

SOPHIA

06/2012

גיליון מספר 12

כתב עת סטודנטיאלי למדע ולפילוסופיה

זמן

זמן בתורת היחסות, זמן
בשירה, זמן אצל אדם
מדוכא, מהו בכלל זמן?

להבין את

תורת הקוונטים

בלי פופוליזם זול,
בלי מילים מנופחות
עמ' 23-30

מדע על הבר

סיקור מהאירוע הכי
גדול שהפגיש חנויות עם
בירה - עמ' 3-6

דבר העורכת

קוראים יקרים,

דבר עורכת תמיד נראה לי מיותר. מי קורא את זה? כנראה שאתם. אם כבר אתם קוראים, הרי לכם כמה עובדות מעניינות: - על כל ליטר דלק הנצרך בזמן שמיזוג האוויר ברכב עובד ניתן היה לנסוע עוד קרוב לקילומטר אחד. (על כל ליטר זיעה שניגר בזמן שאתם לא מדליקים מזגן אתם מפסידים שלושה שותפים לדלק).

- שערה בודדה משער ראשונו יכולה לשאת משקל של עד שלוש ק"ג (עוד תעסוקה לשיעור).

- שלשולים ודלקת ריאות הורגים 7 מיליון ילדים בשנה (תחי הקפיטריה).

- שיא המהירות אליה הגיע רכב יבשתי הנו 1119 קמ"ש (באר שבע?). - רשת בתי הקפה העולמית "סטארבק" נקראה ע"ש סטארבק, גיבור הרומן הידוע "מובי דיק".

- רוב מה שאדם לומד ב-4 השנים הראשונות בבית הספר יישאר בזיכרונו לכל החיים (למה לא למדתי אלגוריתמים בטרם חובה?). - תאורת העולם מהווה 17% מצריכת החשמל (תאורת האוניברסיטאות בארץ?).

- SOPHIA לפני שלוש שנים היה כתב עת מחלקתי קטן, וכיום מתפרסם לכ-100,000 סטודנטים.

וברצינות, לא היה קל להגיע לזה. המון עבודה, מאות כתבות ששלחתם אלינו, ששלחנו לביקורת, שערכנו, עשרות ראיונות עם מרצים מקדמת המדע, מיילים, שיחות, תקציבים, התאחדות הסטודנטים, והנה, אחרי שלוש שנים ו-11 גיליונות אנחנו כאן לרשותכם.

אז הנו מהגיליון הזה, שילחו אלינו כתבות, מאמרים ביקורות, וכל דבר שיש בו נגיעה למדע או פילוסופיה, ואנחנו נעשה את מירב המאמצים להעשיר את זמנכם הפנוי.

שלכם,

שרון דואק, עורכת SOPHIA

משחק עם הזמן

2

מדע על הבר

6-3

יום שונדמה לו לאדם
כשנה

7

איינשטיין, האיש שהחל
להוציא אותנו מהמטריקס
(חלק 1)

13-9

סטטוס: עכשיו מתאבדת

15

הגיגים

16

כוחה של האמנות

18-17

אומנות סטודנטאלית

20-19

מה מטוס יודע?

22-21

התורה על רגל אחת, תורת
הקוונטים כמובן

30-23

מדור קומיקס

31

המערכת

עורכת: שרון דואק | מפיקה: מיכל דור | צילום: דברת אמסילי ברק, דורון עובד | כותבים: דרור עמדי, סתיו אגמון,

איתן אלחדז, מיכל דור, יעל פינסקר, פזיה מילר, ניר להב, אנה גאיסינסקי, יהונתן חובה, משה שמוחה,

דניאל אראל, אריק קורבסקי, ד"ר יואב קלינברגר | עיצוב ראשי וגרפיקה: דבורה קרמר

תגובות לדוא"ל univ.sophia@gmail.com



תמר דור, שמה אי, שחקר

משחק עם הזמן

דורר עמדי, החוג לפילוסופיה, האוניברסיטה העברית

מעט לעת,
בין ענין לענין
אני משחק שחמט עם הזמן.

יריבי הותיק, סבלני ומסכן
אל פגישותינו מקפיד להגיע בזמן.
בקניץ, ננוח, יצנף כובעו הלבן
ובחרף יתעטף בצעיף שחר ארגמן.
עת יתחולל הקרב כמו על פי הזמנה,
באמתחתי צריחים קדמה צופים מלאי אמונה.
בחדש,
בסכוי
לעתיד משפר.
הוא מנגד לועג צחוקו המר
המקר
(המנכר)
המלכר.

ושוב רצים ספקות על גבי לוח לבי,
ושוב מט לפל
ושוב כלים שבורים
מלכי מתרסק לכל עברי עברי.
מעט לעת,
עת נעשה מענן
אשקר למלכתי
נשמתי,
עוד אגבר על הזמן.

המוח הגברי והמוח הנשי על כוס בירה

מאת: סתיו אגמון, המחלקה לפילוסופיה, אוניברסיטת תל-אביב

מאז שהיא זוכרת את עצמה, ד"ר דבורה יעקבי הצטיינה במקצועות הריאליים, אבל היא לא ראתה בזה אף פעם משהו מוזר. עד שיום אחד בילדותה אמר לה חבר לספסל הלימודים: "דבורל'ה, לא כדאי לך להראות כמה את טובה במתמטיקה, כי אחרת הבנים לא יזמינו אותך לקולנוע", והשאיר את דבורל'ה הילדה תוהה מה לא בסדר בנשיותה.

יעקבי. "גם ההיפותלמוס, שאחראי על הורמוני מין, גדול יותר במוח הגברי ולכן הם בדרך-כלל נחשבים בעלי דחף מיני חזק יותר לעומת הנשים", היא מוסיפה.

הבדל נוסף בין המוחות שמנתה ד"ר יעקבי, נמצא בהיפוקמפוס, האיבר שאחראי על תהליכי זיכרון ועיבוד מידע. מחקרים הראו שאצל נשים לחץ חזק ורגעי משפיע מאוד על תהליכים אלו, בעוד אצל גברים דווקא לחץ מתון אך מתמשך משפיע יותר. ואם נעסוק בהיות הגברים בעלי חוש ניווט מפותח יותר מנשים, נגלה שהסיבה לכך נעוצה בקליפת המוח הקודקודית, שנמצאה יותר גדולה במין הגברי.

למה את בוכה?

בנוסף לכל אלו, ישנם הבדלים כאמור מבחינה ביו-כימית. לדוגמא, המוח הנשי מייצר בדרך כלל רמת סרוטונין נמוכה יותר לעומת המוח הגברי. הפסיכיאטריה מצאה כי רמת סרוטונין גבוהה נקשרת למצב רוח מרומם. לכן, לנשים יש נטייה חזקה יותר לחוש דיכאון. גם רמת הדופמין האחראי על הנאה ושיכוך כאבים, הינה גבוהה לרוב במוח הגברי.

רשימת ההבדלים עוד ארוכה ואין צורך לפרט את כולם כאן. המסר העיקרי אותו ד"ר יעקבי רצתה להעביר הוא שאכן קיימים הבדלים בין המינים מבחינה מדעית, אולם שונות איננה אי-שוויון. הכרה בכך תוביל לחברה אנושית טובה יותר. בנוסף, הכרת הבדלים אלו חשובה מאוד בתחום המדעי שכן היא יכולה להוות בסיס לפיתוחים מדעיים, במיוחד בתחום הרפואה המגדרית שכמעט ולא קיימת. כך, יותאמו טיפולים רפואיים בהתאם למאפיינים הייחודיים של נשים וגברים, בעיקר בכל מה שקשור להתקפי לב ותרופות פסיכיאטריות.

ד"ר דבורה יעקבי היא ביוכימאית, ומטפלת זוגית ומשפחתית. היא חברה במרכז חמד"ע לחינוך מדעי בתל-אביב.

אחרי שנים של מחקר, היום היא כבר יודעת שאין דבר פגום בנשיות שלה. עם זאת, היא גם גס למדה כי בכל זאת ישנם לא מעט הבדלים בין גברים לנשים.

עשרות צעירים הצטופפו בבר "שמפינה" שבתל-אביב בכדי לשמוע את הרצאתה של ד"ר יעקבי על הבדלים אלו, במסגרת אירוע "מדע על הבר" שהתרחש ב-30 באפריל. על רקע האלכוהול והאווירה השמחה ניסתה ד"ר יעקבי לשים קץ אחת ולתמיד לאחת הקושיות שמעסיקות שלל דיסיפלינות מדעיות, פילוסופיות וסוציולוגיות בתחום חקר האדם: **האם באמת גברים ממאדים ונשים מנוגה?**

מתברר שבשביל התשובה אין צורך להרחיק עד לחלל החיצון, והיא נמצאת כאן על פני כדור הארץ. למעשה, התשובה ממש בתוכינו. "מחקרים של שנים הוכיחו עד היום כי אכן יש הבדלים בין מוח של גבר לזה של אישה", סיפרה ד"ר יעקבי. לדבריה, ההבדלים ניכרים כמובן מבחינה תרבותית-חברתית אבל גם במבחינה אנטומית וביו-כימית.

ראשית, מבחינה אנטומית המוח הממוצע של גבר גדול יותר ממוח נשי ממוצע. אבל הרי כבר ברור לכולם שה**גודל לא קובע**. מאחר שהגוף הנשי קטן בהיקפו מהגוף הגברי, כך בהתאם גם היחס למוח. מה שחשוב יותר הוא הקליפה שעוטפת אותו לאורך קיפוליו ופיתוליו. לכן, גם כאשר המוח קטן בגודלו, שטח הפנים של הקליפה יכול להיות גדול מאוד. לאיינשטיין, אגב, לא היה מוח גדול במיוחד, מבחינת הנפח כמובן.

אז מה כן קובע? בשביל לענות על זה יש להעמיק לתוך המוח ולבחון את איבריו השונים. למשל, האמיגדלה, שאחראית על זיהוי איומים, גדולה יותר במוח הגברי. "זה יכול להסביר מדוע תחום אמנויות הלחימה נחשב כגברי", מסבירה ד"ר

ממגדל השן אל תחתית החבית

מאת: איתן אלחדז, סטודנט חופשי, צלם, מבקר תרבות וחובב פילוסופיה מושבע

שגילו את החשמל החליטו לצעוד בשדה לא ידוע - והיום הרבה מן החידושים והמחקר מופנה לשכלול של המצאות שכבר ישנם.

הדבר בולט במיוחד בתחום הרפואה - שם על אף התקציבים האדירים וידע הרב שנצבר, מספר ההמצאות ירד מארבעים לעשרים המצאות בממוצע לשנה ואני מאמין שכך זה יקרה בענף ההייטק עוד כמה שנים". התחום הלוהט במדע לפי פרופ' זייפמן הוא פרויקט הגנום האנושי; "עוד כמה שנים בבדיקה שתערך כחצי שעה ובעלות של כחמישים דולר יהיה לכל אחד מאתנו את מלוא הפרופיל הגנטי שלו. מה יהיו ההשלכות של זה? את זה החברה צריכה לפתור".

מישהו הועז בקהל החליט לציץ: "איך בעצם ניתן לחקור משהו אם לא יודעים מה בדיוק בכוונתנו לחקור - קמים בבוקר ומה אז?" ופרופ' זייפמן השיב בנימה אריסטוטלית משהו- "אנו מנסים להתחקות אחר תופעות שאיננו מבינים, ואולי בעקבות החבנה שלנו אותן, נגלה דברים שישליכו על תחומים אחרים. אתן לך דוגמא: יש לי מדען עכשיו שחוקר את התופעה המדהימה כיצד זה שנמלה אחת היא דבר מאוד טיפש אך צירוף של קן נמלים יוצר חברה מופלאה שמתפקדת בצורה מדויקת להפליא? אני מאמין שפתרון לשאלה הזאת ישליך על תחומים רבים אחרים".

לבסוף הודה פרופ' זייפמן לנוכחים וציין בעניין "אני שמחתי לגלות שיש כאלו שמוכנים להרחיב דעת ואני שמח על ההזדמנות שניתנה לי לרדת ממגדל השן ולשתות אתכם בירה". לחיים.

אתמול בערב (שני) התכנסו להם כמה עשרות בליינים תל אביבים לצד חננות (כמוני) שלא יודעים להבדיל בין ייגר-מאייסטר ליווילד טרק'י כדי לשמוע את נשיא מכון וויצמן פרופ' דניאל זייפמן משוחח בהתלהבות וברצינות על תפקידו של המדען.

"המדען מחפש אחר היופי", ציין זייפמן, אך גם טרח להוסיף מאוחר יותר כי "למדענים יש המון אגו, אחרת לך תבין מאין התשוקה הזאת להתמיד בחקר של דבר מסוים על אף עשרות הכישלונות". כך, בין שוט וודקה לצלחת מזטים, הקשבנו ברוב קשב למדען המלומד.

האם זה סוג של יחסי ציבור מתוחכמים או דרך אקטואלית להביא את בשורת המדע לקהל הרחב, זאת לא אדע, ברם דבר אחד אני יודע: האנשים שהקשיבו להרצאה עשו זאת מתוך חדות הדעת והסקרנות, וזו, הוסיף פרופ' זייפמן, אחת מן המעלות החשובות שהוא בודק כאשר מגיעים אליו מדענים חדשים; "אני בעצם מחפש את אלו שלא יודעים שהם יודעים, אותם אלו שהספק מנקר בהם והסקרנות מבעבעת מתוכם.

אני איני יודע מה תהיה ההמצאה הבאה אך אני די בטוח מיהו האחד שימצא אותה: הוא יהיה אותו אחד בעל סקרנות שידע גם לחשוב מחוץ לקופסה".



ואם ניגש לתוכן דבריו, פרופ' זייפמן ציין פרט מעניין בנוגע להמצאות וחידושים מדעיים: "אם לפני מאתיים שנה כל מה שהיינו מנסים לעשות הוא רק לשכלל את הנרות שהאירו את ביתנו כנראה שלא היינו מגלים את החשמל כי אותם אלו

מדע... סופי? לעת עתה!

מאת: מיכל דור, המחלקה לפילוסופיה, אוניברסיטת תל-אביב

מתברר כי כיום יש חיסונים אוראליים שמטרתם למנוע הידבקות בחידק זה, אמנם אין הם יעילים ב-100%, אך מפחיתים משמעותית את הסיכוי להדבק בחידק.

