינת ללמוד רפואה בעתיד.
כותבת שירה וסיפורים קצרים.
Noy.gabai100@gmail.com

יבגני אונגין / א.ס. פושקין

בתרגום א. שלונסקי

ספר א פרק מד	ספר ב יג	ספר ב יד
וְשׁוֹב מֵרֶב חֲבוּק יָדַיִם, מְרִיקוּתָהּ שֶׁל נְשָׁמָה, אֶמֶר לְשָׁקוֹד לְשֵׁם שְׁמַיִם, מִפִּי זָרִים לְקִנּוּת חֲכָמָה. תְּלִי סִפְרִים צָבֵר הַפְּעֵם, קָרָא, קָרָא, אֶף בְּלִי שׁוּם טַעַם: כָּאֵן שֶׁעֲמוּם, כָּאֵן שְׁטוּת וּלְזוּת; שָׁם אֵין מִצְפּוֹן, וְשָׁם פְּטוּפוּט; בְּכָל כְּבָלִים, אֶבֶק וְאַפֵּר; בְּלָה מִיָּשׁוֹן הִיָּשׁוֹן, וְהִחְדָּשׁ אֶף הוּא נוֹשָׁן. כְּנִטוּשׁ נְשָׁיִם נִטְשׁ הַסִּפְרָה, וְהִמְדָּף אֶבּוֹק וְלוּט עַמֵּד בְּצַעֲפֵי-הָאֲבָלוּת.	אֶף לְנִסְקִי, שְׁלֵא אִישׁ כְּמוֹהוּ יִשָּׂא כְּבָלֵי הַנְּשׂוּאִיִּם, חָשׂ אֶל אוֹנִיגִין וְעִמּוֹ הוּא בְּקֹשׁ לְקִשׁוֹר קִשְׁרֵי רַעִים. וַיִּפְגְּשׁוּ צוּר וְפֶלֶג, שִׁירָה וּפְרוֹזָה, אִישׁ וְשָׁלֵג אֵינָם שׁוֹנִיִּם כֹּה בְּעוֹלָם. תְּחַלָּה, מִגְדֵּל הַבְּדֵלָם, אִישׁ אִישׁ מִחֲבָרוֹ סֵלְדוֹ; אֲחֵר הַסִּפְיָנוּ; אֲחֵר-כֶּף יוֹם-יוֹם רָכְבוּ עַל סוּסֵי-רִמָּה וְחִישׁ רַעוּ וְלֹא נִפְרְדוּ. כִּי זֶה דְרָכָם שֶׁל בְּנֵי אָדָם, שֶׁהֵם רַעִים בְּבִטְלוֹנָם	אֶף גַּם רַעוּת כְּזֹאת אֵין בָּנוּ: הַבְּלִי־דְעוּת כִּי נִבְטְלָה, הַכֹּל הֵם אֶפְסוּסִים, רַק אָנוּ בְּגֵדֵר יְחִידֵי-סִגְלָה. כְּלָנוּ רַק נְפוּלֵי-אוֹנִיִּם, הוֹלְכֵי-עַל-שְׁפָתַיִם, הַמְלִיּוֹנִים, הֵם בְּעֵינֵינוּ כְּלִי-שִׁרְתָּה; עַל כֵּן בְּרָגֶשׁ נִבְעֵט. סוּבְלוֹן יוֹתֵר הִיָּה יְבִגְנִי: אֶמְנָם, יָדַע, מֵה בְּנֵי אָדָם, וַיְדַרְדְּרוּ-כְּלָל גַּם תַּעֲבֹבָם, אֲבָל אֵין כְּלָל בְּלִי חוּץ-מִמֶּנּוּ; אֶת מְקַצְצָתָם לְטוֹב הַפִּיר וְרָגֶשׁ מִן-הַצֵּד הוֹקִיר.

פושקין, שנחשב לאבי הספרות הרוסית, כתב את הרומן בן המאתיים וחמישים עמודים "יבגני אונגין" במקצב ובחריזה. אברהם שלונסקי, שנודע גם הוא בכישרון הבלתי-מצוי שלו לחריזה ולשקילה (מחבר "עוץ לי גוץ לי"), לקח על עצמו את המשימה לתרגם את יצירת המופת לעברית. ידו צלחה בכך מאוד, ולאחר גולדברג, שערכה את התרגום, מיטיבה לתאר את ההישג: "בעיני היה תמיד תרגום 'יבגני אונגין' כמין נס. דייקנותו במסירת תוכן הדברים, במסירת הריתמוס עד לכל הפסקות הנשימה שבו, ללא כל אונס לגבי הלשון העברית, ההזדהות של היכולת הטכנית עם היכולת למסור את רוח הדברים כמו שהם ללא ויתור, הוא כמעט מעשה שלא יעשה. ואף על פי כן הנה הוא שריר וקיים לפנינו". בקטע הראשון מתוארת לאותו של יבגני מהקיום האנושי; בקטעים השני והשלישי מוצגת לפנינו ההתלהבות שממלאת אותו כשסוף סוף מגיע לכפר שהוא שוהה בו צעיר משכיל נוסף, התלהבות שסוחפת אותו מהדיכאון הקיומי אל שמחת החיים והחברותא, מעבר טיפוסי בספרות הרוסית שקל להזדהות עמו.

על שלושה סוגי חלקיקים: חלקיקים, חלקיקים שלא קיימים, וסטטיסטיקה

מאת איתי בלוך

אף אחד לא דיבר יותר על חלקיק הדיגאמא.

בלי להיכנס למספרים, רק אומר שיש עוד הרבה מקרים דומים, אבל השלושה הללו והמקרה העדכני של יוני 2020 שעליו נדבר בהמשך (שגרם לכך שבמשך שבוע ישנתי כ-24 שעות במצטבר), יספיקו עבורינו כדי לכתוב את הטור החביב שלפניכם.

קל לחפש חומר אפל, אבל די קשה למצוא אותו. למעשה, אחד התחביבים שלי כפיזיקאי הוא לחפש דרכים חדשות לחפש חומר אפל. "מה זה חומר אפל?" היא שאלה מאוד מעניינת, אבל זו שאלה שלא בכדי סובבת עשרות (אם לא מאות) אלפי מאמרים, ולכן לא נספיק לדון בה לעומק בפורמט זה. די לומר שמדובר בסוג מסוים של חלקיקים שסובבים את כולנו ומהווים את רוב המסה בגלקסיה שלנו. חלקיקי החומר האפל הם אפקטיבית "בלתי נראים". ידוע לנו עליהם רק בעקבות ההשפעה הנצפית של כוח הכבידה שלהם על החומר הרגיל, אבל אולי (ויש שיאמרו בתקווה) יש להם אינטראקציות נוספות לא ידועות - כאלה שנוכל למדוד במעבדה על כוכב לכתנו הקט. פיזיקאים שמחפשים חומר אפל ינסו לרוב לבדוק אילו סוגים של אינטראקציות יש לנו איתו: האם הוא מתקשר עם אור? עם אלקטרונים? האם הוא מתנגש בקרניים קוסמיות ומוטס לעברנו במהירויות גבוהות? האפשרויות כה מגוונות, ולכן יש כל כך הרבה ניסויים שמחפשים אחר חומר אפל. אחת הדרכים הפופולריות ביותר לעשות זאת היא באמצעות מה שנקרא בתרגום חופשי "ניסוי גילוי ישיר" (**Direct Detection**).

