



אומרים ש"מסה מעקמת מרחב". מה זה אומר? יניב

יניב היקר,

זה לא סתם "אומרים". איינשטיין שטיין אמר את זה, וזה העי"ן קרון הראשי של תורת היחסות הכללית, שחשבת לאחת התיאוריות המודרניות הסבוכות ביותר בנמצא. אך אל חשש. המתמטיקה שהופכת את העיקרון לכלי שימושי אכן סבוכה, אבל העיקרון עצמו פשוט בתכלית. קצת מטורף, אבל פשוט.

אנו רגילים לחשוב שהשמש מוש"ת כאלה את כדור הארץ, ולכן הוא מתווה מסלול מעגלי במקום להמשיך לנוע בקו ישר. אך אליבא דאיינשטיין השמש לא מושכת דבר. היא רק מעקמת את המרחב, כלומר את עצם הגדרת המושג "ישר". כדור הארץ, ששום דבר לא מושך אותו, נע בקו ישר, אבל הקו הישר הזה נמצא במרחב עקום, ולכן לצופה מן החוץ נראה שהוא נע במעגלים.

אנחנו, על כדור הארץ, לא יכולים להבי"ן חזן בעקמומיות הו"ן כיוון שאם החלל עצמו מתעוות, כל מכשירי המדידה שלנו מתעוותים יחד איתו, ולכן רוב התצפיות שמוכי"ן דות את התיאוריה של איינשטיין הן תצפיות אסטרונומיות. טלסקופים קולטים את אורם

גם אור מתעקם ליד מסה גדולה. קח לדוגמה את "צלב איינשטיין", עצם שמימי מרוחק שפולט המון קרינה (עצם שמימי מרוחק שפולט המון קרינה) שנמצא מאחורי גלקסיה מסוימת ביותר. המסה העצומה מעוותת ומפצלת את הקרינה שבוקעת מהקוואר וגורמת לו להופיע בטלסקופים שלנו ארבע פע"מ נפרדות, זו ליד זו. ואם כבידה יכ"ר לה לעקם קרני אור, היא יכולה לתפקד כעדשה, ואכן, הגלקסיה המרוחקת ביותר שהצלחנו לגלות נצפתה רק הודות לק"ר בוצה של גלקסיות קרובות יותר שעיוותו והגדילו עבורנו את התמונה המרוחקת. פיזיקאים קוראים לזה "עדשת כבידה". ויחד עם המרחב מתעקם גם הזמן. לפי איינשטיין, ככל שאתה נמצא קרוב יותר למסה גדולה, כך הזמן שלך יעבור לאט יותר. אתה, כמובן, לא תרגיש שום דבר יוצא מגדר הרגיל, אך צופה מנקודת מבט

שלו כוכבים רחוקים, וקרני אור שנעות בקו ישר בקרבת עצמים מסיביים ייראו - לצופה מבוזר - כאילו הן מתעקמות. קח את "צלב איינשטיין" לדוגמה. קוואר (עצם שמימי מרוחק שפולט המון קרינה) שנמצא מאחורי גלקסיה מסוימת ביותר. המסה העצומה מעוותת ומפצלת את הקרינה שבוקעת מהקוואר וגורמת לו להופיע בטלסקופים שלנו ארבע פע"מ נפרדות, זו ליד זו. ואם כבידה יכ"ר לה לעקם קרני אור, היא יכולה לתפקד כעדשה, ואכן, הגלקסיה המרוחקת ביותר שהצלחנו לגלות נצפתה רק הודות לק"ר בוצה של גלקסיות קרובות יותר שעיוותו והגדילו עבורנו את התמונה המרוחקת. פיזיקאים קוראים לזה "עדשת כבידה". ויחד עם המרחב מתעקם גם הזמן. לפי איינשטיין, ככל שאתה נמצא קרוב יותר למסה גדולה, כך הזמן שלך יעבור לאט יותר. אתה, כמובן, לא תרגיש שום דבר יוצא מגדר הרגיל, אך צופה מנקודת מבט