עובדה נוספת ומשעשעת שצוינה, ללא קשר לסלמונלה, מראה את הגאונות הטבעית של הטבע. מתברר, שנשים מסוגלות להריח דרך ריח הזיעה של המין הגברי לאילו מהם יש מערכת חיסון המתאימה ביותר למערכת החיסון שלהן. נשות ישראל, יכול להיות שעליהן פה על ברייק-ליין חדש לדייטים כושלים. אז כמו בכל הרצאה באוניברסיטה, גם כאן, קם בקהל מתנגד לחיסונים שטען שחיסונים גורמים יותר נזק מתועלת. התשובה שקיבל הייתה עניינית - לעת עתה אין ביסוס מדעי לטענה זו, ונראה כי עד כה חיסונים הצליחו לגרום להיעלמות מחלות, ולכן יש בהם מן התועלת. כשאני חושבת על כך, אכן יש מחלות שנעלמו כליל בזכות אותם חיסונים, כמו מחלת הפוליו שכולנו מכירים מהחיסון בבית הספר היסודי; מאז אותו חיסון, כמות הלוקים בשיתוק ילדים הצטמצמה לאפס ממש. מאידך גיסא, כיום יש מספר לא מבוקר של חוקרים המנסים להוכיח שחיסונים הם אף מקור נזק ולא רק תועלת. הנושא שנוי מאוד במחלוקת. על פי ד"ר חיים רוזנטל, רופא כללי העוסק בהומאופתיה-גישה ברפואה אלטרנטיבית, יש מאות ואלפי תינוקות שנפגעו כתוצאה ממתן חיסון. לטענתו, לעיתים חיסונים יפגעו דווקא במערכת הנמצאת במצב מוחלש בעת מתן החיסון ללא קשר לנתייה המולדת (מתוך אתר האינטרנט של ד"ר חיים רוזנטל).

כמו כל נושא ברפואה, גם נושא החיסונים שנוי במחלוקת וקטונתי מלהכריע עמדה וכנראה שלפני החורף הבא, גם אני אקח חיסון נגד שפעת, למרות זאת, סימני השאלה לגבי יעילות החיסונים לא יעלמו בשל כך, ואולי בעתיד הקרוב המדע יגלה לנו את התשובות הסופיות לגבי כל תחום ותחום, מה נכון ומה לא נכון, אם קיימת בכלל תשובה בעניין.

לסיכום, היה מרתק, סוחף וכל מה שנשאר לי זה לקחת שלוק בירה נוסף ולומר: לחיים!.

למען האמת, אני לא כל כך טיפוס של פאבים ברים ומה שביניהם. אבל כששמעתי על אירוע מדע על הבר, החלטתי לשים קץ לגיקיות התמידית שלי ולפקוד את אחד הברים המקומיים בתל אביב.

בניגוד למה שחשבתי, לא הייתי היחידה בקהל שבאה במטרה להקשיב להרצאה של ד"ר גיא שחר, הבר היה עמוס צעירים, בוגרים וקשישים שברור שלא עברו שם במקרה וקפצו לבירה...

תחת השם "ריקוד המלחמה של המערכת החיסונית", החל ד"ר גיא בהרצאה, כשבמבוא דבריו הסבר על חידק הסלמונלה, אחד מגורמי זיהום מערכת העיכול הנפוצה ביותר, הן בבני אדם והן בבעלי חיים. החידק מצוי במזון, או במים מזוהמים, ולכן למתגוררים באזורים לא מפותחים מבחינת תשתיות יש סיכויים גבוהים יותר להידבק.



צילום: ליאור מצא, שנקר

ננו אהבה

מאת: יעל פינסקר, תואר שני, המחלקה לקולנוע, אוניברסיטת תל-אביב



"הבנת מערכת מורכבת כמו גוף האדם היא קשה" אומר פרופסור ישראל וממשיך, "אולם יש תקווה שבסוף נבין מה זאת אהבה". לזה לא ציפיתי, חשבתי והסתכלתי בפליאה באחותי. הגענו מוכנות נפשית לשמוע מילים כמו הסתברות, מסות, קרינה רדיואקטיבית. מילים שאנחנו משתדלות להדחיק מחיי היום יום שלנו. והנה, אני מוצאת עצמי מהופנטת לדברי הפרופסור, צמאה לשמוע עוד.

מסתבר שגם המסלול לאהבה עובר דרך מולקולות, אותות חשמליים וסט של כימיקלים, בשילוב התודעה והמערכת הרגשית שלנו. איזה יופי, סיננתי לעצמי, הרצאה על מדע ואהבה. מתאים בדיוק לערב האביבי מלא הנחת בגינה של גן מאיר. להפסיק לחלום בהקיץ יעל, מעניין כאן. חזרתי לפרופסור שהסביר איך בוחנים את עולם המדע דרך ניסויים ותצפיות. ואז, משום מקום הציג הפרופסור את שתי המילים שגרמו לי להשאר ערה בלילה, ולחשוב: תורת הקוונטים.

מסתבר שמילות האהבה היו כיסוי לרובד עמוק יותר של ההרצאה: תורת הקוונטים. תורה זו, שכיום מעסיקה את גאוני הדור ברחבי העולם, מוסברת לי כעת על כוס בירה. רק מנמיכה ציפיות...

אז מסתבר שהסביבה שלנו, ולא משנה כמה מבודדת נחשוב שהיא, מלאה ברעשי רקע. כדי להבין מסר מילולי לדוגמה, עלינו להתמקד באדם המדבר ולהפחית את רעשי הרקע. לכן, ברכב למשל, נגביר את הווליום של הרדיו ונתנתק מרעשים אחרים. אותו הדבר חל על עבודה במעבדה פיזיקאלית, ניתן להפריד את האותות לתדרים השונים על מנת לבדד ולהבחין ביניהם. באופן דומה, תורת הקוונטים מאפשרת לנו לבצע תצפיות על העולם, באופן שמתגבר על המגבלות שיש מסביב. הקוואנטים הם מעין מנות של אנרגיה, שדרכם ניתן לחקור את התנהגות החומר או האנרגיה בעולם.

בתוך כך, אחת התכונות של מכניקת הקוונטים היא האופן שבו החלקיק כביכול נמצא בשני מקומות בו זמנית. דוגמא

מפורסמת לעניין היא החתול של שרדינגר: בתיבה אחת יש חתול ומתג האחראי לקפסולה של גז רעיל. באם נירה אלקטרון לכיוון המתג, האם החתול יהיה חי או מת? שאלה טובה שניתן להשיב עליה רק במידה ופותחים את התיבה. כל זמן שהתיבה סגורה החתול כביכול מתקיים בשתי מציאויות. בראשונה הוא הורעל ומת, ואלו בשנייה הוא חי. ההסבר: מיקום האלקטרון בחלל ניתן על-ידי פונקציית הסתברות, ולכן אנחנו לא יכולים בוודאות להגיד אם הוא פגע במתג או לא, אלא רק שיש הסתברות לכך שפגע או לאו.

מסתבר, שמצאו כיום דרך לנצל סופרפוזיציה זו לעיבוד מידע. מחשבים דיגיטליים, משוכללים ככל שיהיו, בנויים על עיקרון בינארי: הסיביות שמבצעות את עיבוד הנתונים יכולות להימצא באחד משני מצבים, אחד או אפס. אחת מתכונות הסיביות הקוונטיות היא היכולת לייצג מידע ולהימצא במספר מצבים באותה עת.

אני מסתכלת לצדדים, כולם יושבים מרותקים, עשרות אנשים, צעירים ברוחם או בגופם, חמושים באופניים וכלבים, יושבים שורות שורות, עם שליש בירה או יין, ומאזינים בשקיקה. אדם נעים הליכות ניסה להנהיר תורה שלמה בשעת שיחה. והאמת, הצליח לו.



יש יום שנדמה לו לאדם כשנה



פזיה מילר מביאה את דבריו של בר רבב על המגפה של המאה ה-21

מאת: פזיה מילר, המחלקה לביולוגיה, האוניברסיטה הפתוחה

עם הפסיכולוגית קל לי יותר ויותר להיזכר וגם לתמצת מה ארע בשבוע שהיה. כך הם פני הדברים כשבשבוע שזורות גם חוויות טובות ואילו החוויות הרעות הנן בעוצמה סבירה ולא בעוצמה מחריבה.

אחת האירוניות המרירות לגבי נושא הזמן הוא התרופות הפסיכיאטריות. אני נוטל תרופות, גם עכשיו. מעבר לתופעות הלוואי וחוסר הבשלות של תחום הפסיכיאטריה בהם אגע בהזדמנות אחרת, לכל התרופות הפסיכיאטריות לוקח כחודש לפעול. חודש! עבור חולה הדיכאון זהו נצח נצחים, אוקיינוס של כאב. כשהרופא הזחוח מדבר על מזור שיגיע עוד כל כך הרבה זמן, ושם זה לא יעבוד, אז ננסה תרופה אחרת אשר גם לה זמן פעולה בן חודש, ואז אולי תרופה אחרת, בשיטת הניסוי וטעיה, הרי שקשה שלא לזעוק בייאוש ותסכול אינסופי על כך שהוא מפקיר אותי לסבול לכל כך הרבה זמן. זה נוראי. באמת."

**הייתם פעם מדוכאים? הזמן עובר אחרת.
הרופאים לא תמיד מבינים את זה. לתרופות
לוקח חודש להשפיע. נצח.**

עד שלא קראתי את הדברים בפוסט הזה, לא נתקלתי בהם במקומות אחרים. אני תוהה אם אנשי מקצוע והסביבה בכלל, מודעים מספיק לחוויה המתוארת כאן. נכון שלפעמים אין ברירה, צריך לחכות, אבל האם "הרופא הזחוח" המדבר עם החולה מבין שיום הוא אינו יום אלא נצח מבחינתו של הסובל מדיכאון? האם התנהלותו היא בהתאם? האם הוא מודע לדחיפות הטיפול עבור החולה? בדרך-כלל לא. עוד יום, פחות יום, עוד שבוע, פחות שבוע. אנשי מקצוע נוהגים למדוד את הזמן בקריטריונים נורמטיביים. איש מקצוע רגיש צריך היה לדעת להיכנס לנעלי המטופל ולראות את הדברים כפי שהם נראים בעיני המטופל, אילוצים הם אילוצים, אך חשוב שלפחות יהיה מודע לחוויתו של המטופל.

"לא כל הימים שווים ולא כל השעות שוות. יש ימים ארוכים ויש קצרים, יש שעות מלאות ויש שדופות. יש יום שנדמה לו לאדם כשנה, ויש שנים שהן בעיניו כימים אחדים. יש רגע שנראה כי לא יסתיים לעולם ויש חיים החולפים כחלום יעוף." (הרב חיים סבתו, בספרו "תיאום-כוונות").

נושא זה, הסובייקטיביות של חווית הזמן, קרוב לליבי מתוך התנסות אישית, ואותו אני בוחרת להעלות בעיתון זה שנושא זמן. ברצוני להתמקד בהשפעותיה של מחלת הדיכאון על חווית הזמן.

לא אכביר במילים משלי, היות ומצאתי מילים נפלאות ומדויקות בפוסט בקפה דה מרקר, בבלוג של בחור מקסים ומוכשר המכונה בשם "בר רבב".

בר סבל מדיכאון קליני, ובבלוג שלו הוא מתאר את התמודדותו. באחד הפוסטים, בשם "התעוררות", הוא מתאר את המציאות האחרת שבה חי אדם הסובל מדיכאון. אחד הפרמטרים שהאדם הדיכאוני חווה אחרת מהאדם הנורמטיבי זהו הזמן. וכך הוא כותב: "זמן בדיכאון חולף אחרת מזמן נורמטיבי. הוא פועם לאט, מזדחל, לא זז. כל שעה היא התמודדות ואילו יום הוא מסע מפרך של מכאובים בלתי נגמרים. בפוסט השני שלי אני מתאר את הכאב הבלתי פוסק של קיום דכאוני. הדבר מוכר לכולנו, שעה בבילוי ושעה בבית חולים נחוות אחרת, אל אף שמדובר באותו פרק זמן. קשה למצוא אינדיקציות ברורות לדיכאון, חומרתו והיצאה ממנו, ואני לא מפסיק לחפש, וכאן נמצא אחד. המפגשים השבועיים עם הפסיכולוגית מתחילים בסקירת אירועי השבוע שהיה. בימי הדיכאון הניסיון להיזכר מה היה בתחילת השבוע משול להיזכרות בתקופה אחרת, זה נראה כל כך מרוחק, עם נהר גועש ועכור של חוויות אפלות והתמודדויות איומות שחלפו מאז. שבוע: כל כך הרבה זמן עבור האדם המדוכא. ואילו עתה, משבוע לשבוע אני מרגיש איך "הזמן מתקצר". פתאום אני מופתע שהשבוע נגמר, ואילו במפגשים

קפיץ של הטבות לסטודנטים



הטבה למחזיקי כרטיס מועדון דלק דיסקאונט סטודנט ולמצטרפים חדשים



והחודש,
חבילת יורו
מפנקת!

גם גרעיני חמניה 200 גרם
וגם פפסי מקס 1.5 ליטר

ב-10 ש"ח בלבד

ובנוסף, אתם מוזמנים להצטרף להתקן תדלוק "דלק דלק"
המאפשר לכם לשלוט בהוצאות וליהנות מאשראי נוסף.

לכרטיסים והצטרפות למועדון דלק דיסקאונט סטודנט 03-6093330 www.nuis.co.il

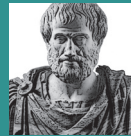
התאחדות
הסטודנטים
בישראל
الاتحاد الطلابي في اسرائيل
NATIONAL UNION OF ISRAELI STUDENTS



ההטבה תתקבל כקופון על גבי הפתקית בתום
התדלוק בין התאריכים 17-30.6.2012 בהעברת
כרטיס מועדון דלק דיסקאונט סטודנט



soda stream™



איינשטיין

האיש שהחל להוציא אותנו מהמטריקס

(חלק 1)

מאת: ניר להב, דוקטורנט, המחלקה לפיסיקה, אוניברסיטת בר-אילן

זהו, זה רשמי, תורת היחסות עמדה במבחן נוסף וחלקיקי הנויטרינו שהיה נראה שסותרים את תורת היחסות ונעים מהר ממהירות האור, לא באמת עושים זאת.

ציווד הניסוי הרופף של הקבוצה האיטלקית שפירסמה את התוצאות הללו. מסתבר שאחד מהכבלים האופטיים של מכשיר ה-GPS, המכשיר שמודד את המיקום והזמן של תנועת חלקיקי הנויטרינו, לא היה מחובר מספיק טוב וברגע שעלו על הבעיה הטכנית הזו וסידרו אותה, נפתרה התעלומה, המדידות חזרו להיות מדויקות ואז הסתבר שחלקיקי הנויטרינו נעים, כצפוי, מתחת למהירות האור.