פסקאות רבות אפשר להשקיע בהסבר מה זה ניסוי גילוי ישיר, אבל מתוך התחשבות בזמנכם היקר, אקדיש לכך פסקה אחת שתכלול את עיקרי הדברים. בגילוי ישיר מציבים חומר במעבדות שממוקמות (לרוב) עמוק מתחת לאדמה ומחפשים חומר אפל שנתקע באטומים או במולקולות של אותו חומר. הניסויים כיום כה רגישים, שחלקם יכולים לזהות התנגשות של חומר אפל עם אטום יחיד. בין הניסויים הרבים אשר מחפשים, ניסוי **DAMA** (שמעתה

אם תהיתם, בעולם ישנם לא מעט ניסויים אשר מחפשים

חומר אפל. אני עצמי אחד מחברי הצוות של ניסוי **SENSEI** (בתחום שלי יש חיבה גדולה לראשי תיבות נחמדים) שמחפש חומר אפל, וחוקר כמה ניסויים של קבוצות אחרות שמחפשות חומר אפל, עליהם פרסמתי ואפרסם מאמרים (שמחפשים חומר אפל). ברם-אולם, למרות המאמצים הרבים, עד היום אף אחד לא מצא חומר אפל - למעט בניסוי אחד: **אי שם בהרי האלפים, מוקפים בלמעלה מקילומטר של סלעים כדי להגן עליהם מקרניים קוסמיות מהחלל, הקריסטלים של ניסוי DAMA/NaI מדדו - במשך שבוע שנים, בין 1995 ל-2002 - הם מדדו אות שמתאים בדיוק למה שהיינו מצפים מחומר אפל. גרסה משודרגת של הניסוי, תחת השם DAMA/LIBRA, רצה מ-2003 ועד 2010 וראתה את אותו אות. תוצאות מהרצה דומה במשך שש שנים פורסמו ב-2018, וכיום משרדגים את הניסוי שוב.**

נשמע מוזר שלא שמעתם על זה? מה לגבי זה: בשנת

2011 דיווח צוות הניסוי **OPERA** על מציאת חלקיקים בשם ניוטרינים, שנעו מהר יותר ממהירות האור. החוקק שלפיו אף חלקיק לא יכול לנוע מהר ממהירות האור הוא אחת מאבני הבניין של הפיזיקה המודרנית. אם חלקיקים יכולים לנוע מהר ממהירות האור, ההבנה שלנו את הפיזיקה צריכה להשתנות לחלוטין. ולמרות זאת, שנת 2011 לא ידועה בתור השנה ששינתה הכול עבור פיזיקאים.

ועוד דבר: בערך כשאני התחלתי את הקריירה האקדמית שלי, כולם דיברו על זה: בדצמבר 2015 צוות הניסוי **ATLAS** חלק ממאיץ החלקיקים הגדול בעולם, דיווח שמצא אוסף של אירועים בגלאי, שהסיכוי שהם קרו במקרה הוא כ-1 ל-10,000. כאשר חברי צוות **CMS**, הניסוי ה"אח" של **ATLAS** הסתכלו אצלם, הם מצאו דברים דומים בדיוק באותו מקום. תוך שבוע יצאו עשרות מאמרים המסבירים מהן תכונותיו של חלקיק ה"דיגאמא" החדש, שמבחינת תיאורטיקנים נמצא הלכה למעשה בשני הניסויים. תוך פחות משנה פורסמו כבר כ-500 מאמרים. אלא שהחל מאוגוסט 2016,

משהו שלא נמדד בדקונום, ולכן אף שהניסוי של "להסתכל על השעון שלי" נתן לי תוצאה מסוימת, לא אאמין לה. ניתן לטפוח לעצמינו על השכם, שבניגוד למקרה של דעמא, שזמן רב מושקע בו עד היום, בעזרת פריורז טובים פיזיקאים הצליחו להימנע מלבזבז את זמנם כאשר ניסוי בשם **OPERA** דיווח שמצא ראיות לכך שחלקיקים בשם ניוטרינים יכולים לנוע מהר יותר ממהירות האור. את הקשר המעניין בין מסע אחורה בזמן לבין תנועה מעל מהירות האור נשאר לספר המדע הבדיוני שאני כותב, כיוון שרוב הפיזיקאים מסכימים שבעולם האמיתי בלתי סביר שמהו מסוגל לנוע מהר ממהירות האור. עם מספיק ראיות חדשות ניתן להתגבר על כל פריור, אבל הניסוי היחיד שמדד סתם כך חלקיקים שנעו מהר ממהירות האור שכנע מעט מאוד אנשים, ואכן, לאחר זמן מה התגלה שהכול היה באשמתם של כבלים רופפים ושלא התגלה שום דבר מעניין באמת.

טוב, אז דיברנו על אותות שעד היום איננו יודעים להסביר, דיברנו על בעיות טכניות בניסויים, וכעת נדבר על האשם העיקרי ברוב צרות החלקיקאים. אם לצטט משפט מוכר, ישנם שלושה סוגי שקרים: שקרים, שקרים ארוכים, וסטטיסטיקה. כדי להבין את סוג הסטטיסטיקה שרודפת את סיוטי החלקיקאים, עלינו לדבר על ה-**Look-elsewhere effect**, או בתרגום חופשי "אפקט הסתכל-במקום-אחר".

רק לחקור פיזיקה לא משלם את החשבונות, ולכן נניח לרגע שהחלטתי בנוסף לחלקיקים לחקור מה גורם לזוגות להישאר יחד (כדי למכור את המסקנות לטינדר ולהרוויח מיליארדים). במחקר שאלתי אלפי זוגות שנשארו יחד ואלפי זוגות שנפרדו על הצבעים האהובים עליהם, על זיכרונות ילדות וכו'. את הנתונים הכנסתי למחשב הבינה המלאכותית שלי, והוא בחן את המידע וחיפש שקרים. לאחר חישובים רבים הוא מצא שעבור אנשים בעלי אותו צבע אהוב כמו של בן זוגם, ככל שהשם שלהם דומה יותר לשם ההורה של הפרטנר, כך גובר הסיכוי שהם יישארו בזוגיות (זאת לאחר שהוצאתי אנשים היפראקטיביים מהמדגם משום שאצלם משום מה לא מצאתי את האפקט). זה אולי נשמע מעניין

אתרגם לדעמא) הוא ניסוי ידוע, ויש שיאמרו -- ידוע לשמצה. האנשים של קולבורציית דעמא מדווחים מילולית עוד מלפני שנולדתי, שהם מצאו אותות שרק חומר אפל יכול להסביר. האותות שהם מודדים משתנים לאורך השנה כתלות במהירות של כדור הארץ ביחס לגלקסיה, בדיוק כפי שהיינו מצפים שאותות מחומר אפל ישתנו. עם זאת, ניסויים שנעשו בחומרים אחרים שללו את האמירה הפשוטה: "דעמא מצאו חומר אפל", אלא אם זה חומר אפל שמשום מה קשור במיוחד לנתרן יודי, ועם כל הכבוד לנתרן יודי, לא נראה שיש בו משהו מספיק מיוחד כדי שדווקא הוא יהיה השגריר של חומר רגיל לאינטראקציה עם חומר אפל.

אינספור שעות עבודה הושקעו בניסיון להבין מה בדיוק קרה שם, ואחת הסיבות שדעמא ידועים לשמצה במובן מסוים, היא שהם למעשה לא פרסמו את כל המידע שיש להם מהמדידות שלהם, וכך קשה לדעת אם אכן הליך הסקת המסקנות שלהם אמין, או שמא כל מה שהם פרסמו והתגאו בו זו טעות באנליזה של עצמם.

יש שיאמרו שיותר מדי מזמנה של האנושות הושקע בדעמא, ולכן אנו בשלב הזה נמשיך הלאה לדבר קצת על מה שאנו יודעים, עוד לפני שאנו מבצעים ניסויים. אולי יפתיע אתכם לשמוע קוראיי החביבים, אבל הרבה לפני שחלקיקאים ביצעו ניסויים רשמיים ומרשימים, אנשים ידעו דברים. אחד המונחים המרכזיים בגישה הבאיזינית (על שם תומאס בייס) לסטטיסטיקה הוא **prior** (שמעתה אתרגם לפריור). הפריור מתאר כמה אנחנו מאמינים בתיאוריה מסוימת לפני שערכנו ניסוי מסוים. למשל, אם אסתכל כעת על השעון שלי ואראה שהשעה היא 17:52, כנראה שאאמין לו, שכן כעת קיץ ובחוף יש שמש אך לא חם מדי, ולכן ה"אמונה המוקדמת שלי", או הפריור שלי, הייתה שכנראה עכשיו השעה היא באזור 17:00. אם אראה שהשעה היא 20:00, אהיה מעט מופתע, כי חשבתי שכבר אמורה להיות שקיעה, אך כנראה שאאמין לשעון. אם אביט בשעון, ואראה שהשעה היא חמישה דקונים ורבע, כנראה שלא אאמין לכך, כי עוד לפני שבדקתי את השעון שלי היה לי פריור די חזק (כלומר הייתה לי אמונה די מוצקה) ששעה היא

המשקפיים, וכך נתיש את עצמנו במחקרים מיותרים במקום להשקיע את משאבינו המוגבלים בנושאים בעלי פוטנציאל. כל זה מוביל אותי לתופעה שנקראת "מרדף אמבולנסים".