שלו כוכבים רחוקים, וקרני אור שנעות בקו ישר בקרבת עצמים מסיביים ייראו - לצופה מבוזר - כאילו הן מתעקמות. קח את "צלב איינשטיין" לדוגמה. קוואר (עצם שמימי מרוחק שפולט המון קרינה) שנמצא מאחורי גלקסיה מסוימת ביותר. המסה העצומה מעוותת ומפצלת את הקרינה שבוקעת מהקוואר וגורמת לו להופיע בטלסקופים שלנו ארבע פע"מ נפרדות, זו ליד זו. ואם כבידה יכ"ר לה לעקם קרני אור, היא יכולה לתפקד כעדשה, ואכן, הגלקסיה המרוחקת ביותר שהצלחנו לגלות נצפתה רק הודות לק"ר בוצה של גלקסיות קרובות יותר שעיוותו והגדילו עבורנו את התמונה המרוחקת. פיזיקאים קוראים לזה "עדשת כבידה". ויחד עם המרחב מתעקם גם הזמן. לפי איינשטיין, ככל שאתה נמצא קרוב יותר למסה גדולה, כך הזמן שלך יעבור לאט יותר. אתה, כמובן, לא תרגיש שום דבר יוצא מגדר הרגיל, אך צופה מנקודת מבט

שאלות לבלדד השוחי: askbildad@callist.co.il



מה מסתתר בהערות שוליים?

לפעמים הסיפור האמיתי נמצא באותיות הקטנות

כשהפילוסוף הנודע אלפרד נורת' וייטהד חרץ בולול"מה שכל הפילוסופיה המודרנית איננה אלא הערת שוליים לעבודתו של אפלטון, הוא זולל באופן קל דעת, ולא מוצדק, במושג הערת שוליים. אבל כפי שמעידה בין היתר עלילותו של הסרט הישראלי המצוין "הערת שוליים", ההע"רות הללו יכולות להיות ממש עיקרו של דבר - לא תימוכין או ביאור, אלא דלת להתבוננות חדשה, ולעתים לענף חדש במדע. כשהמתמטיקאי פייר דה פרמה שרבת בכתב ידו הערה קטנה ולא מבוזרת בשולי ספר הוא התניע מהלך שהטביע חותם עמוק על התפתחות המתמטיקה במהלך כמעט 400 השנים שאחרי. מאז גם קיבלו הערות שוליים שם מקצועי: הן חלק מה"פרה-טקסט" - תופעות שמלוות את הטקסט המרכזי.

המחזאי הבריטי נואל קווארד הערות שוליים להפסקת יחסי מין כדי לבדוק מי צלצל בדלת. אך עוד ועוד אנשים מגלים מה בכוחן של הערות שוליים להעניק, ואילו דלתות של מחשבה הן יכולות לפתוח

ליים להעניק. לפני קצת יותר מעשור פרסם ההיס"טוריון אנתוני גרפטון ספר שמתחקה אחרי תולדותיהן המשעשעות של הערות השוליים, כלליהן הפנימיים והפוליטיקות שלהן, וכמובן ההברקות היצירתיות. הוא חזר בספר לאותו רגע במאה ה-17 שבו הפילוסוף הצרפתי המשפיע בדורו פייר דמוותן של הערות השוליים היה גוטפריד לייבניץ, מאבות המתמטיקה המודרנית, שהציע במקום לתעד את הטעויות, פשוט לשמר רק את מה שהוכח כאמיתי. כך נר"צרה חלוקת התפקידים בין הטקסט העיק"רי להערות השוליים: זה תפקידו לשכנע, אלה תפקידן להוכיח.

מאז, כמובן, הערות השוליים עברו התפוכות ז'אנרים לפחות כפי שה"ספרות עצמה עברה לאורך השנים. בא"צניקלופדיית הישנות של המאה ה-18 שימשו זירות לפלפול אינסופי והתפא"רות למדיניות, אחר כך התפתחו בעיק"ר בגרמניה, עד שנחשבו ל"סגנון גרמני", ודווקא אחרי תבוסתה של גרמניה במ"לחמת העולם הראשונה קיבלו את הכ"שרן הסופי במערב, ואת תפקידן כ"מ"קדח השנייים האקדמי" - המכשיר החד והמרויח שמגלה בתמצית את השורש של כל הנחה. נרמה שבימינו, בתחנה הע"ר כנית והאחרונה של הערות השוליים, הן משמשות במקרים הטובים כעוד "רובד" בעלילה", כמעין ספר בתוך ספר שמ"צנעו להציג את המסר האמיתי במתחניו רבי-המכ"ר של טום קלנסי אפשר לגלות לפי רשימת הפוליטיקאים מהימין האמריקאי שלהם הוא בוחר להודות בהקדמות לספרו, ככה"צדעה נרגשת.