שיהיה ברור, אין כאן מילה אחת רעה כנגד הצוות שביצע את הניסוי. המדע עובד על ידי הטלת ספק בלתי פוסקת ובדיקת התיאוריות המדעיות בעוד ועוד ניסויים קפדניים יותר ויותר וכך אנו מתקדמים מתיאוריות פחות טובות לתיאוריות שמסבירות בצורה יותר טובה את הטבע סביבנו (ראו להטיל

זהו, זה רשמי, תורת היחסות עמדה במבחן נוסף וחלקיקי הנויטרינו שהיה נראה שסותרים את תורת היחסות ונעים מהר ממהירות האור, לא באמת עושים זאת. עכשיו הגיע הזמן לחזור לאיינשטיין ולראות איזו תיאוריה מהפכנית הוא הציע וכיצד הוא החל להוציא אותנו מהמטריקס לעבר המציאות האמיתית.

אנחנו כל כך אוהבים דברים מסתוריים, איזו התרגשות היתה כשהודיעו שיכול להיות שניסוי הצליח להפר את אחד מהעקרונות החשובים ביותר של תורת היחסות ויש חלקיקים שנעים מהר ממהירות האור. הידיעה הגיע לכל מהדורות החדשות ולכל העיתונים. האם פיסיקה חדשה עומדת בפתח? אז נראה שבינתיים תורת היחסות עומדת יציבה, לעומת

תורת היחסות מראה לנו שגם אנחנו חיים בסוג של מטריקס ואולי, בעקבות ההבנה הזו נוכל גם אנחנו לצאת ממנו.

רוצים לדעת מהו המטריקס שאנו חיים בו? רוצים לקחת את הכדור האדום? תזכרו, כל מה שאני מציע הוא האמת, לא שום דבר אחר. האם יש לך אומץ לצאת אל מחוץ לבועת חיי היום יום הקטנה והאשלייתית שלנו ולנחות ולהבין איפה באמת אנחנו חיים? אם כן, אז אני מזמין אותך להמשיך ולקרוא ואני אנסה להסביר את התובנות של תורת היחסות לגבי טיב המציאות שאנו חיים בה בצורה פשוטה ומובנת.

אלברט אינשטיין הצעיר על רקע המטריקס

דברים מסתוריים מעוררים את הסקרנות שלנו, הם נותנים לנו תקווה למשהו גדול יותר ומעניין יותר מחיי היום יום. דוגמה לדבר אמיתי ומוזר הוא העובדה שמסע בזמן כנראה אפשרי, טכנולוגית אנחנו עדיין לא יודעים איך לבנות מכונת זמן אבל תיאורטית הדבר אפשרי. זה אפשרי בזכות משהו עוד יותר מוזר. כל כך מוזר עד שזה נשמע מופרך, מופרך ובכל זאת אמיתי. כשאנחנו רואים גופים מסביבנו אנחנו רואים וחשים שלושה ממדים - אורך, רוחב וגובה (תסתכלו על אחת מהפינות בתמונה בתחתית הפסקה ותראו שיוצאים מהן בדיוק שלושת הכיוונים הללו). אך מסתבר שזוהי לא כל התמונה כולה ובעצם לעולם שסביבנו יש ארבעה ממדים. משמע הדבר, יש עוד כיוון שאנחנו כלל לא יכולים לראות. חוץ מלהסתכל למעלה, למטה, אחורה, קדימה ולצדדים קיים ממד רביעי נוסף סביבנו אולם אנו איננו יכולים לראותו, וכפי שנראה בהמשך אותו ממד רביעי משפיע השפעה עמוקה עלינו ועל הגופים סביבנו. מכאן המסקנה המוזרה לפיה אנו מסוגלים לראות רק חלק מהמציאות סביבנו. יש עוד רובד נוסף בעולם שקשה לנו לתפוס אותו. אם היינו יכולים לראות את הרובד הזה, העולם שהיינו מגלים היה נראה שונה בהחלט מהעולם שנגלה לנו בעזרת שלושת הממדים המוכרים.

איך יראה העולם כשנסתכל עליו מהמימד הרביעי?

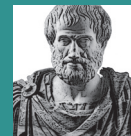
אנחנו לא יכולים אומנם לראות את כיוון המימד הרביעי, אבל אפשר לנסות ולחשוב איך יראה העולם התלת מימדי הרגיל שלנו אם היינו יכולים לראות אותו דרך המימד הרביעי. מכירים את המצב שבו אנחנו מסתכלים מלמעלה על שולחן ובו הולכת לה נמלה קטנה? אפשר לחשוב על הנמלה כאילו היא חייה בעולם דו מימדי של אורך ורוחב - עולם השולחן, ואנחנו מסתכלים עליה מלמעלה מכיוון המימד השלישי, המימד אותו הנמלה כלל לא מכירה. הנמלה המסכנה צריכה ללכת לאורך כל השולחן ואם יש לה מכשולים בדרך היא



ספק כל הדרך אל האמת). הצוות ראה תוצאות מעניינות בניסוי ופירסם זאת והדגיש שצריך להמשיך ולבדוק האם התוצאות נכונות או לא. מדובר במערכות מורכבות מאד ולא פלא שלקח הרבה זמן לעלות על התקלה הטכנית הזו.

גם אינשטיין ידע שתורת היחסות שהוא פיתח היא תיאוריה שתוחלף ביום מן הימים בתיאוריה טובה יותר, שמכילה את התוצאות שתורת היחסות מצליחה לנבא אבל גם מצליחה להסביר תוצאות בהן תורת היחסות נתקעת. כך בעזרת כל תיאוריה אנחנו צוברים עוד ועוד ידע לגבי המציאות שסביבנו ומתקדמים לעבר הבנת הטבע. תורת היחסות של אינשטיין היתה יותר טובה מהמכניקה של ניוטון ולכן החליפה אותה, ובעתיד תורה פיסיקלית חדשה תחליף גם את תורת היחסות.

הידע שצברנו עד עכשיו בזכות התיאוריות הפיסיקליות של ניוטון ושל אינשטיין שינו את חיינו לחלוטין. אך לעומת ניוטון, אלברט אינשטיין הוא הפיסיקאי הראשון שהראה לנו שהמציאות שאנו חיים בה שונה לחלוטין ממה שחשבנו ושהמדע לא רק מסביר את העולם היומיומי שלנו אלא מרחיב אותו ומגלה לנו את סודות המציאות האמיתית בה אנו חיים. לנו, בחיי היום יום יש הרגשה שאנחנו מבינים פחות או יותר איפה אנחנו חיים ומה החוקים ששולטים בטבע, אך אחרי אינשטיין ברור שהמציאות באמת עולה על כל דמיון ובעצם אין לנו מושג מהי. בעזרת הפיסיקה אנחנו מגלים אט אט את החוקים ששולטים במציאות האמיתית שלנו ולכן התיאוריות הפיסיקליות רק ילכו ויהפכו למוזרות יותר ויותר ככל שנחדור לעומק בחקירת הטבע. ההבנות, והטכנולוגיות שנוצרות בעקבותיהן, משנות את תפיסותינו לגבי עצמנו ולגבי מיקומנו ביקום. כמו בסרט "המטריקס", אינשטיין נתן לנו את הכדור האדום, זה שמוציא אותך מהאשליה אל המציאות האמיתית.



זהו נסיון לצייר גרף ארבע מימדי. אנחנו לא באמת יכולים לצייר זאת ולכן נניח ששלושת המימדים שאנחנו כן רואים – אורך, רוחב וגובה, כולם נמצאים במשטח המלבני האפור (ולכן רשמתי שם את תל אביב ואת ירושלים). והמימד הנוסף שחותך אותם למעלה ולמטה הוא המימד הרביעי – מימד הזמן. לאורך המימד הרביעי נמצאים העבר (מאחור), ההווה והעתיד (מקדימה). כדי להבהיר זאת רואים לאורך ציר הזמן

צריכה לעקוף אותם. כמובן שהיא לא יכולה לראות מה יש בתוך המכשולים שבדרכה או בצד השני שלהם, אבל אנחנו מלמעלה רואים את כל השולחן ואת כל המכשולים שיש עליו בבת אחת.

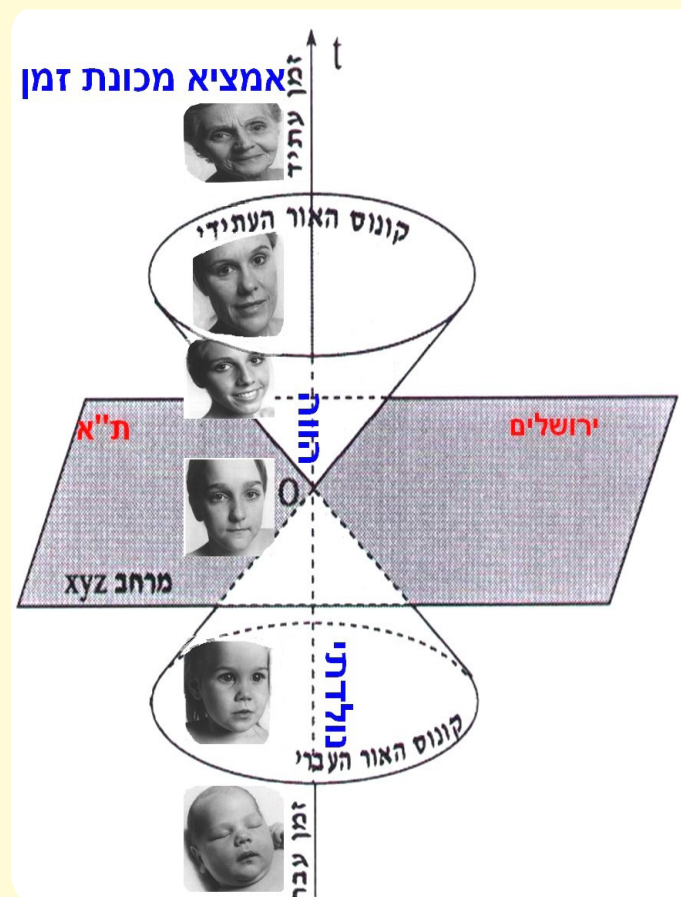
לפי אותו ההגיון, מישהו שיסתכל עלינו מהמימד הרביעי ויראה אותנו יושבים בדירה וקוראים במחשב יוכל לראות את כל הדירה שלנו ואת כל החדרים בבת אחת! אנחנו נהיה בשבילו כמו הנמלים על השולחן. זו אולי החוויה שניסה הצייר מקס קורנליוס אשר להעביר בתמונה הזו שנקראת 'עולם אחר' ובה אנחנו רואים את אותו החדר מכל הכיוונים האפשריים בבת אחת.

האמת שאנחנו כן יכולים לחוש בכיוון הנוסף והמסתורי הזה, אנחנו פשוט לא יכולים לראות אותו או למשש אותו. אנחנו חשים את המימד הרביעי כזמן. התחושה שלנו שיש זמן שעובר היא אשליה. בעצם מדובר בכיוון נוסף או ציר נוסף בו הגופים השונים נמצאים לאורך הציר. כמו שתל אביב ואילת נמצאות במקומות שונים על ציר האורך, כך גם במימד הרביעי אני נמצא כתינוק בנקודה מסויימת בציר, בנקודה אחרת בציר אני כותב את הפוסט הזה ובנקודה נוספת אני כבר בן 70.

נסו לדמיין איך מסבירים לנמלה דו מימדית מהו המימד השלישי שהיא לא מכירה ואז נסו לדמיין מהו הכיוון של המימד הרביעי שאנו לא יכולים לחוש. זו כנראה משימה בלתי אפשרית, אך עדיין מעניינת. למזלנו השפה המתמטית מצליחה לתאר את הטבע בצורה מרשימה ומדוייקת ובעזרתה אנחנו מצליחים להתגבר על המכשולים הביולוגיים שלנו ולהבין בכל זאת איפה באמת אנחנו חיים. כך בעזרת השפה המתמטית איינשטיין תיאר את המימד הרביעי.

תמונות לאורך השנים של אשה בשם מטילדה. הנקודות לאורך המימד הרביעי קיימות במקביל, כמו שתל אביב ואילת קיימות במקביל פשוט במקומות אחרים בציר האורך.

לנו זה נראה כאילו יש זמן שחולף, כאילו היה עבר שנעלם ויהיה עתיד שעוד לא התרחש, אך בעצם הכל כבר "קרה", העבר, ההווה והעתיד. הכל נמצא במקביל במקומות שונים לאורך ציר המימד הרביעי. העבר והעתיד קיימים ברגע זה, אנחנו פשוט לא יכולים לראות אותם, כי אנחנו לא יכולים לראות את המימד הרביעי בו הם נמצאים, אבל הם שם. בדיוק כמו שאני נמצא כרגע באוסטרליה ואני לא יכול לראות את ישראל ובכל זאת היא קיימת כרגע למרות שאני לא שם.



כיצד נראה במימד הרביעי?

אם היינו יכולים לראות את עצמנו לאורך המימד הרביעי - היינו אולי רואים עצמנו "מרוחים" מינקותנו ועד זקנתנו על קו העולם שלנו. לפי תורת היחסות כך באמת הדברים נראים. מה שאנו רואים כעת זוהי אולי אשליה, צל או הטלה של המציאות האמיתית. בתורת היחסות כל חלקיק מתואר לפי קו העולם שלו לאורך ארבעת הממדים שיוצרים את המרחב-זמן בו אנו חיים. ניתן לומר שבתורת היחסות חלקיקים וגופים תלת-ממדיים הוחלפו בקווי עולם שקיימים בארבעת הממדים שקיימים סביבנו. אם היינו רואים את כל ארבעת הממדים היינו רואים יקום "קפוא" ללא שינויים וללא תחושת זמן בו כל הרגעים כבר התרחשו או מתרחשים בו זמנית לאורך הממד הרביעי.

מהו המטריקס שאנו חיים בו?

לפי תורת היחסות יש בו שלושה כיווני מרחב וכיוון זמן אחד והוא נקרא מרחב-זמן. אנחנו קיימים במרחב-זמן בדומה לדמויות המצויירות על נייר. הדמויות קיימות רק על הנייר הדו מימדי ולכן גם הן דו מימדיות ואין להן ממשות מחוץ לנייר בו הן צוירו. כך גם אנחנו "מצויירים" על מרחב-זמן ארבע מימדי. כל העולם, כל הכוכבים, כל היקום - כולם קיימים בתוך המארג הזה שנקרא מרחב-זמן.