וכדי להסביר מהו "מרדף אמבולנסים", נחזור לרגע לראשנו היצירתי, ונדמיין עורך דין חביב שמהלך לו ברחובות העיר. לפתע הוא שומע אמבולנס. הוא חושב לעצמו, 'רוב הסיכויים שהאמבולנס הזה נוסע לאתר תאונה, וכידוע תאונה פירושה תביעה, ותביעה פירושה שכר טרחה'. עורך הדין שלנו אף רץ לרדוף אחר האמבולנס. כמובן שברוב הפעמים האנשים בזירת התאונה לא יתעניינו באותו רגע בתביעה משום שהם עסוקים בהתאוששות מהתאונה, אבל הוא יודע שהפעמים שבהן המהלך הזה כן יעבוד, יהיו שוות את כל הניסיונות הכושלים. כעת דמיין שבמקום ייצוג אדם בתביעה, בקצה המרדף עומדת תהילת עולם: הזכות להיות מי שעל שמם נקראים חלקיק חדש או תופעה חדשה שהתגלתה, ודמיין שבמקום האמבולנס שנוסע עם צ'קלוקות ברחובות העיר מדובר בקולבורציה שפרסמה מאמר לכל מי שרק רוצה לראות.

בדיוק כך נוצרים מצבים כמו אלו שתיארנו, למשל המקרה עם הדיגאמא ב-2015; תוך כשבוע מפרסום התוצאות, עשרות חלקיקאים הוציאו מאמרים על אותם הדברים. כי כשאתה כותב מאמר בשבוע (ואני לא יודע למי יצא לחוות את התענוג), אין לך זמן לקרוא עוד עשרה מאמרים שיצאו אתמול, כי אתה הרי עסוק בלכתוב את שלך, ואז אולי יש סיכוי שבמקרה מפני שלא הספקת לבדוק, תהיה חפיפה לא קטנה בין המאמרים. האם זה אומר שצריך לתת "פרס" ולאפשר פרסום מאמרים רק לאנשים שהקריבו את הבריאות שלהם עד הקצה והוציאו מאמר תוך יום בניגוד לאחרים שהוציאו יום אחריהם את אותו דבר? ומה לגבי מקרה שבו יש רק חפיפה חלקית בין מאמרים, או שהמאמר שפורסם בתוך יום הוא באיכות נמוכה משמעותית מהמאמר שפורסם תוך יומיים? האם ניתן עדיפות למאמר המאוחר יותר למרות שטכנית הוא לא מקורי? שימו לב שכיוון שכל אחד מכותבי המאמרים הללו לא באמת יכול לקרוא את כל מה שפורסם, רבים בוחרים פשוט לצטט את כל מה שראה אור, וכך עבודה של שבוע

מאוד, אך כפי שאתם בטח יכולים לנחש, כנראה שטינדר לא היו הופכים אותי למיליארדר עם תוצאות כאלו. הבעיה בסיפור המתואר היא שכמות המידע שהייתה לי הספיקה כדי למצוא קשרים רבים ומוזרים, שרובם המוחלט חסר משמעות. זו הפשטה מסוימת, אך באופן כללי, כאשר יש לנו מספר רב של תיאוריות שלא קשורות זו לזו ואנו יכולים לבדוק את כולן באמצעות מאגר מידע אחד גדול, אנו נתקלים באפקט הזה. במקרה שכזה, ההסתברות שבאופן אקראי לפחות אחת מהתיאוריות שלי תעמוד ברף הסטטיסטי גדולה משמעותית מאשר בהסתכלות הנאיבית על כל תיאוריה בנפרד. ואכן, כאשר **LHC** (מאיץ החלקיקים הגדול) מבצע מאות ניסויים שונים, וניסויים אחרים מבצעים בעצמם מאות ניסויים, הסיכוי שאיזהו ניסוי ימצא צירוף מקרים של אחד ל-10,000 הוא לא קזה נמוך, וקשה מאוד להתחשב בכך. במיוחד כשמבינים שהמונח "ניסוי" אינו מוגדר היטב. כאשר **LHC** "מצא" את הדיגאמא, הוא לא חיפש אותו ספציפית עם התכונות שנמצאו - הוא חיפש חלקיק כלשהו במסה כלשהי, והוא מצא את מה שמצא - ובכך למעשה ביצע מספר "ניסויים" במקביל. יש כל מיני דרכים להתגונן מ"אפקט הסתכלות-במקום-אחר", למשל הדרך שבה לאחר ש-**ATLAS** ראה את התוצאות שלו, הניסוי האחר של **CMS** חיפש את אותו הדבר במדידותיו (למעשה בצירוף מקרים גם אצלו היה נראה שאולי רואים חלקיק חדש - מה שהגביר את החשד שאולי הפעם מדובר במדידה אמיתית ולא ברעש). דרכים נוספות להתגונן מהאפקט הן שימוש בסימולציות מותאמות שמתחשבות במספר הרב של המודלים שמחפשים, או ניסיון להשתמש בפריורז שלנו כדי להבין שאם אנחנו מוצאים משהו לא סביר במקום שלא ציפינו למצוא, יכול להיות שמדובר בסתם רעש סטטיסטי.

נכון, יש דרכים למגר את הקשיים, אבל בסופו של דבר סטטיסטיקה היא משהו שאי אפשר להתחמק ממנו, שכן מחד גיסא, אם נהיה נוקשים מדי לפני שנתעניין באיזושהי מדידה, לעולם לא נתעניין בכלום ולא נוכל להתמקד בדברים המעניינים באמת כשראשם יצוץ מעל הרעש של הסטטיסטיקה. מאידך גיסא, אם נהיה יותר מדי מתירנים, כל שבועיים נתלהב מאיזשהו אות רנדומלי שבמקרה נראה מעניין אם ממצאים חזק ומורידים את

רק בשביל סיכוי לתהילה וכמה ציטוטים נוספים למאמריהם, במקום לעבוד באמת למען קידום המדע.

רבים החסרונות של תופעת מרדף האמבולנסים, אבל בסופו של דבר, היות ומדובר בדבר שקורה פעם בשנתיים-שלוש, חשוב לשמור על פרופורציה ולהבין שלא מדובר בסכנה קיומית להמשך המדע או אפילו קרוב לכך. יותר מזה, לעיתים תחושת הדחיפות מובילה לכך שדברים חדשים מתגלים. למשל, כשב-2015 מאמרים מסוימים השתמשו בתכונות של פוטונים שמעולם לא חושבו, לראשונה מישהו חישב את התכונות הללו כי פתאום היה "אינטרס ציבורי" לדעת אותן. ותמיד צריך לזכור שלפעמים יש גם תגלית בסוף המרדף. כך למשל, בשנות ה-60 של המאה הקודמת מדדו אנומליה בכמות הניוטרינים שמגיעים מהשמש. תחילה ניסו לפרש זאת כראיה לכך שאולי אנחנו לא מבינים מספיק נכון את השמש, אבל לבסוף זה הוביל הדבר לאחת התגליות החשובות ב-60 השנים האחרונות בתחום החלקיקים - שלחלקיקים שנקראים ניוטרינים יש מסה. בנימה אישית, למדתי רבות ממרדף האמבולנסים שלי על פיזיקה של גלאים של גזים אצילים - מידע שאני מתכנן להשתמש בו בעתיד. בנוסף, בתהליך ההשוואה בין תוצאותינו לתוצאות מאמרים אחרים, שוכנעתי שיש צורך בחישוב מוקפד יותר של אינטראקציות בין חומר אפל לבין אטומים, שכן החישובים הנוכחיים משתמשים בקירובים שאם משנים אותם מעט ניתן לקבל תוצאות שונות דרסטית. לכן, נפסיד לא מעט אם ננסה לפתור את ה"בעיה" בכך שפשוט ניתן לאמבולנסים לחלוף על פנינו.