אחרים דווקא זורעים בהקדשותיהם התנצחויות מרומזות פחות ויותר. עמית"ה ומורי מאוניברסיטת סטנפורד, פרופ' דאריל בם, הקדיש את אחד מספריו לאשתו, גם היא חוקרת נודעת, שלרבריו "אל" מלא היא ספר זה היה כבר מת"פרסם מומן". והרי מדי ההק"ר שה, במובנה המלא של המילה - בסייעתה רשמייא (בס"ד) ובעזרת השם (ב"ה) - אם לא הערות השוליים המחולקות והקמאות ביותר בכתיבה העברית?

התחקה אחר מחשבות, מסקנות, מחקרים ואנקדוטות שעולות מהטקסט, וככאלה פותחות דלתות למסעות חרשים; ובמ"קרים הרעים הן משמשות ככיסוי ישבן מדעי, כפינה שבה עוטים אצטלה של מקצועיות, או מציינים מראי מקום לדעה אחת ולהיפוכה כדי להיחלץ ידי חובתה של בחינה ביקורתית וריון בתוקפן של קביעות. קל לזהות את הערות השוליים האלה, אלו הערות שעליון מרלגים, בעוד שאת הטובות קוראים בשקיקה. ובשבילי, המעניינות שבהערות השוליים הן הכרות התורה וההקדשות האישיות. מי שיקרא אותן בקצב הנכון יגלה לפעמים בתוכן את הסיפור האמיתי שמאחורי הספר או המחקר, מקופל וצפון. את המסר האמיתי במתחניו רבי-המכ"ר של טום קלנסי אפשר לגלות לפי רשימת הפוליטיקאים מהימין האמריקאי שלהם הוא בוחר להודות בהקדמות לספרו, ככה"צדעה נרגשת.

אחרים דווקא זורעים בהקדשותיהם התנצחויות מרומזות פחות ויותר. עמית"ה ומורי מאוניברסיטת סטנפורד, פרופ' דאריל בם, הקדיש את אחד מספריו לאשתו, גם היא חוקרת נודעת, שלרבריו "אל" מלא היא ספר זה היה כבר מת"פרסם מומן". והרי מדי ההק"ר שה, במובנה המלא של המילה - בסייעתה רשמייא (בס"ד) ובעזרת השם (ב"ה) - אם לא הערות השוליים המחולקות והקמאות ביותר בכתיבה העברית?

אחרים דווקא זורעים בהקדשותיהם התנצחויות מרומזות פחות ויותר. עמית"ה ומורי מאוניברסיטת סטנפורד, פרופ' דאריל בם, הקדיש את אחד מספריו לאשתו, גם היא חוקרת נודעת, שלרבריו "אל" מלא היא ספר זה היה כבר מת"פרסם מומן". והרי מדי ההק"ר שה, במובנה המלא של המילה - בסייעתה רשמייא (בס"ד) ובעזרת השם (ב"ה) - אם לא הערות השוליים המחולקות והקמאות ביותר בכתיבה העברית?

* וחו פלשו גם אל האמנות. ראו לדוגמה את מראי המקום הבדויים בספריו של חורחה לואיס בורחס.

חופי רפאלי הוא ראש מרכז שגיאות בית הספר לניהול באוניברסיטת חיפה sheizaf.rafaeli.net

להתעדכן 36 37



מה הלאה

אחרי רצ' עדכונים מהשטח

1

טכנולוגיה: דור ה-Q, השלב המעשי

יצרנית האודג'טים עתירת ההייפ Jawbone הציגה בכנס TED באדינבורו את הפלא הטרנדי הבא שלה, Up. מדובר בצמיד חכם (בעיצובו של מעצב מחשב ה-100 דולר איב ברה) שמשרד בזמן אמת נתונים על מיקומו והרגליו, וואגר אותם באפליקציית אייפון ייעודית שמספרת לנו כל מה שצריך לדעת כדי לשפר את אורח החיים. שימו לב, בקרוב כולם יסתובבו עם צמיד כזה.