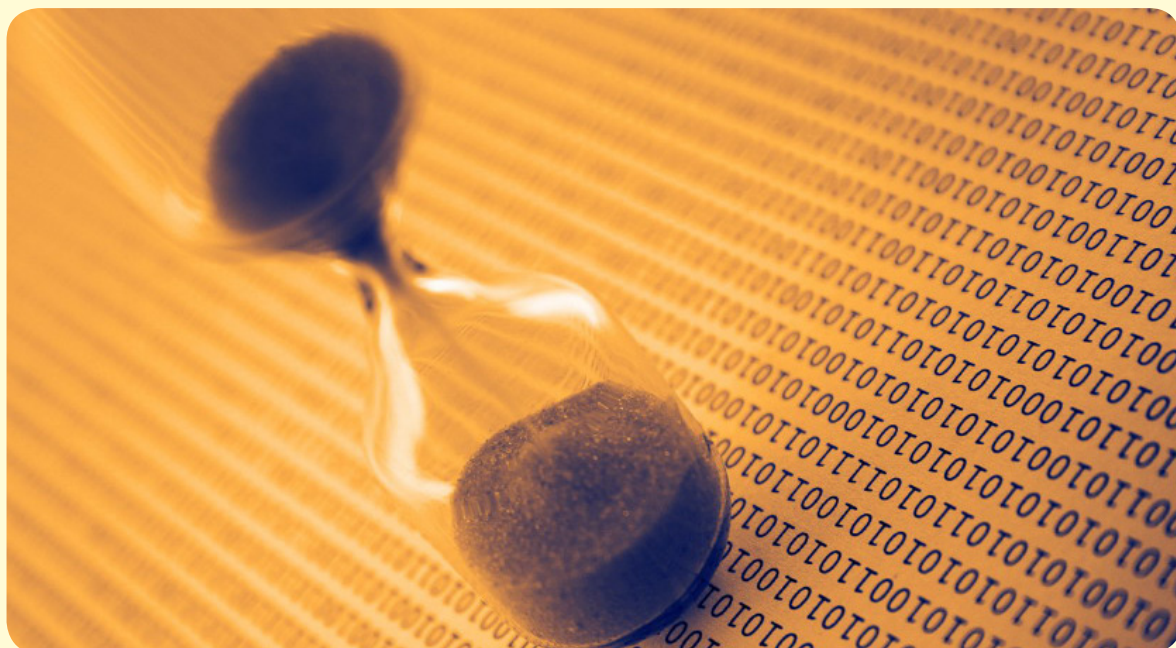
אנחנו יכולים לנוע רק בתחומי המרחב-זמן שלנו ולא ברור כשאנו אומרים שיש משהו מחוץ לדף שלהן אנחנו מניחים שיש מרחב עוד יותר גדול שמכיל את הדף, למשל החדר בו הדף מונח. האם גם מחוץ למרחב-זמן שלנו יש על-מרחב

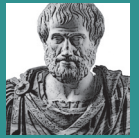
באותה הצורה אני חש רק את ההווה אבל העתיד והעבר גם נמצאים במקומות שונים לאורך ציר המימד הרביעי למרות שאני לא שם ולא חש בהם כרגע (כמו שרואים בגרף המופתי ששרטטתי, תל אביב וירושלים קיימות במקביל בדיוק כמו שמטילדה קיימת במקביל כתינוקת וכאישה מבוגרת במקומות שונים לאורך המימד הרביעי).

האם יש משמעות לשאלה האם יש משהו מחוצה לו. האם לדמויות שלנו שמצויירות על הדף יש ממשות מחוץ לדף, מחוץ למטריקס שלהם?

לכן טענתי שאפשר לנוע בזמן באופן עקרוני. הרי אם העבר והעתיד נמצאים כאן במקביל אלינו לאורך המימד הרביעי, אנחנו "רק" צריכים להבין איך לנוע אחורה או איך לנוע מהר יותר קדימה לאורך המימד הרביעי והופ נגיע לעבר או לעתיד. כיום אין לנו מושג איך לעשות זאת אבל מי יודע מה יקרה בעתיד.

אתם חושבים שיש הווה, עבר ועתיד? אתן חושבות שאתן רואות את העולם כמו שהוא? תחשבו שוב, זו רק אשליה. ועל כך אינשטיין אמר "ההבחנה שלנו בין עבר, הווה ועתיד אינה אלא אשלייה עקשת". ואני מוסיף, הטבע שלנו מדהים ומפתיע כל פעם מחדש!





שם לצאת למעלה אל המימד השלישי המפחיד והלא ידוע. אנלוגיה מצויינת למצב שלנו לגבי המימד הרביעי ובכלל לגבי המציאות האמיתית, שגדולה הרבה יותר מהמציאות היומיומית שאנו מכירים ושונה ממנה. אני אוהב במיוחד את השאלה של היצור אל דוקטור קוונטום "האם אתה אל?" והתשובה שלו – "לא, יש לי רק פרספקטיבה שונה משלך". הפיסיקה נותנת לנו אפשרות להרחיב את הפרספקטיבה שלנו וכמו היצור מהסרטון, להתפתח לכל עבר ולהתמלא בפליאה ומשמעות בכל פעם מחדש.

"אין זה מצחיק? הדבר שאנחנו הכי מפחדים ממנו, הוא המרתק אותנו ביותר"

הכותב הינו דוקטורנט לפיסיקה באוניברסיטת בר אילן, חוקר בתחומי הפיסיקה הלא ליניארית, רשתות וחקר המוח. בעל הבלוג "חופשי ומאושר", ומעביר הרצאות בנושא מדע, פילוסופיה וחברה במסגרת "קסם המדע - הרצאות וקורסים".

שמכיל אותו? האם נוכל לגלות אותו או לצאת אליו? אלו שאלות בהן תורת היחסות לא נוגעת ולכן כרגע עוד אין למדע תשובות לגביהן, עד לתיאוריה הבאה בתור.

אבל זה עוד לא הסוף, בעצם זו רק ההתחלה של ההבנה שלנו את המטריקס שאנו חיים בו, אני בטוח שיש מי שחושבת עכשיו שאולי אני מגזים ושהמרחב-זמן הוא רק מושג שהמצאנו ולא משהו פיסיקלי אמיתי, ובטח יש מי שחושב לעצמו, איך אפשר בכלל לבדוק בניסויים דברים כאלה? אז אפשר לבדוק זאת והמרחב-זמן או המטריקס שלנו הוא ממשי ופיסיקלי בדיוק כמו החומר. כמו שמורפיוס אומר בסרט "המטריקס" לניאו- "אם תבחר את הגלולה האדומה, תשאר בארץ הפלאות ואני אראה לך עד לאיזה עומק ממשיכה מחילת הארנב". אבל דרוש זמן לעכל את כל התובנות הללו ולהבין מה הן אומרות על חיי היום יום שלנו ועל המציאות כמו שהיא באמת.

מי שרוצה להמשיך איתי לעומק מחילת הארנב יצטרך לחכות לפוסט ההמשך שם נראה מדוע המרחב-זמן הוא דבר אמיתי ומה זה אומר, איך בודקים זאת ואיזה עוד תובנות אלברט איינשטיין גילה לגבי המטריקס בו אנו חיים.

קיים ביו טיוב סרטון אנימציה מעולה שמתאר את המדען דוקטור קוונטום שמגיע לשטחלנדיה – עולם דו מימדי בו יש רק אורך ורוחב ללא גובה ומשכנע את אחד מהיצורים

פסטיבל ג'אז בים האדום



30 ביולי – 2 באוגוסט בנמל אילת

מסלול מוזל לסטודנטים:

כניסה ל-8 מופעים * ב-560 ₪ במקום 770 ₪

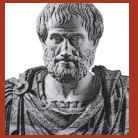
ארבעה ימי פסטיבל תוססים
ומלאי מוסיקה משובחת עם
מופעים של אמני ג'אז מכל
העולם לצד אמנים ישראלים
מובילים כגון:



Kenny Garrett Quintet, Richard Bona
Mandekan Cubano, Christian
McBride Trio, Craig Adams and the

voices of New Orleans, Sean Jones Quintet, YES- omer Avital, Aron Goldberg,
Carmen Souza Quartet, Gilad Hekselman Quartet Feat. Mark Turner,
דודו טסה והכוויתים, רות דולורס וייס, תומר בר טריו ועוד ...

*קבועים מראש ביומיים צמודים, על פי בחירתכם.



עכשיו מתאבדת

מאת: אנה גיאנסניסקי, המחלקה למדעי המוח, אוניברסיטת תל-אביב

ילחש מילים אוהבות ולא מחייבות וימשיך לדרכו כשהוא נותן לה סיבה לחיות. אולי זה יקרה, ואז החיים יקבלו את משמעותם ביום מן הימים. אך עד אז- אין סיבה לחיות, סיבה לקום בבוקר, ללמוד ולקוות.

לעיתים מתעוררת תקווה בלבה כי ישנם אנשים אשר לא בשביל כסף אלא בשביל משמעות החיים, מוצאים שמחת חיים מעזרתם לאחרים ומעבירים אושר הלאה במעגל החיים. הרי אנשים יכולים להיות רגישים- כך היא מקווה. אך לא מאמינה. היא מזמן מהגשר נפלה. לא אל נהר הסוחר בגליו, אלא אל נהר המכוניות שמתחתיו- זאת כי הרי לאף אחד לא באמת אכפת...

ביום רגיל- היא פשוט משותקת, הולכת, עוצמת עיניה בחושך, "אין לך שום ערך"- לעיתים מהרהרת, נועצת עיניה באנשים העוברים.

ואילו אחר כך, אצל הפסיכולוג, כל מגבלות היום-יום נשברות. הכול כה פשוט, כי הוא כמו חברה אמיתית ולא סתם אשליה. לפעמים הוא מפנה לפסיכיאטר הנותן כדורים (לא מרפאים- רק מסממים) שהופכים דיכאון לשמחה- אך השממה עדיין נשארה.

האם דיכאון אכן מחלה? או שמדובר בתופעת לוואי של אופי השגרה?

על כך הפסיכולוג לא יענה, יאמר שעל פילוסוף לחשוב על מענה.

הפסיכולוג מקשיב ומבין- אך בלי לתת עצות, רק מדריך עם ניתוח במחשבות, מדבר איתה בגובה העיניים אבל הוא עדיין זר. למה ציפתה?

הרי שום דבר לא ירפא אותה משממון השגרה. חבר קרוב יכול לומר מכוונה טובה: "תתעמקי בדברים הטובים!"

אבל במה מתעמקים אם אין דברים כאלה בחיים? אפילו העוני, החולי, הרעב ואסונות הטבע במקומות רחוקים, לא שופכים אור על גורלם הטוב יותר של המדוכאים.

הרי לכולם "אכפת מהכול". אך הם לא מבינים כי רכיבי הרכוש החומרי אינם תרופות למכאובי החיים. והנה היא, מהמעמד הבינוני, מה היא שווה ללא הניירות הצבעוניים אליהם כולם שואפים?

הרי אף אחד לא יקשיב לה סתם כך, בלי תמורה נכבדת, 'גורל האחר אינו מעניינינו בלי כיס תופחת בשל כך' בכל זאת ישנם תורמים מהדור הישן, להם יש ערכים והם התעשרו די מזמן.

אך אותם מעניין המעמד הכי נמוך. לגבי המעמד הבינוני - הסיסמה היא: "אם אין אני לי, מי לי?".

כך עוברים יום ויומיים, שנה ושנתיים, יעברו המאות והאלפים-

והכול אותו דבר אצל כל האנשים. אז מה הטעם בחיים על פרוזאק או על תרופות כימיות אחרות?

גם ככה אף אחד לא יקח אותה אל חיקו, יחבק בלי אינטרסים והגדרות,

ההחלטה שלי לשנה החדשה:

לחיות כל יום כאילו זה היום האחרון שלי!

הו לא,

אני הולך למות, אני הולך למות
אני הולך למות, אני הולך למות
אני הולך למות, אני הולך למות
אני הולך למות, אני הולך למות
אני הולך למות, אני הולך למות...



באדיבות אתר הקומיקסים "הו-לא" - www.ho-lo.co.il



העולם הפוך

העולם איננו הפוך. הוא כפי שהוא. הוא אחיד ושלם, מוחלט ומכיל, מוכל ומלא. הוא העדר כל העדר. זמניותו וסופיותו אינן אלא חגיגת נצחיותו וצהלת אלמותו. אך הזמניות מבלבלת. היא מתעתעת ומבעבעת, מעלה מיצי קיבה. איננה מורגשת ברוח אך מותירה חריכות בבשר. והבשר: הבשר הוא נחלתה של הרוח, בו היא דרה בעל-כורחה, מתוך הכרחיות הדברים, מתוך הכרחיותו של השלם, של המוחלט, של העדר ההעדר. כשם שאסיר - עולם תולה תקוותו בקרן שמש המבצבצת מחלון תאו, כך תולה הנפש את עצמה, את מהותה, על חלונות הבשר. תולה, מתייבשת ונמקה, צחיחה דלוחה ומתפוררת.

ובכך מתהפך לו עולם. עולם בשרי-זמני החרד על קיומו, אוחז בצפורני דמו בכל טלאי צהוב או אדום או שחור. אוחז בכל סנה בוער, בכל רוח-לא-רוח, בכל מצפון מבכה על מצפון, ומוסר המצדיק את יורשו. והרוח: מתוך הסופיות והמסכנות מגדירה היא את קיומה? מתוך ההעדר, מעלה עצמה לעולה? היא מתהפכת בתוך בשרה ובכך הופכת עולמה.

מה היא הנפש אם לא ההבנה בעצמה? מדוע מעדיפה את, את שירו של הטבוע, ולא את שירו של הטובע? אינך ממלכה בתוך מדוע אינך רואה בבואתך בנצחיותך? מדוע מעדיפה את, ממלכת כל הממלכות!