רעים או טובים, האמבולנסים ימשיכו להגיע, ונכון להיום, כאשר חוקר מסוים רודף אחרי כל אמבולנס שבא, קהילת החלקיקאים מרימה גבה קולקטיבית, וזה צובע את איך שאותו חוקר נתפס. מצד שני, מי שלא רודף אחרי אף אמבולנס עלול להיתפס כ"זקן", או כפסימי. בנוסף, השמועה אומרת שיש מקומות מחקר שבהם כשבדוקים מועמד למשרה, קוראים את המאמרים שהם תוצר של "מרדף אמבולנסים" של המועמד (כדי להעריך איך הוא ככותב), אבל לא כוללים את הציטוטים של המאמרים הללו כשמשווים את סך הציטוטים של מאמריו בהשוואה למועמדים אחרים, כדי שלא לקבל תמונה מוטית. אכן, כמו בתופעות חברתיות

מקבלת תוך ימים ספורים עשרות ציטוטים מאנשים שכלל לא קראו את המאמר.

ואכן, כך היה באמצע חודש יוני 2020, כאשר צוות ניסוי XENON1T - ניסוי גילוי ישיר כמו דעמא, דיווח שהוא מצא תוצאות שההסתברות שהן קרו במקרה היא כ-1 ל-5000, ופירש אותן כעדות לאחת משלוש אפשרויות: קיום של חלקיקים תיאורטיים בשם אקסיונים שנוצרים בשמש ומגיעים עד אלינו, שינוי בתכונות הבסיסיות של חלקיקים בשם ניוטרינים, או חומר אפל.

אז הדבר הזה הוביל לכך שבמשך שבוע כתבתי מאמר בן 45 עמודים, שכדי לסיימו במועד ישנתי יום כן, יום לא. זה היה השבוע העמוס ביותר בחיי, חיים שהם מלכתחילה יחסית עמוסים. אני חושב שהמאמר שכתבתי הוא מאמר טוב. הוא ארוך בערך פי שניים מהמאמר השני הכי ארוך בנושא, סוקר מספר רב של נושאים שלא נסקרו באף מאמר אחר, וכולל את הכלים הסטטיסטיים המתקדמים ביותר בהשוואה לכל המאמרים האחרים. תוך כחודש הגענו לכ-40 ציטוטים (שזה מהר פי 40 מהקצב הסטנדרטי של ציטוט המאמרים שלי).

רק שאם להיות כן איתכם, הייתי מסתפק בהרבה פחות. התכנון המקורי היה לסיים את המאמר ביומיים ולהציע מודל אחד שיכול להסביר את המדידות (בסוף הצענו למעלה מעשר), כי שניים מהשלושה שאנשי XENON1T הציעו פשוט אינם סבירים עד כדי לא הגיוניים - הרי יש ניסויים אחרים שסותרים אותם. למעשה נשאבתי מתוך סקרנות ורצון לבדוק "רק עוד מודל אחד אחרון" (כפול עשר פעמים) לכתובת מאמר איכותי ומכובד, בעוד שהייתי מוכן להסתפק בהרבה פחות. שכן אם אני כן עם עצמי, רציתי עבודה פשוטה שתצוטט הרבה ומהר, ושאם התוצאות יתבררו כסימן ראשון למשהו חדש, אזי שמי יהיה מקושר איתו. כלומר, גם אני נפלתי בפיתוי של "רדיפת אמבולנס" - הרי לא כתבתי את המאמר מתוך מחשבה שהוא יקדם את המדע; אם לא הייתי כותב את המאמר, ה"מדע" היה מתעכב לכל היותר בחודש, עד שמישהו אחר היה מציע את מה שאני הצעתי. ואכן, אם בוחנים את התופעה מנקודת מבט חיצונית, מתגלה מצב קצת מביך - מאות חוקרים עוזבים עבודתם כדי לבצע מחקר שאחרים ממילא עורכים,

רבות בחיים, מצאנו שיווי משקל, שאשאר לכם להחליט אם הוא בריא לקהילה או לא. שלפחות בינתיים הוא נראה יחסית יציב יחסית. רציתי בטור זה להכיר לכם מספר תופעות כלליות, אבל חשוב לזכור שבסופו של דבר יש לבחון כל מקרה לגופו. לכן, רגע לפני סוף הטור ורגע לפני שאתם ממשיכים הלאה לקטע הבא (וכדאי לכם, כי הוא מעניין מאוד), אני רוצה לחלוק איתכם את דעתי האישית ספציפית על "The XENON1T excess", שזה השם שנתנו החלקיקאים למדידה שפורסמה ביוני 2020. במלוא הכנות, הייתי מעריך ב-80% שמדובר ברעש סטטיסטי, וב-10% שמדובר במשהו שעוד כמה חודשים יביך את מדעני XENON1T (למעשה הם עצמם הודו בחלופה "לא מעניינת" בדמות זיהום בגלאי במאמר המקורי שלהם). ומה לגבי ה-10% הנותרים? הייתי מעריך שיש הסתברות של כ-10% שמה שראינו ביוני הוא התגלית הגדולה ביותר בעשר השנים האחרונות, ואולי אף ב-30 השנים האחרונות. ומה שנחמד במדע הוא שאינכם צריכים לסמוך עליי - בשנה הבאה יורשו של XENON1T, ניסוי XENONnT, יוכל לבצע מספיק מדידות כדי שנוכל לדעת בביטחון די גבוה אם היה מדובר בסתם רעש או במשהו אמיתי. ניסוי LUX שיבוצע בתנאים דומים יעזור לנו לזהות אם יש בעיה מסוימת באנליזה של XENONnT, ואולי יגיע היום שבו ניסוי DARKSIDE, שהגלאי שלו עשוי מחומר אחר, יוכל ללמד אותנו עוד על התכונות של מה שנמדד, בהינתן ש-XENONnT ילמד אותנו שאכן מדובר במדידה אמיתית. אף שיש קשיים בדרך, בסופו של דבר, עם מספיק ניסויים, המדע יתגבר על כל מכשול שהסטטיסטיקה תציב (ברמת ביטחון מסוימת).

איתי בלור, דוקטורנט. חוקר בתחום החלקיקים וקוסמולוגיה, עם נגיעות למידת מכונה ומחשוב קוונטי. מתאמן באקרובטיקה אווירית כשיש מרחב, וכותב מד"ב כשיש זמן. מתעניין במיוחד באיך היקום עובד ולמה (אם משהו יודע, נא ליצור איתי קשר).

ItayBlochM@gmail.com

דיוויד יום והמדע המודרני

מאת נמרוד נקדימון

האמפירית של ניוטון על הפסיכולוגיה, היה אמפיריציסט קיצוני, כיוון שהוא האמין שכל מושג נוצר מרושם חושי, או מהרכבה של רשמים חושיים. כלומר, לא רק שאיננו יכולים לדעת דברים ללא החושים, אנחנו אפילו לא יכולים לחשוב על דברים שאינם פשוט הרכבות של רשמים חושיים. הגדרה זו גם היא רחבה מדי לדידו, שכן "כל אבסורד הוא בלתי ניתן להבנה, וגם לדמיון אין אפשרות להשיג את מה שנוגד הוכחה מופתית [את מה שיש בו סתירה עצמית]"². לפי יום, אנו מסוגלים להעלות על הדעת רק שילובים שונים של רשמים יסודיים, ובתנאי שלא יסתרו זה את זה (למשל, איננו מסוגלים לתפוס עיגול שהוא ריבוע). המושגים שלנו של עץ, של כעס, או של משולש - כולם נובעים, לתפיסתו, מההתנסויות שלנו, וכל הגדרה מילולית יכולה רק לסדר מחדש את חומרי הגלם שכבר נמצאים בהכרה. לפי אותו היגיון, גם ההבנה שלנו את מושג הסיבתיות צריכה לנבוע מרושם חושי כלשהו. יום טוען שאין צבע, טעם, יחס גדלים, או כל תכונה אחרת שמאפיינים סיבות ו/או תוצאות. הדבר היחיד שמאפיין אותן הוא העובדה שהן סמוכות זו לזו, ושהסיבה קודמת לתוצאה. כיוון שיחס כזה של עקביה מאפיין גם דברים שאיננו מכנים "סיבות" ו"תוצאות" (למשל, אחרי ברק האדמה תמיד נרטבת, אבל הברק לא גורם לכך; שתי התופעות הן תוצאה של עננים רבים), יום מסיק שאין לנו מושג אמיתי של סיבתיות. תחת זאת הוא טוען שאנו פשוט מתרגלים לכך שדברים מסוימים קורים אחרי אחרים, ללא יכולת לתפוס את הגורם לתופעות:

מהי אידיאת ההכרח שיש לנו כשאנו אומרים ששני מושאים קשורים יחד בהכרח?