<http://is.gd/RLHies>



קולנוע: להיט האנימה הבא

נסו להיזכר בסרט אנימציה אמריקאי שגיבורתו אינה נסיכה. מדובר במשמה קשה, מאבחן עיונאי הקולנוע סטיב רוז ב"גארדיאן" לקראת יציאת "ארייטי", סרט אנימציה של אולפני ג'יבלי היפנים, יוצרי "הנסיכה מוננוק" ו"הטייה הנעה". רוז מנצל את ההזדמנות להפנות זרקור לחברת הפקה מהמרתקות ביותר כיום, ולהמליץ בחום על הסרט החדש

<http://is.gd/k8aQTK>



עצוץ: יא!

בהנחה שאין צורך להסביר למה הכדורים הזה הוא מוצר חובה, נותר רק לרשון על זה שבתחנת לא מנדבים מידע על נפחו המדויק. בהנחה שהמציג אינו גמד וקנה המידה שמצטייר מהתמונה הוא אמיתי, מצפה לרובשים עבודה ניפוח מסיבית, אבל הרבה סיפוק בסופו. 150 דולר, כא נולד משלחו.

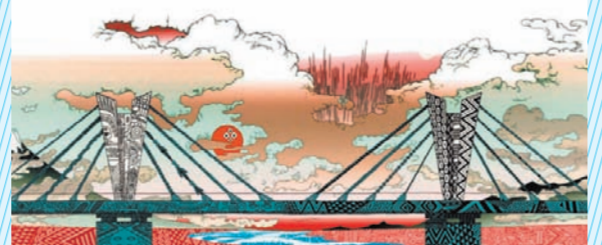
<http://is.gd/FecCKv>

4

למחשב: דסקטופ אלגנטי באמת

Kuwva היא חברה קטנה מאמסטרדם, שמזכרת בזכות הספטים המהממים והאלגנטיים שהיא מספקת למשתמי טוויטר. עכשיו מרחיבים שם את קהל היעד לכל בעלי המחשבים האישיים, עם חוכמה שמדי שבוע מציידת את שולחן העבודה בשבעה עיצובים חדשים ובלעדיים. חיינו!

<http://is.gd/TSSzAW>



סטייל: סקנקוים לגדולים

תנות מקוננות חדשה בשם Tattly מבקשת להביא גם למבוגרים בעלי מודעות אופנתית את העונג שבהדבקת סקנקוים זמניים. הדמויות המצוירות מוחלפות שם בשעון דיגיטלי עם הכיתוב "Late", בארנב מעשן מקטרת, רובוט וינטג'י ושאר חוכמות אלגנטיות שאנשים בעלי נפש חופשית ישמחו להדביק על הזרוע. 5 דולר לשתי מדבקות.

<http://tatt.ly>



למטבח: טוסט עם גבינה בטוסטר

מצנני הלחיצה כבר זממן אינם מוצר חובה במטבח, מה שמקשה על רבים ליהנות מהשלמות של טוסט סנדוויץ' עם גבינה מוחכת ועגבנייה. לואקום הזה נכנס מוצר פלאי בשם ToastBag - שקית קשיחה ורבי-פעמית שאורזת את הכריך העמוס משני צדדי, ומלווה אותו מטה, אל מעמקי הטוסטר הקופץ ובחזרה. חפשו אותו ב"eBay".

<http://is.gd/FVo2J8>

7

אופנה: ראלף לורן שובר כלים

חולצות הפולו של ראלף לורן נוטות לקו שמרני ונקי, שמתאים באותה מידה נטולת חוכמות גם לגיקים מסן פרנסיסקו וגם לנובורשים מהרליה. הפולו הברונזי הזה, מצד שני, הוא הכל מלבד קונצנזוס. הוא יושב בול על החופשה של אוגוסט, ואם אתם במקצוע הנכון תוכלו גם למחור אותו למשרד. 85 ליש"ט.

<http://is.gd/6TOysn>