ממלכה, אני אומר, אלא את-את הממלכה בעצמה, אמר מורי-רבי. ובכך לימד את ה-אני על תלותו ב'עצמי'. אך כדרכה של "כל דבר מעולה הוא קשה, כשם שהנו נדיר" אמר מורי-רבי. המוסר נגלה כתכליתו שלו בעצמו, למען עצמו ולשם עצמו. אמת יפה מטפחת ומיטיבה, הקושי הוא אבוקת הקיום והמוסר הוא דריסת רגלה של המהות. ועל-כן, התבונה היא מצפן הנפש, הקושי הוא אבוקת הקיום והמוסר הוא דריסת רגלה של המהות. הקטע נכתב בהשראת הפילוסופיה של שפינוזה

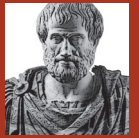
לוטס סקוואי

יהונתן חובה, החוג לפילוסופיה, אוניברסיטת תל-אביב

אני חושב משמע אני קיים גם בעולם העסקי

בנוף הטכנולוגי המשתנה של היום, האמרה המפורסמת של דקארט "אני חושב, משמע אני קיים" נראה רלוונטי מתמיד. בנוסף לממד האונטולוגי שדקארט כיוון אליו, ניתן להבין את הקביעה העמוקה הזו במובן יותר מעשי: חוסר מחשבה פירושו הפסקת קיום, אם כפרט ואם כחברה. חברות ענק כמו נוקיה מקרטעות ועתידן לוט בערפל מכיוון שלא המציאו את עצמן מחדש וסמכו על זרי הדפנה המתעתעים של הצלחות העבר. אמנם דקארט התכוון לכל מחשבה שהיא, אולם אם ניקח את דבריו לכיוון המחשבה המקורית, היצירתית, ההמצאתית, אזי ש"אני חושב משמע אני קיים" משקף את המציאות העסקית האידיאלית השוררת כיום.

משה שמוחה, המחלקה לפילוסופיה האוניברסיטה הפתוחה



כוחה של האמנות

אומנות יכולה לגרום לנו לצחוק ולבכות, להתרגש או לפחד, וזאת בזמן שבמציאות אין חוויה ממשית שתהווה סיבה לרגשות אלו. מהו אם כן כוחה של האמנות עלינו? כיצד היא יוצרת בנו תחושות נפלאות אלו, והאם זו הדרך היחידה לחוות רגשות גם ללא מקור במציאות.

מאת: דניאל אראל, שנה ג' אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

כאב זו או מדמיינים אותה. כך טען הפילוסוף הסקוטי דייוויד יום בספרו משנת 1748 "מחקר בדבר בינת האדם". לדידו זיכרונות, דימויות ומחשבות על אודות דברים עשויות רק לחקות או להעתיק את תפיסות החושים כפי שקרו בפועל, אך לעולם אין הן מגיעות לאותה עוצמה וחיות של התחושות המקוריות. חברי יכול לספר לי כל פרט שיחפוץ על אהבתו לאישתו, תיאור מלא ומפולפל של כל הרגשותיו, מאוויו, מחשבותיו ותחושותיו, ואני אדע למה הוא מתכוון. אך כמובן

יש הסוברים כי חווייתנו מיצירת אמנות כלשהי, השונה במהותה מהחוויה הטבעית של החיים היומיומיים. הם טוענים כי החיים, מה שקורה בפועל, הם "הדבר האמיתי". אותם חיים הם נטולי מושגי אנושיים, ולפיכך, נטולי סמליות, מוטיבים, מסרים או תכליות. והאמנות? האמנות מנסה להציג ולייצג את העולם, לתפוס משהו, שבריר קטן מן המציאות, להלחם, לקבל, להסכים או לא, ומעל הכל ליצוק בו משמעויות אין-סוף.



אביב



קיץ

מהו, אם כן, כוחה של יצירת אמנות? כיצד היא משפיעה עלינו? מה היא עושה שגורם לנו להתפעל אל מול יופיה, להתרגש ולהתפעם, מפיסת בד, מקטע מוזיקלי, מגוש חומר או ממילים סדורות על דף? כיצד היא יוצרת בנו רגש גם ללא קיומו של מצב המקביל אליה בחיינו האישיים?

קיים הבדל ניכר בין שאנו מרגישים דבר-מה בפועל, למשל כאב, לבין שאנו נזכרים בתחושת

"האם כל מחשבה שלנו אודות הרגשות והתחושות שחווינו בעבר נידונה להיות רק חיקוי חיוור של אותו מושג? אולי לא תמיד. כאן נכנסת לתמונה האמנות"

שלעולם לא אתבלבל בין הבנה חיוורת זו לבין סערת הרוחות הממשית שעוברת עליו; שכן, כפי שטען יום, גם המחשבה מלאת החיים ביותר הנה נחותה אף ביחס לתחושה הקהה ביותר. יום קורא לתפיסות רוח עמומות אלו "מחשבות" או "מושגים", ולתחושות מלאות החיים והעוז המגיעות אלינו מן החושים הוא קורא "רשמים".

אך האם זהו תמיד המצב? האם כל מחשבה שלנו אודות הרגשות והתחושות שחווינו בעבר נידונה להיות רק חיקוי חיוור של אותו מושג? אולי לא תמיד. כאן נכנסת לתמונה האמנות היפה- ציורים, שירים, פסלים, שירה, מחזות וכל עבודה פרי עמלו של האדם, היוצרת הנאה אסתטית. יצירת אמנות שוכנת בין "מושג" לבין "רושם", בין מחשבה דהויה לבין התפיסה החושית המקורית.

ציור יפה בעינינו הוא כזה מכיוון שבכוחו לתת לנו תחושת חיות עוצמתית, כזו אשר מקרבת אותנו לחוויה ממשית של הרגש המתואר בו, הרבה יותר מסתם מחשבה עליו. סרט רומנטי משובח גורם לנו להתמסר אליו לחלוטין, לשכוח

שאנו ישובים בסלון בבגדים של אתמול וכמעט, כמעט, להרגיש אהבה. שיר הוא בדיוק הדבר שיכול לרגש אותנו יותר ממחשבה בעלת אותו תוכן- להגביר את "המושג" לרמה של "רושם". לא פעם אני חש צמרמורת- זיק של התרגשות ממש (וצורך עז לשתף בחוויה את כל מי שנקרה בדרכי)- כשאני שומע שיר אהוב. הוא מצליח לגעת בי, לגרום לי לחוויה כמעט מציאותית ולא פעם לתת אף תחושה של התרוממות רוח. הוא מגביר את "המושג" לרמה של "רושם", וכל זאת דווקא באמצעות מושגים אנושיים- על ידי מוטיבים וסמלים, מסרים ותכליות, ולמרות שהמצב בו בדרך כלל עולה הרושם לא בהכרח מתקיים.

ראשנו מלא מחשבות ללא הרף, ללא הפסקה וללא מנוחה. אך שאנו באמת מקשיבים למוזיקה, לדוגמא, אנו נסחפים, מתנתקים קצת מרצף המחשבות הבלתי פוסק שלנו ולרגע מתחברים למה שחשב האמן. הוא מרגיש בשבלנו, הוא חווה בשבלנו, ולכן אנו רבות 'מאבדים את עצמנו' ביצירת אמנות ומתמסרים לה; מתרגשים מבלייל התחושות שדרך התהוותה היצירה מצד אחד, וחווים שקט נפשי עקב העברת הפיקוד למישהו אחר מצד שני.

יצירה היא יפה, כי לרגע אנו מצליחים להיות מעבר ל"מושג", מעבר למחשבה אודות החוויה, הפעילות או הרגש אשר פעמו בנו בכזו עוצמה. אנחנו נסחפים, "מתרשמים" מהרגש שהאמן עצמו חווה. אם להשתמש בשפתו של יום, יצירה משפיעה על נפשנו כשהיא מצליחה ליצור בנו רושם באמצעות מושגים בלבד.

אני מוצא את עצמי רבות מצומרר משיר, מעורער מסרט ושללו מקריאת ספר. לדעתי אומנות היא חוויה משל עצמה, ושהיא טובה, היא לא פחותה בעוצמתה מהתאהבות אמתית, או מטיול בשקיעה. כי בסופו של דבר, הכל הינו מעשה אומנות, בין אם מדובר במעשי ידי הטבע, ובין אם בידיו של אדם.



סתיו



חורף

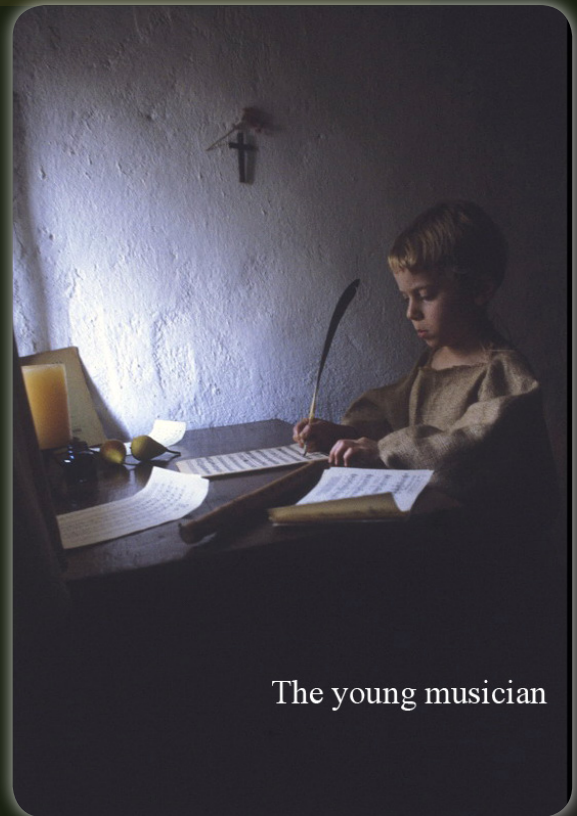
אומנות סטודנטית



לפנינו צילומים המדברים על זמן בתקופה אחרת.
הצלמת דברת אמסילי ברק מתארת בצילומים מרשימים באמצעות בני משפחה פנלזיה
של חיים במאה ה-17 באירופה, תוך אדפציה של סצנות נוצריות. המודלים הם בני משפחה
ונזירות אמיתיות.
כל אחת מהדמויות מתארת עולם שלם שונה לחלוטין מעולמנו העכשווי ושואבת אותנו לתוך
עולמה. הזמן מקיים מציאות אחרת לכל תקופה.



The young painter



The young musician



The meal



הצלמת דורון עובד, בוגרת המחלקה לצילום 2011, המרכז האקדמאי ויצו, חיפה
בעבודתה: With the time



With the time
הטבע במהלך הזמן





מה מטוס יודע?

מאת: אריק קורבסקי, המחלקה למדעי קוגניציה ופסיכולוגיה, האוניברסיטה הפתוחה

דמיינו מטוס במצב "טייס אוטומטי" שעושה סיבוב מסביב לכדור הארץ. המטוס הזה הינו עצמאי ומכוון על ידי מנגנונים פנימיים. חישנים שונים מודדים את כל הפרמטרים הרלוואנטיים של הסביבה ושל מצב הפנימי הנוכחי.

שינוי במבנה. נקודה חשובה בנקודת מבט ביולוגית זו על אפיסטימולוגיה היא שמערכות ביולוגיות (כולל בני אדם) אינן מחזיקות בייצוגים של הסביבה כמו במודל הקלאסי של קוגניציה, בה העולם כאילו משתקף בתוך נפשו של ייצור חי. אינטרקציות של מערכת ביולוגית עם הסביבה מארגנות את ההתנהגות של אותה מערכת. מערכות ביולוגיות הינן מערכות סגורות ובעלות ייחוס עצמי (Self-referent), כלומר מכוונות לחיזוק הקשרים הפנימיים ושלמות של המערכת. כיצד מערכת זו יכולה "לייצג" או "לשקף" משהו שהוא לא חלק ממנה? לרגע נדמה שיש מסתורין נלווה. בהחלט לא כך הדבר. הסביבה במובן מסויים "לוחצת" על המערכת וגורמת לה להגיב בצורה שתשמור על שלמותה ועל זהותה, בדיוק כמו במקרה של מטוס שבהתאם לשינויים בלחץ אוויר משנה את התנהגותו, אין הוא מייצג על ידי כך שום דבר מהעולם החיצוני, למרות שאפשר לדעת על ה"לחץ" הזה של הסביבה לפי נתונים בצג הטייס.

כל מה שקיים בסביבה אינו רלוונטי להמשך הטיסה אינו קיים עבור מטוס זה. גם במידה והחיישנים יחלו לעבוד בעוצמה חזקה פי מיליון, המטוס עדיין לא יהיה "מודע" למוסיקה שמתנגנת בתא הטייס או למגדל אייפל שעבר לפני רגע. כל אלה הם לא חלק מה"עולם שלו". איך נראה העולם של מטוס זה? סך כל הנתונים שמופיעים על הצגים שלו.

דוגמא זאת הוצעה על ידי אומברטו מטרנאנה, הביולוג הידוע שעסק הרבה באפיסטימולוגיה של מערכות ביולוגיות יחד עם תלמידו פרנציסקו וארלה. הדוגמא משקפת איך מבנה פנימי של מערכת ביולוגית וסוג האינטרקציות עם הסביבה שמבנה זה קובע יוצרים את ה"נישה הקוגניטיבית" של אותה מערכת, או בפשטות את עולמה כפי שהיא מכירה אותו. כל ההיבטים בעולם שאינם מתאימים לאינטרקציות האפשריות של המערכת פשוט אינם קיימים עבורה, אין למערכת שום מגע עם וגם לא יכול להיות. אי אפשר על ידי שדרוג החלקים הקיימים של מטוס לגרום לו לשמוע מוסיקה, ידרש לכך

התבנית של סוג מסוים של אינטרקציות שיש לנו עם העולם. אבל מה קורה למשל אם המבנה הפנימי שלנו משתנה מהותית? לפי מטוראנה שינויים מבניים (שלא מפריס את האחדות של המערכת) יכולים לגרום ליצירת סוגי אינטרקציות חדשות עם הסביבה. יכול להיות שבאור הפרדיגמה החדשה הזאת יש הרבה דברים במדע שכדאי לבחון אותם מחדש.

גם המרחק בין מדע למסורות מיסטיות, שמדברות על התפתחות האדם ועל שינויים מהותיים בתודעתו, שמן הסתם כרוכים בשינויים נוירו-פיזיולוגיים ואולי אף ביו-כימיים הגוררים "ידע מסוג אחר", אותו מרחק לפתע קטן מאוד, והרי אמרנו ששינוי ביולוגי גורר סוגי אינטרקציות חדשים עם הסביבה.