בספרו **מסכת טבע האדם**¹ מספק הפילוסוף דיוויד יום אוסף הצדקות יוצא דופן בעוצמתו למדע האמפירי. המתקפה שלו על כל ידיעה שמקורה מחוץ לחושים התקבלה במידה רבה כקונצנזוס בתרבות המערבית, אך בו בזמן הגותו ספקנית ביותר, ולעיתים נדמה שהוא לא משאיר אבן על אבן גם בתחום ההכרה החושית. דוגמה בולטת לכך היא הטלת הספק שלו ביכולתם של בני אדם לגלות את סיבותיהם של דברים. במאמר זה אציג בקצרה את הרקע הדרוש להבנת טיעוניו של יום בנושא, ואנסה להראות שסוג כזה של ספקנות הוא מנת חלקה של כל תפיסה שהיא אמפיריציסטית במהותה. אציין כי פרשנותי לגישתו של יום חריגה מעט מהמקובל ואינה בגדר מוסכמה.

אמפיריציזם הוא התפיסה שלפיה החושים הם המקור של כל ידיעה. כאמור, מדובר במעין קונצנזוס בתרבות שלנו, ובייחוד בתחומי המדעים המדויקים, אם מחשיבים כלי מדידה כהרחבה של החושים. כיוון שכך עלול להיות לנו קשה להבין מה מיוחד בתפיסה האמפיריציסטית. את הייחוד הזה ניתן למצוא, באופן פשטני, בביטוי "כל ידיעה" ולא סתם "ידיעה". האמפיריציסטים כמובן לא היו הראשונים לטעון שהחושים מספקים ידע תקף על העולם, אבל הם היו הראשונים שהתנגדו לכל צורה אחרת של למידה עליו, ובפרט לסילוגיזמים (היקשים), שרווחו מאוד במדע של התקופה. סילוגיזמים הם תבניות של היסק לוגי, כמו "אם A הוא B ו-B הוא C, אזי A הוא C", וניתן לומר שמבחינה היסטורית האמפיריציזם הוא תנועת התנגדות ליומרה של לוגיקנים לגלות דברים על המציאות. יום, שראה עצמו כמי שמחיל את שיטתו

² שם: עמ' 89.

¹ דיוויד יום, **מסכת טבע האדם**, בתרגום יפתח בריל. ירושלים: הוצאת שלם, 2013.

מוצא לנכון לערער על הקביעה הזאת, אין צורך שיטרח להמציא טיעונים ארוכים: הוא מוזמן להצביע בפנינו כאן ועכשיו על מקרה פרטי של סיבה, שבה אנחנו מגלים את הכוח או את העיקרון הפועל. אנו נאלצים להיעזר בקריאת התיגר הזאת לעתים תכופות, כי היא כמעט האמצעי היחיד להוכיח שלילה בפילוסופיה.³

יום מניח שלסיבה יש קיום ממשי שיכול להותיר רושם חושי, כלומר שהיא סוג של עצם, אובייקט במציאות. ההגדרה הזו של סיבתיות לא כוללת חוקי טבע, שגם אם יש להם קיום במציאות, אין להם נוכחות במרחב, אלא רק השפעה עליו. נדמה לי שהמדע בצורתו היום מכיר רק בסיבות שהן חוקים ולא עצמים, כפי שנובע מהאקסיומה שבאותם תנאים קורים אותם דברים. איננו אומרים שהעץ, החום או האוויר גורמים לשריפה, וגם לא שום תכונה שלהם, אלא העיקרון של חמצון-חיזור, שאנו מסוגלים רק לחזות במגוון מקרים פרטיים שלו. על כן, אנסה לספק בעצמי יסוד סביר לשער שקיימות סיבות שאינן סוג של חוקים, בעזרת דוגמה מעולם הספרות. בנוסף, אביא טיעון אחר של יום נגד היכולת הבסיסית להכליל מקרים. לאחר מכן אשוב להתנגדות היסודית שלו ליכולת לתפוס סיבות שהן עצמים, ואנסה להראות שלא מדובר בתולדה של הספקנות הקיצונית שלו, אלא במנת חלקו של כל תחום דעת הנשען על יסודות אמפירציסטיים.

האקסיומה שלפיה באותם תנאים קורים אותם דברים תוחמת את העיסוק המדעי אך ורק לתכונות ולאובייקטים רב-פעמיים, ובכך דוחפת במובלע את המדע להתעלם מהם. התאוצה שבה עצם נופל אל הארץ היא דבר שניתן למדוד אינספור פעמים, אבל אין זה מובן מאליו שתיתכן יותר מהופעה אחת של אמצעי אומנותי מסוים. הצירוף "נְעִיָרִים כְּנִעְוֹרֹת נְנִיעָרִי"⁴ למשל, משתמש בשורש נ.ע.ר. שלוש

בהקשר הזה אני חוזר על משהו שכבר עמדתי עליו בהזדמנויות רבות, והוא שמאחר שאין לנו שום אידיאה [מושג] שאיננה נגזרת מרושם [חושי], נהיה חייבים למצוא רושם כלשהו המוליך לאידיאה האמורה של ההכרח, אם אנו טוענים שבאמת יש לנו אידיאה כזאת. לשם כך אני שוקל בדעתי, באילו מושאים מניחים בדרך כלל שטמון הכרח; וכשאני מוצא שמייחסים אותו תמיד לסיבות ולתולדות, אני מפנה את המבט לשני מושאים המקיימים לפי ההנחה את היחס הזה, ובודק אותם בכל המצבים שבהם הם עשויים להימצא. אני מבחין מיד כי הם סמוכים בזמן ובמרחב, וכי המושא שאנו מכנים "סיבה" קודם לאחר שאנו מכנים "תולדה". בשום מקרה פרטי אחד אינני יכול להתקדם הלאה, וכן אין לי שום אפשרות למצוא בין המושאים האלה יחס שלישי. לכן אני מרחיב את שדה הראייה שלי כך שיקיף כמה מקרים - ושם אני מוצא מושאים דומים המתקיימים תמיד ביחסים דומים של סמיכות ועקיבה. במבט ראשון נראה שזה מקדם אותי מעט מאוד. ההתבוננות בכמה מקרים פרטיים פשוט חוזרת על אותם המושאים, ולכן לא תוכל לעולם להצמיח אידיאה חדשה. אך כאשר אני מוסיף לחקור אני מוצא שהחזרה אינה בכל פרטיה, אלא יוצרת רושם חדש, ובאמצעותו את האידיאה שאני דן בה כרגע. שהרי לאחר חזרה תכופה אני מוצא שעם הופעתו של אחד המושאים, הרוח נקבעת מכוח ההרגל לשוות לעצמה את המלווה הרגיל שלו, ולשוותו ביתר בהירות בשל היחס שבינו לבין המושא הראשון. הרושם הזה, היינו הקביעה הזאת, הוא אפוא זה הנותן בידי את אידיאת ההכרח [...] מכל האמור לעיל אנו יכולים להסיק שבשום מקרה יחיד אי אפשר להצביע על העיקרון שבו טמונים הכוח והפועלות של הסיבה, ושבעלי המחשבה המפותחת או הגסה ביותר עומדים כאן חסרי אונים באותה המידה. אם מישהו

https://he.wikisource.org/wiki/%D7%A9%D7%A0%D7%94_%D7%91%D7%97%D7%99%D7%A7

³ שם, עמ' 139-142.
⁴ ר' יהודה הלוי, "שנה בחיק ילדות". ויקיטקסט:

הארץ, והיא כבר לא תזרח יותר. לפי יום, הסיבה שהגענו למסקנה שגויה היא שהעיקרון שלפיו אנו קובעים שמה שקרה עד כה ימשיך לקרות הוא, ובכן, שכך קרה עד עכשיו, וזהו טיעון מעגלי. איך אנחנו יודעים שזריחת השמש היא אירוע שיחזור על עצמו, אבל הזיקוקים ביום העצמאות לא? אין לנו דרך בטוחה להבחין בין חוקיות שמעוגנת בטבע ותמשיך לנצח לבין חוקיות מקרית, שעלולה להפסיק בכל רגע. אולי זו הסיבה לכך שיום מתרכז רק באותו מושג של סיבתיות שנוצר הישר מרושם חושי; כל חוק שמוסק בעקיפין מתוך רשמים שחוזרים על עצמם הוא בלתי משכנע, אם מקבלים את ההסתייגות מהאינדוקציה.