נקודה אחרונה למחשבה – גם צורת התאור הביולוגי של חיים

פיתוחים מאוחרים יותר של קו אפיסטימולוגי-מדעי זה מתבטאים במדעי הקוגניציה המודרניים. למשל ניסויים בתחום של בינה מלאכותית מראים איך תוכנה בעלת מבנה פנימי מסויים שנזרקת לתוך עולם וירטואלי כאוטי "יוצרת" עולם מסודר בעל חוקים ברורים עבורה. החוקים האלו הם אמיתיים עבור אותה תוכנה ושום דבר מחוץ לעולם הזה לא קיים עבורה. אם זאת אנחנו מהצד יודעים שהסביבה שהיא "באמת" נמצאת בה היא כאוס כמעט מוחלטת.

דוגמא אחרונה מראה שלא רק שיש המון "דברים" בעולם שאנחנו לא מסוגלים לבוא איתם במגע (אולי אינסוף) אלא שגם הדברים הקיימים בעולמנו "מסודרים" בהתאם למבנה פנימי שלנו, עוד לפני אפילו שניגשנו לפירוש הנתונים ובניה של כל תיאוריה מדעית. אותם חוקי הטבע שאנחנו חוקרים הם לא חוקי הטבע במובן אובייקטיבי שמנותק מאותנו, אין



סאיה, המזכירה הרובוטית של אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

וכל מה שאמרתי כאן לא מהווים איזה שהוא מתא-מודל אובייקטיבי אלא משקפים את המבנה הפנימי שלנו (יהיה אשר שיהיה), את הצורה שבה אנחנו רואים את עצמינו. האם ניתן לנסח או אף לעלות בדמיונו מודל אובייקטיבי שיתאר את המציאות כפי שהיא באמת ולא כפי שהיא נראת לנו? כאן אני נזכר במשפטו של ויטגנשטיין מתוך ה"טרקטאטוס לוגי-פילוסופי" – "על מה שאי אפשר לדבר, לגביו יש לשתוק."

גם הם חוקים של הנפש שלנו עצמנו. החלוקה לחיצוני-פנימי מפסיקה להיות בעלת משמעות במובן הזה. החוקים שאנחנו מגלים כביכול בעולם אומרים יותר על עצמנו מאשר על העולם כפי שהוא.

ניקח כדוגמא את הפיזיקה. אינני רוצה להגיד שהיא אינה נכונה, אלא שהיא נכונה מאוד במובן שהיא מתארת טוב את

תורת הקוונטים

מאת: ד"ר יואב קלינברגר

הערת העורכת: כשראיתי את המסמך החצוף הזה מסתובב בין סטודנטים, אמרתי: זה בדיוק בשביל קוראי SOPHIA, אמיתי מדויק וישיר, בלי התנצלויות, בלי ניפוחים, פשוט טוב, עובדתי ומעשיר. תהנו.

ההיסטוריה, או של המשמעויות המהפכניות של התיאוריה הזו. את אלה הקורא יכול למצוא בשפע בספרות הפופולרית. מה שיש כאן שאין שם זה תיאור מדויק יותר, ומודרני יותר של מה שפיזיקאים באמת עושים. זו גם הזדמנות טובה להתעכב על שמו של הספר של פיינמן, "התאוריה המוזרה של אור וחומר", ולהבהיר מה הכוונה במילה "תיאוריה". בציבור הרחב "תיאוריה" משמשת בביטוי "זה רק תיאוריה", כלומר דבר-מה שאין להסתמך עליו יותר מדי. במדע "תיאוריה" משמשת באופן שונה, כקיצור של הביטוי "תיאוריה מדעית".

תיאוריה מדעית

ובכן, מהי "תיאוריה מדעית"? תיאוריה מדעית היא אוסף של עקרונות וכללים, בדרך כלל בצורת משוואות, שלפיהם לכאורה מתנהג הטבע. "הטבע" הוא כל מה שסביבנו. כלומר לא הכוונה כאן רק לעצים ואבנים אלא גם לשולחן, מטוס, מחשב, בן-אדם. מדע הפיזיקה עוסק בכל מה שיש מסביב.

תיאוריה מדעית טובה מקיימת את התכונות הבאות:

מטרת המסמך הזה היא לתת לציבור הרחב ידע מדויק על תורת הקוונטים, על מנת לסייע לו להתגונן בפני טענות שמושמעות חדשות לבקרים על-ידי הוגים "רוחניים" למיניהם, בין אם מדובר בפנג שוי, בתורת הקבלה, או במטיפי דת, או הסרט what the bleep do we know?, או אדם שמנסה לתת לקהל רושם, כאילו תורת הקוונטים מגבה את ההצהרות שלו. לפיכך, בפעם הבאה שזה יקרה לכם, חישבו על מה שקראתם במאמר הזה, ותשאלו את עצמכם (בצדק) "אבל מה הקשר לקוונטים בעצם?"

אנו נעסוק כאן ב"מכניקת הקוונטים", שלעיתים גם קוראים לה "תורת הקוונטים". ספרים רבים נכתבו בנסיון להציג את מכניקת הקוונטים לקהל הרחב. מבין אלה שאני קראתי, יש רק ספר אחד שבאמת ניסה לתת הצגה נאמנה למקור, ולא "למרוח" את הקורא בכל מיני משפטים פנטסטיים, וזהו ספרו של הפיזיקאי חתן פרס-הנובל, ריצ'רד פיינמן "התאוריה המוזרה של אור וחומר". אני אנסה להתבסס על הגישה שלו, כדי להבהיר לקורא במה באמת מדובר, אם כי אסטה מעט מהדרך שהוא התווה, משום שאני מבקש להבהיר מושגים מתמטיים מסויימים.

התיאור שלי של מכניקת הקוונטים יהיה קצר ויבש, ומטרתו בעיקר לשמש מין "מילון" שמתרגם מעולמם של הפיזיקאים אל עולמו של הקורא. לא תהיה כאן סקירה מעמיקה של

של עשירית שנייה, אולי היא כבר לא עושה את העבודה. מאחר שאנו לא יודעים מה יהיה בעתיד, למעשה לא ניתן "להוכיח" מדעית שום דבר, במובן של הוכחה מתמטית מוחלטת.

הנקודה זאת חשובה מאוד. היא אומרת לנו שלמרות שלעולם לא נדע שתיאוריה מדעית "צודקת", הרי שאפשר לפחות לדעת שהיא טובה! ההתקדמות המדעית במידה רבה היא ביטול טעויות שהאמנו בהן בעבר, והקמת תיאוריות חדשות, עד שתתגלה הטעות הבאה. בדרך זו אנו מקווים שאנו

1. היא מסבירה מספר גדול מאוד של עובדות. הכוונה ב"הסבר" כאן היא, שאם אני מקבל את התיאוריה כנכונה, אז ברור לי למה העובדות הן כפי שהן. למשל, המכניקה של ניוטון יכולה להסביר מדוע מטוטלת מתנדנדת מצד לצד בדיוק באופן שבו היא מתנדנדת, מדוע מטוס לא נופל, מדוע ציר הסיבוב של כדור-הארץ מסתובב אף הוא, וכולי.

2. היא מסוגלת לנבא עובדות חדשות, כך שיהיה אפשר לבדוק את הניבוי בניסוי או בתצפיות. למשל, על פי המכניקה של ניוטון ותיאוריות הגרביטציה שלו, ניתן לחשב מראש את הזמן המדויק והמקום של כל ליקויי החמה בעשר השנים הקרובות (זה הניבוי), וכמו כן ניתן לרשום האם באמת בסופו של דבר היה ליקוי חמה (זו הבדיקה).

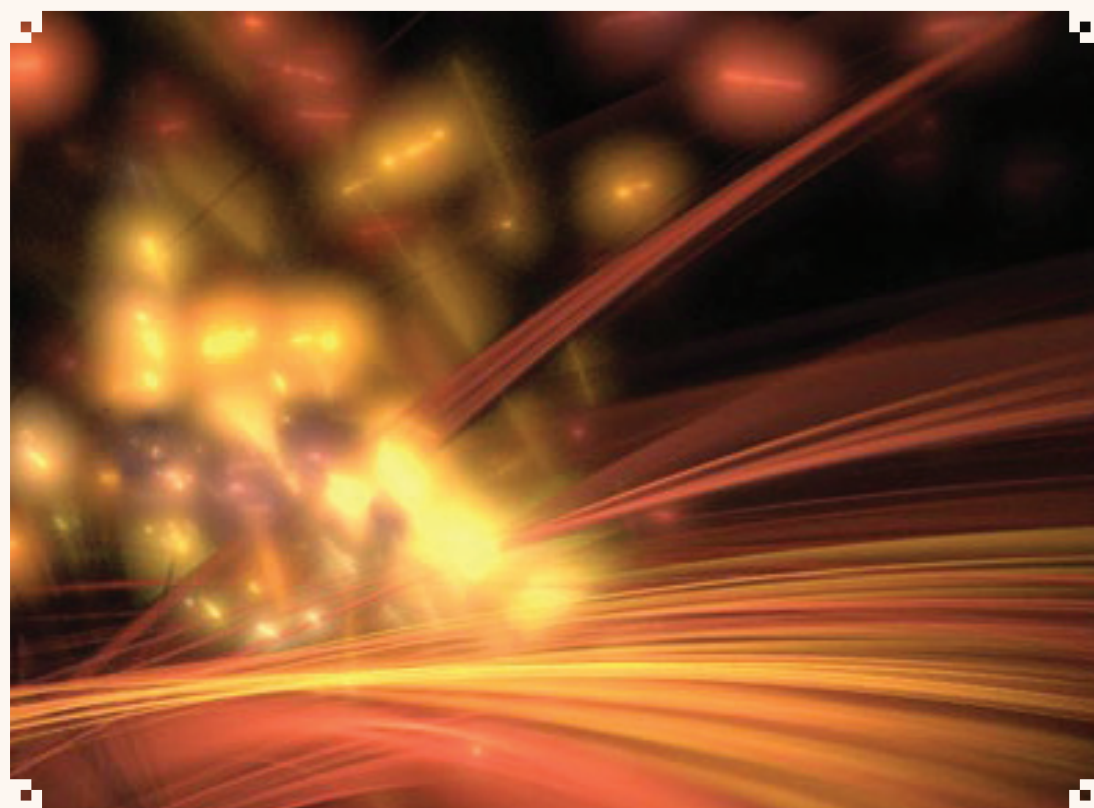
3. ניתן עקרונית להפריך אותה ע"י ניסוי או תצפיות.

נמשיך עם הדוגמא הקודמת: אם מחשבים את הפרטים של ליקויי החמה הצפויים ברמת דיוק של דקה, ובמשך אותה דקה אין ליקוי חמה בסופו של דבר, הרי שאנו שטעינו בחישוב, או

שהתיאוריה של ניוטון לא נכונה. אם יצטבר גוף משמעותי של ראיות מהסוג הזה, לא היה מנוס מלסייג את התיאוריה של ניוטון או אפילו לזנוח אותה.

אוקיי, סטופ. אני יודע שבדרך כלל תופסים את המדע כמשהו ש"מוכיח" דברים, ולא כמשהו שניתן להפריך אותו. זה לא מדויק:

ההבדל בין המדע לבין עיסוקים אחרים הוא שהמדע אמנם "יודע" דברים מסויימים, אבל הוא תמיד יודע עד איזו רמה של דיוק הוא יודע אותם, כלומר אנו יודעים שהמכניקה של ניוטון מנבאת בהצלחה ליקויי חמה בדיוק של דקה. בדיוק



מתקדמים לקראת משהו נכון. בצורה זו המדע התקדם שנים. תיאוריות מועלות ומופרכות, והטובות שבהן מחזיקות מעמד ומשתכללות. אם, למשל כמו במקרה של המכניקה הניוטונית, תיאוריה צוברת הצלחות כבירות בהסברים וניבויים, במשך זמן רב, האמון שלנו בה מתחזק, ואנו מתייחסים אליה, לכל צורך ועניין כ"נכונה", לעת עתה.

לעת עתה, מכיוון שאנו כבר יודעים, גם עקרונית וגם מהניסיון, שגם תיאוריות מצוינות עלולות יום אחד להיות מופרכות, כאשר יבדקו את הניבויים שלהן בנסיבות חדשות. לכן תיאוריה מדעית היא דבר שאיננו בטוחים בוודאות שהוא נכון, אם כי תיאוריות מסויימות יכולות לזכות למעמד גבוה מאוד של אמון, אם הן הוכיחו את עצמן.

מכניקה קוונטית

כפי שצינתי, המכניקה הניוטונית (שגם נקרא לה "קלאסית"), נחשבה לנכונה ומדויקת עד תחילת המאה ה-20. מה קרה בתחילת המאה ה-20? ובכן, הטכנולוגיה שהשתפרה, התחילה לתת למדענים גישה לניסויים בקנה מידה של אטומים. למעשה ב-1900 עוד לא היו בטוחים המדענים שבכלל באמת יש אטומים (מה שהיום נחשב כאמת מובנת מעצמה כמעט).

אינני רוצה כאן להביא את כל ההיסטוריה של התפתחות המכניקה הקוונטית, ואסתפק רק בכמה נקודות. בתחילה, במיוחד לאחר הניסויים המפורסמים של המדען האנגלי ארנסט רתרפורד, התקבל מודל של האטום כחלקיק קטן, המורכב עצמו מגרעין עם מטען חשמלי חיובי המוקף אלקטרונים שליליים שסובבים אותו. לכאורה, מודל מכני שבו האטום עשוי מחלקיקים - גרעין ואלקטרונים. אלא שכאשר ניסו להבין כל מיני תכונות של אטומים בעזרת המכניקה שהיתה אז ידועה - המכניקה הקלאסית של ניוטון, התחזיות של התיאוריה לא התיישבו עם מה שנצפה בניסויים. עד מהרה הצטבר גוף גדול מספיק של ראיות, וכך הסתבר שיש צורך בתיקונים לתורתו של ניוטון.

אחת התופעות המוזרות היתה, שאת חלק מהניסויים היה אפשר להבין מתוך תיאוריה אחרת שהיתה באותו זמן, של תנועת גלים (בדומה לגלי מים, או גלי רדיו). במקביל, דברים שהובנו בעבר בעזרת תיאוריה של גלים, נוצר צורך להבין אותם במונחי חלקיקים בחלק מהניסויים החדשים (זו תרומתו הגדולה של איינשטיין, שהגה את הרעיון של הפוטון - חלקיק אור). על הנושא הזה שנקרא "דואליות גל חלקיק" תוכלו למצוא מידע בכל ספר פופולרי על תורת הקוונטים, ואין בכוונתי להרחיב בו, משום שבסופו של דבר, ה"דואליות" היא רעיון שעבר זמנו, מרגע שמכניקת הקוונטים הגיעה לבשלות ב-1930 עם פרסום ספרו החשוב של הפיזיקאי האנגלי הגדול, פול דיראק (Dirac), "עקרונות מכניקת הקוונטים".

ההיסטוריה של מכניקת הקוונטים מתחלקת אם כן לשני חלקים חשובים: עד שלהי שנות ה-1920, היתה תקופה של מבוכה, והצלחה חלקית מאוד של מה שהיום נקרא "תורת הקוונטים הישנה", (old quantum theory), שמניחי היסודות שלה הם מקס פלנק ואלברט איינשטיין, והיא הגיעה לשיא עם המייסד הבולט ביותר שלה, המדען הדני נילס בוהר. בתקופה זו שלטה ההשקפה של "דואליות גל/חלקיק", דהיינו שהחומר הוא איכשהו גם חלקיק וגם סוג של גל, אם כי לא ברור בדיוק איך. בשלהי שנות ה-1920 התפתחה "מכניקת הקוונטים החדשה", שהיא למעשה תורת הקוונטים שאנו

תיאוריות טובות שכאלה (כגון המכניקה הניוטונית), נשארות בסביבה גם לאחר שנתגלה שהן חלקיות - המכניקה הניוטונית אמנם איננה מדויקת, אך בהרבה נסיבות היא עד כדי כך קרובה לאמת, שאנו ממשיכים להשתמש בה. תיאוריה מדעית היא אמנם "רק תיאוריה", במובן שלא-לעולם-חוסר, אך ה"רק תיאוריה" של ניוטון מסוגלת לבא ליקויי חמה שנים מראש, בדיוק מדהים (ועוד לעשות הרבה דברים חוץ מזה, אבל זה לא הנושא שלנו כרגע). כלומר, למרות שאין במדע וודאות במובן פילוסופי/מתמטי, יש בו וודאות גבוהה מאוד במובן המעשי, וכמו כן יש וודאות כמעט מוחלטת לגבי מה לא נכון.

עם זאת חובה לציין: הישגי המדע והטכנולוגיה (כגון מטוסי סילון, טלפונים סלולריים, מזגנים וכולי) הם מדהימים, הם מרקיעי שחקים, ואין עוד עיסוק אנושי שהגיע רחוק כל כך. שימו לב עד כמה המדע שונה משיטות חשיבה שטוענות לכתר "הנכונות" כגון שיטות מיסטיות או דתיות: המדע מחפש טעויות בתוך עצמו, מתוך הכרה ברורה שאין לו אמת מוחלטת, וכך הוא מתקדם.

מכניקה ניוטונית

לפני שנגיע לקוונטים, הבה נמשיך לרגע עם המכניקה הניוטונית. "מכניקה" הוא המדע שעוסק בתנועתם של גופים: כיצד ניתן לתאר באופן מדויק תנועה, מה הסיבות לתנועה, האם יש סוגים מיוחדים של תנועות שמהן ניתן להרכיב את כל התנועות האחרות, וכו'.

מאז המאה ה-17 ועד תחילת המאה ה-20, הצליחה המכניקה של ניוטון הצלחה מסחררת בפתרון השאלות האלה. גם היום היא מאפשרת לנו לדעת איזו מהירות להעניק ללווין כדי שישאר במסלול, איזה עומס גשר יכול לשאת, באיזו זווית יש לכוון תותח כדי לפגוע במטרה מסוימת וכן הלאה. איך זה עובד? כיצד המכניקה מאפשרת את כל זה? ובכן, חשבו על הדוגמא של הלווין. חוקי-ניוטון הם למעשה שלוש משוואות. כאשר מציבים לתוך המשוואות את הנסיבות של הלווין (מרחק כך-וכך מפני כדור הארץ), אפשר לפתור את המשוואות עבור המהירות שיש לתת לו כדי שלא יפול.

באופן כללי חוקי ניוטון מאפשרים לנו, אם יש לנו נתונים על המיקום והמהירות הנוכחיים של גוף מסויים, לדעת בדיוק היכן הוא יהיה ואיזו מהירות תהיה לו בכל רגע בעתיד. בצורה זו ניתן לחזות ליקויי חמה, ולדעת מראש שהלווין אמנם יכנס למסלול ולא יפול.

דרך אגב, מדוע קוראים לזה "קוונטים"? הסיבה היא היסטורית. אחת התגליות הראשונות שהובילה לפיתוח התיאוריה הזו היתה שהאור מעביר אנרגיה לאלקטרונים ב"מנות" שאיינשטיין כינה "קוונטה" (quanta), שזה הרבים של "קוונטום" (quantum), שפירושו פשוט "כמות". השם הזה פשוט נשאר, למרות שמאז התיאוריה התפתחה והשתכללה בהרבה.

תורת הקוונטים ללא-מדענים

מקורות

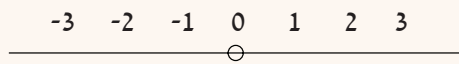
אמרנו שבמכניקה ניוטונית אנו יכולים לחשב בדיוק רב את תנועתם של גופים, כלומר את מיקומם ומהירותם כפונקציה של הזמן. במכניקה הקוונטית, ההסתכלות היא שונה. נניח למשל, שהניסוי שלנו הוא כזה: אנחנו שמים גוש עופרת בתוך מיכל, שמים מסביב גלאי-אלקטרונים בכל הכיוונים, ועכשיו

מכירים היום, ומפתחיה הראשונים הם שרדינגר (עדיין עם זיקה לגלים), הייזנברג (עם גישה מתקדמת יותר) והמנסח האולטימטיבי שלה הוא פול דיראק, שעיצב את הצורה המתמטית של התאוריה עד ימינו אנו.

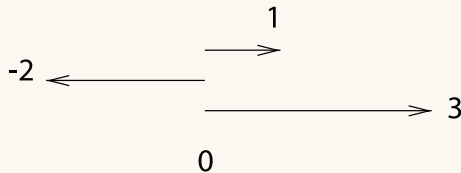
מכניקת הקוונטים הזו הצליחה מאוד, ובעזרתה הצליחו המדענים להבין, להסביר ולנבא מגוון אדיר של תופעות הקשורות למה שמתרחש בממלכת האטומים והחלקיקים התת-אטומיים: תכונות של חומרים, התפרקות רדיו-אקטיביות, לייזרים, ריאקציות גרעיניות בתוך תוכה של השמש, וכן הלאה. בחלק הבא אני אתרגם את הניסוח של פול דיראק למונחים שאמורים להיות מובנים לכל אחד שמוכן לקרוא ולהתאמץ להבין. אני מודע לכך שהדרך שבה אציג זאת תיראה מוזר ואפילו אבסורד, אבל זו האמת לאמיתה. זה מה שלומדים באוניברסיטה בקורסים, וזו התיאוריה הטובה ביותר שיש בידינו כיום, ושבעזרתה אנו מבינים את התנהגותם של חלקיקי היסוד של הטבע.



מהם מספרים מרוכבים, נתחיל מהמספרים הרגילים שאנו מכירים, למשל: 0.5, 1, 3.5 וכולי. יש גם מספרים שליליים, -4, -1.5, -0.2 וכולי. בתור נקודת פתיחה נביט במשהו שמוכר לנו היטב, ציר המספרים:

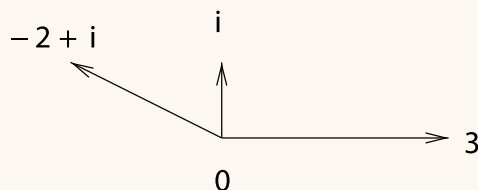


עכשיו, תנסו לחשוב על כל מספר בתור חץ, שיוצא מהנקודה האמצעית (המספר 0) ואורכו שווה למספר שאותו החץ מייצג, והכיוון שלו הוא ימינה אם זה מספר חיובי, ושמאלה אם זה מספר שלילי. הנה כמה מספרים:

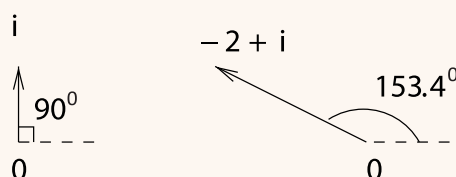


שימו לב: אם אני נותן לכם חץ אתם יכולים להגיד לי איזה מספר הוא מייצג כך: ראשית, מדדו את אורכו (נניח 3), שנית, הביטו אם זה חץ ימינה (מספר חיובי, כלומר 3) או שמאלה (מספר שלילי, כלומר -3). יוצא מכך שחץ הוא יצוג נאמן של מספר.

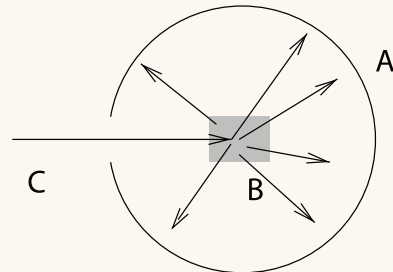
עכשיו, מספרים מרוכבים הם כמו החיצים האלה, אלא שמותר להם לא רק להיות ימינה או שמאלה, אלא בכל הכיוונים. הנה כמה מספרים מרוכבים (מה שעוד לא ברור יתבהר מיד, בינתיים הביטו בחיצים בלבד):



אם כן מופיעים באיור המספר 0, שהוא הנקודה המרכזית (אפשר לחשוב על זה כמו על חץ באורך 0), המספר 3, ושני מספרים מרוכבים חדשים. דרך אגב, המספרים 0 ו-3 גם הם נחשבים מספרים מרוכבים, רק שכמובן מה שמעניין אותנו זה החיצים הלא-אופקיים. אם קודם הסכמנו שמה שמאפיין את המספרים הרגילים זה אורך החץ וכיוון החץ (ימינה או שמאלה), עכשיו מה שמאפיין את המספרים הוא אורך החץ והזווית שהחץ נמצא בה יחסית לכיוון "ימינה". הנה שני המספרים החדשים שלנו, עם הזוויות שלהם.



מפציצים את העופרת בקרן של אלקטרונים, הפוגעים בגוש העופרת, ומתפזרים ממנו לכל הכיוונים ונקלטים במערך הגלאים שלנו.



איור 1: אלומת אלקטרונים C פוגעת בגוש עופרת B, מתפזרת לכל הכיוונים ונקלטת במערך גלאים A.

ההשקפה הניוטונית היא שאם יהיו לנו את הנתונים של אלקטרון מסוים, נוכל לחשב מתוך הידע שלנו על הכוחות הפועלים בין האלקטרון לעופרת לאיזה גלאי האלקטרון יגיע. מסתבר שזה לא המצב, ושאפילו שני אלקטרונים עם בדיוק אותו מצב התחלתי יכולים להגיע לגלאים שונים. תורת הקוונטים מאפשרת לנו לחשב את הסיכוי של כל אלקטרון להגיע לגלאי מסוים, אך היא אינה מסוגלת (ונכון להיום מאמינים שזה בלתי אפשרי) לדעת מראש לאיזה גלאי הוא יגיע בפועל.

• חוק 1: לא ניתן לדעת בוודאות מה יקרה אפילו אם הנסיבות ידועות. ניתן לחשב את הסיכוי לכל מאורע ומאורע, זה הכל.

אם כך כיצד בודקים את הנבויים של תורת הקוונטים? פשוט מאוד: זורקים הרבה אלקטרונים (ולא חסרים אלקטרונים בעולם) על העופרת, בכל פעם שגלאי מצפצף זה נרשם במחשב, ולאחר זמן מה עוצרים את הניסוי, ומעבדים את הנתונים סטטיסטית, ורואים האם הסטטיסטיקה שתורת הקוונטים מנבאת היא אכן זו שנמדדה. מבחינה מסוימת, מדובר בנסיגה של הפיזיקה מהעמדה הניוטונית, שבה חשבנו שאנו יכולים לחשב מה באמת יתרחש, ולא רק סיכויים. בין אם זו נסיגה או לא נסיגה, זה המצב.

בקיצור, מה שקורה בפועל הוא מקרי, אך הסטטיסטיקה של המקריות הזו ידועה מראש. מבחינה נסיונית, תורת הקוונטים מנבאת בדיוק מדהים את הסטטיסטיקה הזו.

מספרים מרוכבים

בחלק הבא אני רוצה להסביר כיצד הפיזיקאים מחשבים את הסיכוי לכל דבר. לצורך כך אני צריך קודם כל להציג את הכלים החישוביים שהם משתמשים בהם. הכלי החשוב ביותר הוא מה שנקרא "מספרים מרוכבים". כדי להבין

איך מחשבים סיכויים?

המספר שגודלו 1 ונמצא בזווית של 90 מעלות הוא מיוחד, ונתנו לו שם משלו: i .

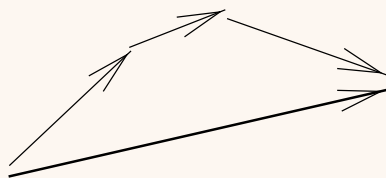
עכשיו אני יכול להסביר איך המכניקה הקוונטית עובדת, ואיך מחשבים סיכויים. אני לא באמת אסביר כאן איך ממש מחשבים את הסיכוי לכל דבר, רק את ההליך הטכני, כלומר איך הפיזיקאים מייצגים מתמטית מצב פיזיקלי בעזרת מספרים מרוכבים, ואיך הם מחשבים מתוך הייצוג הזה הסתברויות.

נזכר בניסוי עם האלקטרונים והעופרת. אנו שואלים את השאלה: "מה הסיכוי שאלקטרון יקלט בגלאי X?" ובכן, ניתן לנתח את המצב באופן כזה: נביט בכמה דרכים שונות האלקטרון יכול להגיע ל-X, וכמו כן נביט בכמה דרכים הוא יכול להגיע לכל גלאי אחר חוץ מ-X נניח, למשל, שמצאנו של-X מובילות 8 דרכים, ולכל שאר הגלאים מובילות 92 דרכים. אז יש 100 אפשרויות סך הכל (92+8), מתוכן בדיוק 8 מובילות ל-X, כלומר הסיכוי להגיע ל-X הוא 8%.

ההסבר שכרגע נתתי הוא דוגמה לחישוב קלאסי של הסתברויות. הוא מתבסס על כך שיש כך וכך דרכים אפשריות להגשים מאורע מסוים (האלקטרון מגיע ל-X), ושם המאורע אמנם התרחש, אז כמובן שהאלקטרון הלך באחת הדרכים שמנינו.