הרושם המרכזי שעולה מכל האמור הוא שאי אפשר לדעת כלום. אי אפשר לגלות חוקי טבע משום שהאינדוקציה לא עובדת, ואין דרך למצוא ביטוי של סיבות בממשות מאחר שאין שום מכנה משותף בין הרשמים שהן מעוררות מלבד זה שהסיבה סמוכה לתוצאה וקודמת לה בזמן. ובכל זאת, יום משאיר לנו את האפשרות להצביע על קורלציות בין סוגים של אירועים. גם אם אין לנו ודאות בנוגע למה שגורם לכך שחומצה פוגעת בעור, אנחנו יכולים להצביע על מקרים רבים שבהם רגע לאחר שפיכת חומצה העור נפגע הסברים מסוג זה שונים מההסברים המקובלים במדע בכך שהם לא קובעים שום דבר לגבי העתיד, כיוון שהם מביאים בחשבון את בעיית האינדוקציה. אבל ברמה מהותית יותר, הם נבדלים מהסברים מדעיים רגילים בכך שהם מתייחסים רק לתכונות ולעצמים שיוצרים רשמים חושיים. ההסבר של שריפה בעזרת חמצון-חיזור אינו אמפריציסטי במובן הטהור של המילה לא רק בגלל היומרה שלו לחול על כל העצמים בכל הזמנים, אלא גם כי "אלקטרושליליות" היא תכונה שנטען שיש לחומרים למרות שהיא לא מעוררת רושם חושי מובחן. איני מתיימר לחרוץ את דינה של אף תופעת טבע, אלא לומר שנדרשות הנחות נוספות על אלו שבבסיס האמפיריציזם כדי להצדיק

פעמים ברצף, בשלושה מובנים שונים, וכך מעורר את התחושה שמשמעויותיהן של המילים נבלעות זו בזו ונעלמות, בדומה לנעורים המתפוגגים כמו נעורת. אין זה משנה אם הפרשנות הזו משכנעת או לא - מה שחשוב הוא שהשורה הזו ייחודית. אם אי אפשר ליצור שורה זהה מבחינת האמצעים האומנותיים שלה והיחס שלהם לתוכנה, אי אפשר גם להכליל ולומר שכוחה של השורה נובע באופן ישר מאיזשהו חוק פואטי או פסיכולוגי, כיוון שכל תופעה שניתן לשייך לחוקים ניתן לשייך גם לשורה עצמה, שהרי החוקים, או השילוב שלהם, חלים רק פעם אחת. מאותה סיבה גם בלתי אפשרי לערוך ניסוי שיכריע בין שתי האפשרויות, שכן אי אפשר לשנות משהו בשורה בלי לפגום בייחודיותה. אומנם יש עקרונות שעוזרים להסביר את האפקט של השורה, כמו השימוש החוזר באותו שורש או השמירה על המקצב, אבל הם לא מהווים תנאי מספיק לביאורה, והראיה לכך היא שאי אפשר ליצור על פיהם שירים חדשים שיהיו טובים באותה מידה. לו יכולנו להסביר אמצעים אומנותיים בעזרת חוקים, היינו מהנדסים שירים כמו בניינים, באמצעות תכנון מבנה הבית ובחינת היסודות - רק אופן זה מאפשר הבנה של אוסף חוקים. ובאמת, חקר הספרות אינו חלק מהמדעים המדויקים, אבל לא משום שהללו עוסקים במציאות והספרות בדמיון, אלא, בין היתר, מאחר שהמתודה המדעית אינה מכירה בסוג כזה של חד-פעמיות. על כן, הביקורת של יום רלוונטית לכל הפחות לאותם מקרים שבהם הסיבה עשויה להיות נעוצה במקרה המסוים ולא בחוק.

יום גם נדרש באופן כללי לסוגיית ההכללה. החידוש החשוב ביותר שלו בתורת ההיגיון הוא אולי "בעיית האינדוקציה", הנובעת מהטענה שאין הצדקה לוגית להסקת מסקנות מהניסיון. דוגמה לכך היא זריחת השמש: באופן רגיל, אנו מסיקים מכך שהשמש זרחה בכל יום עד כה שהיא תזרח גם מחר. אלא שאנחנו יודעים שיבוא יום שהשמש תבלע את כדור

את המדע המודרני. לעומת הדוגמה הזו מעולם הכימיה, ראוי להעמיד את המתודה ההיסטורית קשה למצוא היסטוריון שחי היום שהתזה שלו נשענת במלואה או אפילו ברובה על חוקים מופשטים שלפיהם מתנהלות חברות, או שמשתמש במושגים שאינם מתארים תכונות ועצמים ברורים, שמעוררים בתורם רושם חושי מובחן. אומנם כשהיסטוריון טוען שעוני הוא גורם מרכזי להגירה היהודית מחוץ לרוסיה בסוף המאה ה-19 הוא נסמך על העיקרון שאנשים שמצבם החומרי מידרדר ביחס לחברה שסביבם יהיו נכונים יותר להגר, אבל לב הניתוח שלו יהיה עמידה על המאפיינים הייחודיים של העוני במקום ובזמן האמורים. עיקר מלאכתו יהיה להראות מדוע התחילה הנדידה בסוף המאה ה-19 ולא בתחילתה, ולא לנסח עקרונות כלליים להגירה. היסטוריון יכול להגיע למסקנות גם אם התפיסה שלו אמפיריציסטית במהותה, כיוון שעבודתו נועדה להצביע על הייחוד של מקום וזמן מסוימים ועל המתאמים בין מאפיינים שונים שלהם. בהתאם, הוא לעד יהיה פחות בטוח שגילה את הסיבה למשהו ממי שחושב שהוא איתר את הרושם הייחודי שהיא יוצרת, וינסה להגיע בדרך של הסקת מסקנות להסבר כמה שיותר מתקבל על הדעת. כמו כן, הוא לא יתיימר לנבא את העתיד, כיוון שהניתוח שלו מתאפיין בהצבעה על סיבות כפי שהן מגולמות בגורמים מסוימים, ועל כן דווקא ככל שהוא מצטיין בעבודתו, היא נעשית פחות בת-הכללה.

אני מאמין שהסיבה להבדל הזה בין כושר ההשגה של מדעים שונים שנוטלים לעצמם נקודת מבט אמפיריציסטית היא שיש באמפיריציזם יסוד של התנגדות לאוניברסליות. תפיסה שמוכנה לקבל רק את הניסיון כמקור לידע חושדת, בהגדרה, בכל ידע שמקורו מחוץ לניסיון, ובכך כלולים מבנים לוגיים שונים, אבל גם כל החוויות שאדם מסוים לא חווה אלא רק נודע לו עליהן "מיד שנייה". ההסתמכות על תפיסותיהם העתיקות של מאות עמים אינה הגיונית עבור מי שמפקפק בתקפות רשמיהם של אחרים. הדוגמה הבולטת ביותר לכך היא חוסר היכולת של