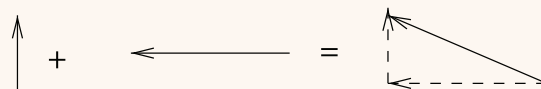
הדבר המוזר הוא, שכאשר מודדים ניסוי כזה במעבדה, זה לא מה שקורה. לא מודדים 8%.

כעת אסביר את אופן החישוב הקוונטי של הסיכוי, ואז נעמוד על משמעויותיו. בדומה למתמטיקאי העוסק בהסתברות, גם הפיזיקאים מסתכלים על כל הדרכים שבהן האלקטרון יכול להגיע לגלאי X. אלא שבמקום פשוט למנות אותן, הפיזיקאי מתאים לכל אחת מהדרכים מספר מרוכב, כלומר חץ מהסוג שראינו קודם. כאשר הפיזיקאי רוצה לחשב את הסיכוי שהאלקטרון יגיע ל-X, הוא מסכם את החיצים, כלומר הוא מציב את החיצים בזה אחר זה, ובסופו של דבר מותח חץ מנקודת ההתחלה ועד לנקודת הסוף - וזה החץ הסופי. באיור לדוגמא, ישנן שלוש דרכים, לכל אחת מהן יש חץ, והחץ הסופי מודגש:



עכשיו, כל אחד יודע שמספרים אפשר לחבר, לחסר, להכפיל ולחלק. אנחנו נלמד עכשיו רק לחבר ולהכפיל, וזה יספיק לנו.

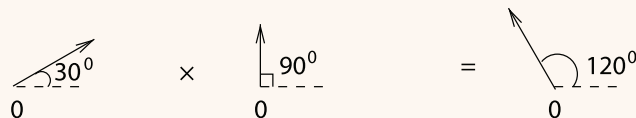
חיבור: (הסתכלו בציור תוך כדי קריאה) כדי לחבר שני מספרים מרוכבים, לוקחים חץ אחד, שמים את ההתחלה שלו על הסוף של החץ השני, ואז מותחים חץ מההתחלה של החץ השני ועד סוף החץ הראשון. הציור מיד יבהיר למה הכוונה:



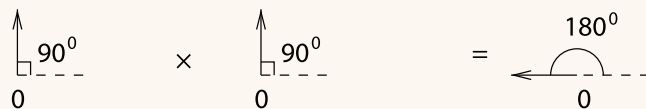
$$i + (-2) = -2 + i$$

עכשיו צריך להיות ברור מדוע סימנתי את החץ הזה $i+2$ באיורים הקודמים. אם כך, למדנו כיצד לחבר מספרים מרוכבים.

כפל: כדי להכפיל שני מספרים מרוכבים, לוקחים חץ אחד, מכפילים את הגודל שלו בגודל של החץ השני, ואת הזווית של המספר החדש לוקחים להיות הסכום של שתי הזוויות. למשל:



בציור הזה אורכו של החץ הקצר הוא 1, ושל הארוך 1.5, כך שהאורך של התוצאה הוא $1.5 \times 1 = 1.5$ והזווית שלה היא $90^\circ + 30^\circ = 120^\circ$. אוקיי. עכשיו אנו יודעים להכפיל וגם לחבר מספרים מרוכבים, כלומר יש לנו את הכלים הבסיסיים של חשבון. שימו לב למשוואה הבאה,



$$i \times i = -1 \quad \text{כלומר:}$$

או $i^2 = -1$. זו התכונה המיוחדת של מספרים מרוכבים: ניתן להעלות מספר בריבוע ולקבל תוצאה שלילית, בניגוד למספרים רגילים: $(-1)^2 = 1$

טוב. עד כאן עם מספרים מרוכבים ובחזרה לפיזיקה.

חוק 2: הסיכוי לכל תוצאה מתקבל ע"י סיכום של חיצים, אחד לכל דרך שבה התוצאה יכולה לקרות, והעלאה בריבוע של אורכו של החץ הסופי.

משוואת שרדינגר והקריסה של פונקצית הגל

הבה נחזור לאלקטרון שלנו. אמרנו שאנו יודעים כיצד לחשב את הסיכוי שלו להגיע מהנקודה שבה הוא נכנס למערכת לגלאי מסויים X. נובע מהתיאור הזה, שאני יודע איפה האלקטרון היה בתחילת הניסוי (אותה "נקודה שבה הוא נכנס למערכת"), וכמו כן אני יודע איזה מצב סופי מעניין אותי - "האלקטרון הגיע לגלאי X".

כמו כן, לפי מה שראינו בחלק הקודם, גם אם האלקטרון אמנם מגיע לגלאי, אין לי שום הבנה איך הוא עשה זאת, משום שהוא לא הלך באף דרך אחת מהדרכים האפשריות, אלא במין ערבוביה שלהן. מצב האלקטרון במהלך הניסוי אינו ידוע, אבל אנו יודעים לחשב את הסיכוי שיגיע למצב מסוים בסוף הניסוי. למעשה השאלה הנכונה היא לא "מה הסיכוי להגיע לגלאי X" אלא "מה הסיכוי להגיע לגלאי X בפרק זמן מסוים".

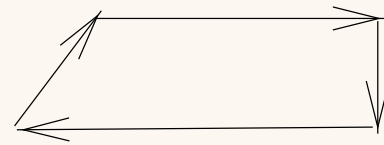
ובכן, הפיזיקה לא לגמרי חסרת אונים, והיא יודעת לתאר את ה"עירבוביה" שהזכרתי מבחינה מתמטית. אתם יכולים לתאר לכם חיצים של הדרכים השונות, שנמתחים ומסתובבים ככל שעובר הזמן. בכל רגע ורגע, ניתן לסכם את החיצים לחץ סופי ולקבל תשובה לשאלה "מה הסיכוי להגיע לגלאי X בפרק הזמן שחלף עד עכשיו". אוסף החיצים האלה הוא מה שהפיזיקאים קוראים לו (מסיבות היסטוריות בלבד) "פונקצית הגל". הדרך המדויקת שבה החיצים משתנים עם הזמן מתוארת על ידי משוואה מפורסמת, הידועה בשם "משוואת שרדינגר".

מהי, אם כן, ה"קריסה"? נניח שגלאי X צפצף. אני יודע עכשיו את מצבו של האלקטרון - הוא בדיוק הגיע לגלאי X. מצבי עכשיו כמדען דומה למצב שהיה בתחילת הניסוי, אז ידעתי שהאלקטרון בדיוק נכנס למערכת שלי. למעשה, בכל פעם שמדידה מתבצעת, המצב של המערכת כאילו עובר איזה מין "אתחול", והחיצים שתיארו את האלקטרון עד עכשיו נעלמים - ומופיע חץ חדש, שמייצג את מצבו הנוכחי של האלקטרון.

מרגע זה ואילך, אם אני רוצה להתעניין בגורל האלקטרון ולשאול "מה הסיכוי שהאלקטרון שהיה ב-X יגיע תוך זמן מסויים ל-Y", הסיפור מתחיל מהתחלה. כל עוד שהוא

לאחר שיש לנו את החץ הסופי, הסיכוי של המאורע מחושב כך: לוקחים את אורכו של החץ, ומעלים בריבוע. כלומר אם אורכו של החץ היה למשל 4, אז הסיכוי שהוא מייצג הוא 16%.

הדברים מתחילים להיות מעניינים כאשר קורה מקרה כמו באיור הבא:



מה קורה כאן? החיצים מסתכמים באופן כזה, שנקודת ההתחלה ונקודת הסוף היא אותה נקודה. אורכו של החץ הסופי במקרה כזה הוא אפס. כלומר, וזו תמצית המוזרות הקוונטית: לעיתים מאורע מסוים לעולם לא יתרחש משום שהדרכים השונות בהן היה יכול להתרחש מבטלות זו את זו. זה נקרא "התאבכות הורסת", וזה דבר משונה מאוד.

מדוע זה משונה כל כך? משום שמה שתורת הקוונטים מלמדת אותנו הוא, שמצד אחד, כדי להגיע לתוצאה הנכונה, עלינו להתחשב בכל הדרכים שבהן משהו יכול להתרחש. בו בעת, אנו לא יכולים לחשוב שהמאורע אמנם התרחש באחת מהדרכים הללו - אלא הוא מתרחש במין ערבוביה שלהן, שלעיתים מסתכמת באפס!

אולי יכולתם לחשוב שאם זה המצב, אז הדרכים שמתבטלות כנראה לא מייצגות משהו אמיתי. אבל אפשר להוכיח שכן בצורה פשוטה: משנים את הניסוי כך שחוסמים את אחת מהדרכים, ואז מודדים שוב. מסתבר שהתוצאה המתקבלת עכשיו היא בדיוק לפי הסיכום של כל הדרכים שלא נחסמו! ביחד עם הדרך שנחסמה הן מסתכמות לאפס, אבל משזו יצאה מהמשחק, החץ הסופי אינו אפס, והמאורע אכן מתרחש בהתאם לסיכוי שהחץ הסופי נותן.

לסיכום, כאשר הפיזיקאים רוצים לחשב את הסיכוי שדבר מה יתרחש, הם (א) מונים את כל הדרכים שבהן הדבר יכול לקרות, (ב) כל אחת מהדרכים הללו מקבלת חץ (ג) מסכמים את החיצים לקבלת חץ סופי, ו-(ד) אורכו של החץ הסופי בריבוע, הוא הסיכוי המבוקש.

הדבר שהשמטתי כאן הוא איך לעזאזל הפיזיקאים יודעים איזה חץ לרשום עבור כל דרך. זו נקודה טכנית שלא משנה את המהות, ולא ניכנס אליה כאן. נסכם את מה שלמדנו בחלק זה כך:

לא יגיע לגלאי אחר, מצבו יהיה מעורפל, וכל מה שאדע זה רק את התיאור המתמטי של חיצים שמשתנים עם הזמן. השאלה מה הסיכוי להגיע ל-Y, תלויה אך ורק בזמן שחלף מאז שהוא היה ב-X, וב-X עצמו. היא לא תלויה בכלל בכל מה שקדם להופעתו של האלקטרון ב-X. ה"אתחול" הזה של מצב האלקטרון, שבו הוא "שוכח" את מה שקרה לפני הופעתו ב-X, הוא מה שנקרא "קריסת פונקציה הגל".

למעשה, בכל פעם שנמדד מצב האלקטרון, מתרחשת קריסה שכזו, שבה האלקטרון עובר ממצב "מעורפל", שאנו יודעים



לתאר מתמטית אבל מתקשים להבין אותו, למצב "ברור" שבו האלקטרון נמצא בגלאי מסוים. תופעה זו היא מה שמיסטיקנים אוהבים להיתלות בו ולאמר "התודעה קובעת את המציאות! אם לא היינו מסתכלים האלקטרון לא היה קורס!"

ובכן, לא ממש. הניסוח "אני מודד ואז האלקטרון קורס למצב מסוים" הוא קצת מוטעה. נוח לנו, כמדענים שמודדים דברים במעבדות, לדבר כך. יותר נכון יהיה לאמר, שקריסות מתרחשות מדי פעם, לא ברור איך ומדוע, וחלק מהקריסות

האלה גורמות לגלאים במעבדות לצפצף. ניתן לקעקע עוד את טענת המיסטיקנים לשליטתה של התודעה במציאות אם נזכיר את העובדה, שכאשר מודדים, לא יודעים מראש איזה גלאי יצפצף, וכמו כן החישוב של הסיכויים הוא עניין מתמטי טהור ואובייקטיבי לחלוטין. כל פיזיקאי שיחשב, יקבל את אותה תוצאה, ללא קשר למצבו התודעתי או הנפשי. האנשים שיפעילו את ציוד הניסוי יקבלו את אותן מדידות, גם אם הם כלל לא פיזיקאים ורק לוחצים על כפתורים. בקיצור, למרות רצונם של חובבי המיסטיקה להאמין שהמחשבות שלהם משפיעות בדרך מסתורית על עולם החלקיקים, אין שום ראיות מדעיות לתמוך בכך. עניין הקריסה ממשיך, אגב, להציק לפיזיקאים תיאורטיים, והמחקר בתחום זה נמשך גם היום. נוכל להוסיף שני חוקים המסכמים את ההבנות הללו:

חוק 3: בין מדידה למדידה, מצב המערכת (החיצים השונים) משתנה בזמן לפי משוואת שרדינגר.

חוק 4: כאשר מתבצעת מדידה, המערכת "קורסת" מהמצב המעורפל שהיתה בו, למצב ברור שמתאים לתוצאת המדידה.

תורת הקוונטים: סיכום

בארבעת החוקים שמניתי יש פחות או יותר את המבנה הטכני של תורת הקוונטים. נסכם זאת כך:

חוק 1: לא ניתן לדעת בוודאות מה יקרה אפילו אם הנסיבות ידועות. ניתן לחשב את הסיכוי לכל מאורע ומאורע.

חוק 2: הסיכוי לכל תוצאה מתקבל ע"י סיכום של חיצים, אחד לכל דרך שבה התוצאה יכולה לקרות, והעלאה בריבוע של אורכו של החץ הסופי.

חוק 3: בין מדידה למדידה, מצב המערכת (החיצים השונים) משתנה בזמן לפי משוואת שרדינגר.

חוק 4: כאשר מתבצעת מדידה, המערכת "קורסת" מהמצב המעורפל שהיתה בו, למצב ברור שמתאים לתוצאת המדידה. אלה הם עקרונות היסוד של תורת הקוונטים.

יואב קלינברגר מחזיק בתואר דוקטור בפיזיקה מאוניברסיטת תל-אביב, בה זכה להוקרה כמרצה ואף זכה בפרס הרקטור על הצטיינות בהוראה על עבודתו כעוזר הוראה בקורס "קוונטים 1" ובקורסים נוספים בבית הספר לפיזיקה ולאסטרונומיה, ומחלק את זמנו בין כתיבה לעבודה בתעשיית התוכנה.

פריצות דרך מדעיות הן לא תמיד תוצר של כוונה מוקדמת.
התגליות הגדולות ביותר יכולות לעיתים להיות מקריות.
כך היה יום אחד, כאשר אייזיק ניוטון ישב בצילו של עץ...

כל הגליונות זמינים

חינם באתר:

sophia-magazine.com

נושא הגליון הבא:

המדע והפילוסופיה של
הרשתות החברתיות

אתם מוזמנים לשלוח כתבות
בנושא הגליון או בכל נושא אחר
הקשור למדע, פילוסופיה ומה
שביניהם:

univ.sophia@gmail.com



וכך, המציא תומס אדיסון את טרה



באדיבות אתר הקומיקסים "הו-לא"
<http://www.ho-lo.co.il>