האמפיריציסט להשיב על השאלה: האם לכל בני האדם אותו סוג של נפש? אין לנו אפילו רושם אחד של נפש אחרת, ובכלל לא ברור אם יש לנו רושם של הנפש שלנו, ומכאן שאין לנו ערובה לכך שנפשם של בני העת העתיקה, נניח, לא הייתה שונה בתכלית מזו המודרנית. ליוונים לא הייתה המילה "כחול", ובימי הביניים ציירו בלי חוקי פרספקטיבה. האם סביר יותר שהראשונים פשוט לא יצרו את המילה ושאלו אחד מהאחרונים לא הצליח לחשוב איך לצייר בתלת ממד (אף שהיו להם ציורים מהעת העתיקה שהדגימו כיצד), או שמדובר בסוג מעט שונה של בני אדם? ולפי אותו היגיון, מה מבטיח שעולמם הפנימי של הסובבים אותנו מספיק דומה לשלנו כדי שנוכל להתבסס על התיאורים שלהם? גם כאן, ההנחה הרגילה שלנו היא שישנה אוניברסליות - התפיסות שלנו מספיק עקביות זו ביחס לזו וביחס לעולם כדי שגם המושגים של אנשים שונים יהיו עקביים. אבל זו, כאמור, הנחה לא אמפיריציסטית במובהק, כיוון שאיננה ניתנת להסקה מאף רושם, ועל כן תחומי דעת שנסמכים עליה נדרשים לתת לה צידוק אחר. תחומי הדעת האלו הם בעיקר המדעים המדויקים, כיוון שאלו מנסים למצוא את החוקים הכלליים ביותר של הטבע, חוקים שחלים באותו האופן גם על אטום וגם על גלקסיה. התחומים הללו אכן יצרו לעצמם את הציודים האמורים, ובראשם, כפי שהרחבתי בגיליון הקודם, הטענה שניתן לתאר את המציאות בכלים מתמטיים. מדעי הרוח, לעומתם, שואפים (לפחות כיום) לעמוד על ייחודיותם של שיר, מהפכה, או סרט, ומתאפיינים באפשרות התמידית לעסוק באותם דברים ובאי-האפשרות להכליל ולנבא. אף תחום במדעי הרוח לא מגיע לכדי "פענוח", ובכך נכללות נקודות יסודיות מאוד בפילוסופיה, שעוסקים בהן כבר כ-2500 שנה. לעוסקים בתחום די ברור שאין דרך להסביר את מושאי עיסוקם באופן עקבי מספיק כדי להניח את הדעת, ואולי אין זו גזרה, אלא פשוט חלק מהגדרת תחומי הדעת הללו. האמפיריציזם, כפי שיום מיטיב להבחין, מעדיף אבחנות נקודתיות שמתיימרות לקשר

// דיוויד יום והמדע המודרני מאת נמרוד נקדימון

מהותי אבל לא לסיבתיות, על פני קביעות אוניברסליות שמתיימרות לחוקיות ולהכרחיות. אם כן, למדע היום יש יחס אמביוולנטי ליום, שתורתו מצדדת בהיצמדות לרשמים אך שוללת את אפשרות גילוי של סיבות ודאיות.

נמרוד נקדימון, מלש"ב. למד מדעי הרוח ביאס"א וכתב עבודת גמר על חוש הומור כמידה טובה לפי האתיקה של אריסטו. מתעניין בפילוסופיה יוונית ובספרות רוסית.
nimrod@nakdimon.com

בינתיים בחיפה

קריקטורה מאת יונתן שוקרון



יונתן שוקרון, פקח טיסה בבח"א 28, בוגר מחזור ב' של אלפא ירושלים. כתב עבודת גמר על האדם הדניסובי. מצייר על כל מחברת, דף או משטח ששייכים לו. מתעניין במה שלא שימושי ובעוד כמה שטויות..
jshuqrun@gmail.com

BIBLIOPHILIA

חידה מאת נדב ברגמן

A distant uncle of yours, an obsessive hoarder of books, has passed away. He was always a bit loony, so you were never close, but he left you this envelope. Seems he really was crazy- it's just random bits of nonsense. Or is it?

The Total Library

The fancy or the imagination or the utopia of the Total Library has certain characteristics that are easily confused with virtues. In the first place, it's a wonder how long it took mankind to think of the idea. Certain examples that Aristotle attributes to Democritus and Leucippus clearly prefigure it, but its belated inventor is Gustav Theodor Fechner, and its first exponent, Kurd Lasswitz. (Between Democritus of Abdera and Fechner of Leipzig flow—heavily laden—almost twenty-four centuries of European history.) Its correspondences are well known and varied: it is related to atomism and combinatory analysis, to typography and to chance. In his book *The Race*



נדב ברגמן, משוחרר טרי, בוגר
מחזור א' של אלפא תל-אביב.
מבשל, קורא ובונה חידות בזמנו
הפנוי. אוסף גרביים.
Bergman.nadav@gmail.com



Numbers: Many events that happened to the Israelites on their way to the promised land, including God counting the people, the Spies Debacle, and the Korach uprising.



The Guermentes Way was originally published in two volumes as *le Côté de Guermentes I/II* (Proust, 1920/1921).



"Whatsoever thou doest hereafter aspire unto, thou mayest even now enjoy and possess, if thou doest not envy thyself thine own happiness."



*"Mine eye and heart are at a mortal war,
How to divide the conquest of thy sight..."*



Despite Du Shi's long-standing official career, the Director of Retainers Bao Yong reported that no proper funeral ceremony could be arranged for him, since he was nearly broke when he died. However, the Emperor had an imperial edict made which granted Du a proper funeral ceremony at his commandery residence in the capital, along with silk to pay for the expenditures.

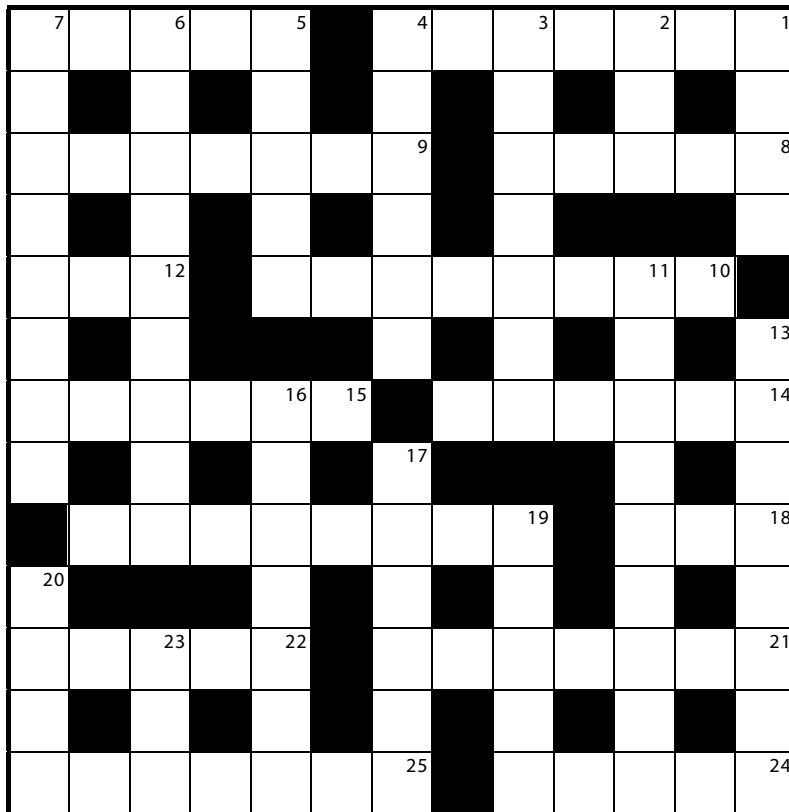
תשבץ היגיון

איתן סטודן וגיא זיטניק

תשבץ היגיון הוא תשבץ שהגדרותיו מנוסחות כחידה. צאו מהקופסה וחשבו על אנגרמות, משחקי מילים, משמעויות כפולות - הכל פתוח! לפניכם מקרא הגדרות:

(מ) - הגדרה הנכתבת בכתיב מלא.
(ש) - הגדרת שמיעה.

(א) - הגדרה הקשורה לרשת אסכולה.
(כ"ח) - הגדרה הנכתבת בכתיב חסר.



מאונך:

1. שמעתי שהוא מעריך, אבל הוא פשוט זקוף על רגליו (ש)(4);
2. זיעה הופכת את תת המקלע (3);
3. המעשייה מספרת על אחד שנוטר ללא משפחה בתל חורבות (4,3);
4. כמו בפיוט שלו, השישה עשר פתחו באש (6);
5. חלבון טוב במידת נפח (5);
6. היא מרכזת שיח פרחוני לאדם מצפון-מערב גרמניה (א)(ש)(5,4);
7. כל חצי בחתיכה שלו נגמר בשבילי, הרכזת! (א)(4,4);
11. שיחקו תופסת וחלו כדי שהיא תתרחש בסערות (5,4);
13. החזר את החרון שהמציא, זו מצווה (4,4);
16. הוא לא הרגיש טוב וזה נופל בחג! (כ"ח)(5,2);
17. הרשת מכניסה וו בגריל ומחזירה ברכת שלום לרהיט ישיבה (א)(6);
19. הוא יתחבר עם קרוב משפחה במושב בארץ (5);
20. ארז טל התפלל... (4);
23. לא ביחד? אז לענף (3).

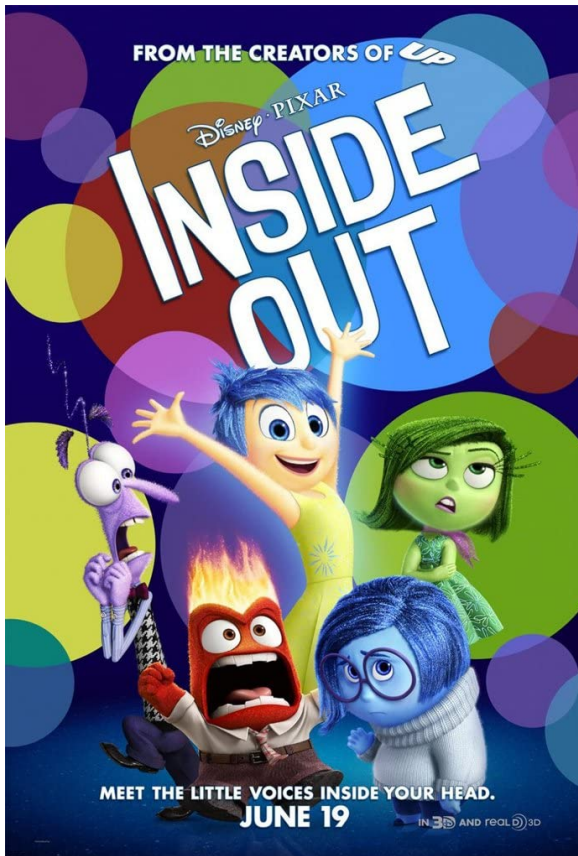
מאוזן:

1. התבונן בערמות ההרס של המתבגר שלך (א)(מ)(3,4);
5. בגין רשע, האיראנים ממשיכים את התוכנית (5);
8. עם "24 מאוזן": מרכז שאפשר לבדוק מידתו, אולם בתוכו חסר כל הזמן (א)(5,5);
9. קבל איחול שגם יכאב (3,4);
10. אסרו תנין שנאפשר בקטסטרופה (א)(4,4);
12. מבשל רצח המוני (3);
14. המשקה הניח את הפרצוף שלה (6);
15. הם הביעו התנגדות שערך ברית מילה ועובר בו זרם (מ)(3,3);
18. קפל בבגד? הפוך, הוא פשוט הגדיל את נפחו! (3);
19. פרופורציה? לפני ההחלפה עוד דיברו כי הסירה חמה (5,3);
21. בדיוק הכבשים שלו באיטליה (7);
22. יסתיר את האור בחוץ ויישאר לישון במשך הלילה (5);
24. ראו "8 מאוזן";
25. הכניסו בחליטת הצמחים קוף והיא החמירה (7).

*פתרון התשבץ בסוף הגיליון

המלצה לסרט "הקול בראש"

מאת עזריה איצקוביץ



חברת פיקסאר (Pixar) נחשבת בעיני רבים לאולפן סרטי האנימציה הטוב בתעשייה. פיקסאר ידועה באיכות הוויזואלית של האנימציה שלה, בפסקולים הנוגעים והמדויקים, בטיב הבימוי, ובעיקר בתסריטים המקוריים והמצוינים שלה. בכל סרט של פיקסאר מאותגרים מחדש גבולות היצירתיות של תסריטאים בתעשייה.

אחד הסרטים הבולטים במקורותם, והאהוב עליי במיוחד, הוא הקול בראש (Inside Out) - סרט זוכה אוסקר משנת 2015, שכתב וביים פיט דוקטר (הבמאי של Up (למעלה), שרבים מחשיבים כסרט הטוב ביותר של פיקסאר).

הגיבורים הראשיים הבלתי שגרתיים של הסרט הם שמחה, עצב, כעס, פחד וגועל - רגשות מואנשים שמתגוררים יחד בראשה של ריילי ומנהלים את חייה. ריילי היא ילדה בת 11 שחווה משבר אישי ובין-אישי בעקבות מעבר דירה. לכל אורך הסרט אנו עוקבים אחר ההרפתקאות שהרגשות עוברים בניסיון לנווט בין האסונות שמתרחשים בעולמה הפנימי, ובמקביל נחשפים לקשיים המורכבים שריילי חווה, ורואים אותם מהזווית המיוחדת שהסרט מעניק לנו.

הסרט מציג בצורה פשוטה ונגישה רעיונות פסיכולוגיים ופילוסופיים מרתקים ומורכבים: התבססותו של מבנה האישיות על רגעים מכוננים, הפרדה מהותית בין רגש לזיכרון, התייחסות לרעיונות כאל משאב מוגבל ועוד ועוד. זהו אומנם סרט אנימציה, אך אל תעזו לומר שמדובר בסרט ילדים! בכל צפייה מחדש בסרט גילית בו רעיונות יפים נוספים, ועם הזמן הגעתי להבנה מעמיקה יותר של התפיסות הפסיכולוגיות שיוצרי הסרט מציגים ומצאתי תובנות רלוונטיות לחיי האישיים. כל זה מגיע כמובן עם כל חבילת הכישרונות של פיקסאר, שסיפקה לנו שוב חוויה קולנועית מרהיבה ומהפנטת. אם לא צפיתם עדיין - שבו לצפות, ואם אתם מכירים את הסרט - אני בטוח שתמצאו בו תובנות חדשות בצפייה הבאה, כלומר הערב.

לתגובות, דעות נגדיות, דיונים וכו' - אנא פנו אלי במייל azzarya.its@gmail.com או בוואטפ 052-5956988.

תשבץ היגיון-פתרון

להלן דוגמאות להגדרות ופתרונן, הלקוחות מפינת התשבץ [בבלוג רבי'מילים](#):
אופרת סבון קיבלה פרס במזל (7)
פתרון: טלנובלה. יש להציב (פרס) נובל בתוך (מזל) טלה: טל - נובל - ה.
מה הטעם להחזיר משהו מלבב? (4)
פתרון: חמוץ. המילה "להחזיר" מרמזת שיש לקרוא "צומח" מהסוף להתחלה.
זה מה שעבר עלייך בחיגוק מקוצר (ש) (6)
פתרון: כוכבית. נשמע כמו: כה חווית.

ט	א	ט	ו	ל		ט	ט	ל	ט	ל	ט	ט
ל		ו		ט		ז		א		ט		ט
ט	ו	ז	א	א	ז	ו		ו	ו	ז	ו	ז
א		ו		ט		ט		ט				ט
ט	ט	ט		ו	ט	ט	ט	ט	ט	ט		
ט		ט				א		ז		ז		ו
ח	ט	ט	ז	ו	ט		ט	ט	ו	ח	ט	ז
ט		ו		ט		ו				ו		ו
	א	ט	ז	ט	ו	ט	ו	ז		ח	ט	ט
ל				ו		ו		ח		ו		ו
ט	ל	א	ז	ו		ח	ט	ו	ט	ט	ז	ז
ו		ו		ט		ט		ז		ט		ט
א	ו	ו	ז	א	ט	ט		ז	ט	א	ו	ז

איתן סטודן, בוגר תואר ראשון לפיזיקה באוניברסיטת תל-אביב, כרגע משרת ביחידת מטמו"ן שבחט"ל. בין היתר גם חובב בלשנות, וסביר להניח שבזמני הפנוי אהיה על המחשב. הרגישו חופשי לפנות אליי: eitanszt@gmail.com

גיא ז'יטניק, לומד לתואר ראשון בהנדסת חשמל ופיזיקה באוניברסיטת תל אביב. אוהב לקרוא ספרים, מתעניין בהיסטוריה ובמיתולוגיות שונות. guyzit6@gmail.com

כתב העת של רשת אסכולה | ספטמבר 2020

עיין ערך:

02

רוצים לקחת חלק בגיליון הבא שלנו?
שלחו את הצעתכם לכתובת המייל:
HaAscolaPaper@gmail.com

ועד אז, שנה טובה!



אסכולה
רשת הבוגרים



מרכז מדעני העתיד
MAIMONIDES FUND